

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNA YAPIM SÜRECİNDE ÇEVRESEL PERFORMANSIN
DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

Buket METİN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

OCAK 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNA YAPIM SÜRECİNDE ÇEVRESEL PERFORMANSIN
DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

**Buket METİN
(502102013)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aslıhan TAVİL

OCAK 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502102013 numaralı Doktora Öğrencisi Buket METİN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BİNA YAPIM SÜRECİNDE ÇEVRESEL PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Ashıhan TAVİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Doç. Dr. Emrah ACAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İkbal ÇETİNER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Seda TÖNÜK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 28 Kasım 2016
Savunma Tarihi : 6 Ocak 2017



ÖNSÖZ

Binaların çevresel performansının önemli bir bileşeni olan yapım sürecine odaklanan bu tez çalışması, ulusal literatürde bu alanda göze çarpan boşluğu doldurma iddiası ile ortaya çıkmıştır. Yapım sürecinin binaların çevresel performansı üzerindeki rolünü ortaya koymak, sürecin çevresel performansını değerlendirmeye ve analiz etmeye olanak sağlayacak araçlara olan ihtiyaca vurgu yapmak ve sürecin çevresel etkileri konusunda sektör paydaşları arasında bir farkındalık oluşturmak tez çalışmasının başlıca motivasyonlarını temsil etmektedir. Tez çalışması ile Türk inşaat sektörünün karakteristik özellikleri ve yerel gereksinimler göz önünde bulundurularak yapım sürecinin çevresel performansını değerlendirmeye olanak sağlayan bir karar-destek modeli geliştirilmiş, bu alanda yapılmış ve gelecekte yapılacak çalışmalar arasında bu özellikleri ile yer alması hedeflenmiştir.

Tez çalışmamın geliştirilmesi sürecinin her aşamasında önerileri ve değerli görüşleri ile çalışmama katkıda bulunan, destekleri ile yoluma devam etme gücünü sağlayan ve akademik hayatımda kendime her zaman örnek alacağım Prof. Dr. Aslıhan Tavil'e, Doç. Dr. Emrah Acar'a, Doç. Dr. İkbâl Çetiner'e ve Doç. Dr. Ecem Edis'e, inşaat sektöründeki deneyimlerini paylaşarak çalışmamın geliştirilmesine katkıda bulunan sevgili arkadaşlarıma, Delft Teknik Üniversitesi'nde misafir araştırmacı olarak çalışmamı geliştirmeme olanak sağlayan Prof. Dr. Ulrich Knaack'a, 2211-Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında sağladığı destekten ötürü TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı birimine, hayatımı şenlendiren tüm kedi dostlarıma, desteklerini hep yanımda hissettiğim, hedeflerime ulaşmam ve yoluma devam etmem için her zaman cesaret veren aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2017

Buket Metin
(Y. Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımlanması	2
1.2 Çalışmanın Arka Planı	2
1.3 Çalışmanın Amacı	12
1.4 Araştırma Soruları	12
1.5 Varsayımlar	13
1.6 Çalışmanın Kapsamı	14
1.7 Çalışmanın Kurgusu ve Çalışmada Kullanılan Yöntemler	15
2. YAPIM SÜRECİ VE YAPIM TEKNOLOJİLERİ	21
2.1 Yapım Süreci	21
2.2 Yapım Teknolojileri	25
2.2.1 Bilgi	25
2.2.2 Araçlar	26
2.2.2.1 Malzeme	26
2.2.2.2 Ekipman	28
2.2.2.3 İşgücü	28
2.2.3 Yöntemler	30
2.3 Kodlama ve Sınıflandırma Sistemlerinde Yapım Teknolojileri	31
2.4 Bölüm Sonucu	36
3. ÇEVRESEL PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	37
3.1 Çevresel Değerlendirme Terminolojisi	37
3.2 Uluslararası Standartlar	38
3.3 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemleri ve Araçları	43
3.4 Yeşil Bina Derecelendirme ve Sertifika Sistemleri	43
3.5 Ulusal Mevzuat	51
3.6 Önceki Araştırmalar	55
3.7 Bölüm Sonucu	56
4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	59
4.1 Mevcut Yöntemlerin Analizi	59
4.2 Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi	62
4.2.1 AHP yöntemi	63
4.2.2 Bulanık AHP (BAHP) yöntemi	65
4.2.3 TOPSIS yöntemi	69
4.2.4 Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemi	72

4.3 Karar Vericilerin Özellikleri	75
4.4 Bölüm Sonucu	77
5. BİNA YAPIM SÜRECİNDE ÇEVRESEL PERFORMANS DEĞERLENDİRME MODELİ (BiYSÇeP)	79
5.1 Modelin Geliştirilme Süreci	79
5.1.1 Yapı elemanı sistemlerinin tanımlanması	80
5.1.2 Yapım teknolojilerinin (YT) sınıflandırılması	80
5.1.3 Çevresel performans ölçütlerinin (ÇPÖ) belirlenmesi	87
5.1.4 YT ve ÇPÖ arasındaki ilişkilerin tanımlanması	92
5.2 BiYSÇeP Modeli	94
5.2.1 Modelin genel yapısı	95
5.2.2 Modelin uygulama adımları	96
5.2.3 Modelin kullanım olanakları	113
6. BiYSÇeP MODELİNİN UYGULANMASI	117
6.1 Uygulama-1	117
6.2 Uygulama-2	122
6.3 Uygulama-3	126
6.4 Uygulama-4	133
6.5 Uygulama Sonuçlarının Tartışılması	137
7. TARTIŞMA	141
7.1 Araştırma Soruları	141
7.2 Özgün Değer	152
7.3 Yaygın Etki	154
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	157
KAYNAKLAR	161
EKLER	169
ÖZGEÇMİŞ	253

KISALTMALAR

A	: Araçlar
AHP	: Analytic Hierarchy Process
AHPSort	: Sorting with Analytic Hierarchy Process
ALT	: Alternatifler
ANP	: Analytic Network Process
B	: Biçimlendirme
BA	: Biçimlendirme Aletleri
BAHP	: Bulanık AHP
BEPAS	: Building Environmental Performance Analysis System
BiYSÇeP	: Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performans
Bkz.	: Bakınız
BM	: Birleşim Malzemeleri
BM-BT	: Bağlantı Malzemeleri
BM-BY	: Bağlayıcı Malzemeler
BNIC	: Bulanık Negatif İdeal Çözüm
BPIC	: Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
BRE	: Building Research Establishment
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BS	: British Standards
BTOPSIS	: Bulanık TOPSIS
BÜS	: Bina Üretim Süreci
CI / SfB	: The Construction Industry Classification System
CMMA	: The Construction Management Association of America
COPRAS	: Complex Proportional Assessment
ÇG	: Çevresel Göstergeler
ÇK	: Çevresel Koşullar
ÇPÖ	: Çevresel Performans Ölçütleri
ÇZ	: Çevresel Zarar Kategorisi
DALY	: Disability Adjusted Life Years
DEA	: Data Envelopment Analysis
DIS	: Draft International Standard
E	: Ekipman
EIO-LCA	: Economic Input-Output Life Cycle Assessment
EL	: Elektrikle Çalışan
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant La Realité
EPE	: Environmental Performance Evaluation
EY	: Eylemler
FSs	: Fuzzy Sets Extension
FY	: Fosil Yakıta Çalışan
GST	: Grey System Theory
H	: Hazırlama
HA	: Hazırlama Aletleri
ISO	: International Organization for Standardization

İ	: İşgücü
İNTES	: Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası
KG	: Kol Gücüyle Çalışan
KV	: Karar Verici
LCA	: Life Cycle Assessment
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
M	: Malzemeler
MACBETH	: Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MAUT / UTA	: Multi-Attribute Utility Theory / Utilités Additives)
MCS	: Monte Carlo Simulations
MIVES	: Modelo Integrado De Valor Para Evaluaciones Sostenibles
MYK	: Mesleki Yeterlilik Kurumu
NBS	: National Building Specification
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations
PTS	: Proje Teslim Sistemi
RIBA	: Royal Institute of British Architects
SAW	: Simple Additive Weighting
SfB	: Samarbetskommitten för Byggnadsfrågor
SR	: Süreçler
T	: Taşıma
TA	: Taşıma Araçları
TM	: Temel Malzemeler
TM-GÖ	: Gövde Malzemeleri
TM-KA	: Kaplama Malzemeleri
TM-KO	: Koruyucu Malzemeler
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TS	: Türk Standartları
U	: Uygulama
UA	: Uygulama Aletleri
Uniclass	: Unified Classification for the Construction Industry
USGBC	: The United States Green Building Council
UTADIS	: Utilités Additives Discriminantes
VEB	: Veri / Enformasyon / Bilgi
VIKOR	: Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
Y	: Yöntemler
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDED	: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme
YE	: Yapı Elemanı
YM	: Yardımcı Malzemeler
YT	: Yapım Teknolojileri
YT-B	: Biçimlendirme Teknikleri
YT-B-D	: Delme
YT-B-K	: Kesme
YT-B-R	: Rendeleme
YT-B-Z	: Zımparalama
YT-H	: Hazırlama Teknikleri
YT-H-K	: Karıştırma
YT-U	: Uygulama Teknikleri

YT-U-B	: Birleştirme
YT-U-B-BT	: Bağlantı Malzemeli Birleştirme
YT-U-B-BY	: Bağlayıcı Malzemeli Birleştirme
YT-U-B-EM	: Ek Malzemesiz Birleştirme
YT-U-DK	: Dökme
YT-U-SE	: Serme
YT-U-SÜ	: Sürme





SEMBOLLER

CO₂	: Karbondioksit
m²	: Metrekare
km	: Kilometre
lt	: Litre
kWh	: Kilowatt saat
dB	: Desibel (ses basınç veya gürültü seviyesi)
s	: Saniye
log	: Logaritma
A	: Günlük titreşime maruz kalma
a	: Ekipmanın toplam titreşim değeri
T	: Süre (saat)
L	: Mesleki gürültü seviyesi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Hiyerarşiye göre işçilik tanımları.....	29
Çizelge 1.2 : Uzmanlaşma alanına göre işçilik tanımları.....	30
Çizelge 3.1 : ISO 21931-1’de yapım süreci ile ilişkili olarak tanımlanan çevresel etkiler ve çevresel koşullar (ISO 21931-1, 2010).	41
Çizelge 3.2 : YDD araçlarında ele alınan çevresel etki kategorileri.....	44
Çizelge 3.3 : Başlıca çevresel etki değerlendirme yöntemlerinde kullanılan son nokta (zarar) ve orta nokta kategorileri.....	45
Çizelge 3.4 : Yapım işleri sırasında hava ve su kirliliğini azaltıcı önlemler (BRE, 2016).	49
Çizelge 3.5 : LEED sertifikasında yapım süreci ile ilişkili ölçütler (USGBC, 2014).	50
Çizelge 3.6 : Önceki araştırmalarda kullanılan çevresel performans ölçütleri.....	55
Çizelge 4.1 : Karar problemi türüne göre kullanılabilecek ÇÖKV yöntemleri (Ishizaka ve Nemery, 2013).	60
Çizelge 4.2 : İkili karşılaştırmalar için kullanılan sayısal ölçek (Saaty, 2008).	64
Çizelge 4.3 : BAHP yönteminde ikili karşılaştırmalar için kullanılan sözel ölçek. ..	68
Çizelge 4.4 : BAHP yönteminde karşılaştırma matrisinin oluşturulması.....	68
Çizelge 5.1 : Yapım süreci çevresel performans ölçütleri.....	88
Çizelge 5.2 : Çevresel koşullar ve ilişkili çevresel göstergelerin tanımlanmasında yararlanılan referans kaynaklar.....	90
Çizelge 5.3 : Bina üretim süreci ve proje teslim sistemine göre karar vericiler.....	99
Çizelge 5.4 : BAHP yönteminde ikili karşılaştırmalar için kullanılan sözel ölçek ve üçgen bulanık sayı karşılıkları.....	103
Çizelge 5.5 : Çevresel performans ölçütlerinin ikili karşılaştırmalarında kullanılan çizelge.....	103
Çizelge 5.6 : BTOPSIS yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan sözel ölçek ve üçgen bulanık sayı karşılıkları.....	112
Çizelge 5.7 : BTOPSIS yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan çizelge.....	112
Çizelge 5.8 : BiYSÇeP modelinin kullanım olanakları.....	114
Çizelge 6.1 : İç bölme duvar sistemi alternatifleri.....	118
Çizelge 6.2 : İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sözel çıkarımlar sonucu elde edilen çevresel performans sıralamaları.....	120
Çizelge 6.3 : İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sayısal veriler kullanılarak elde edilen çevresel performans sıralamaları.....	123
Çizelge 6.4 : Döşeme sistemi alternatifleri.....	127
Çizelge 6.5 : Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sözel çıkarımlar sonucu elde edilen çevresel performans sıralamaları.....	129

Çizelge 6.6 : Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sayısal veriler kullanılarak elde edilen çevresel performans sıralamaları.....	134
Çizelge 6.7 : İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin çevresel performans sıralamalarının karşılaştırılması.	137
Çizelge 6.8 : Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin çevresel performans sıralamalarının karşılaştırılması.	138
Çizelge D.1 : ID1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	189
Çizelge D.2 : ID2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	194
Çizelge D.3 : ID3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	199
Çizelge D.4 : ID4 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	204
Çizelge D.5 : ID5 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	209
Çizelge H.1 : DS1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	232
Çizelge H.2 : DS2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	237
Çizelge H.3 : DS3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.	242

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 : Çalışmanın kurgusu.....	19
Şekil 4.1 : AHP yönteminde karar hiyerarşisi.	63
Şekil 5.1 : Yapım teknolojisi bileşenleri.	81
Şekil 5.2 : (M) Malzemeler sınıflandırması.	81
Şekil 5.3 : (E) Ekipman sınıflandırması.	83
Şekil 5.4 : (Y) Yöntemler sınıflandırması.	84
Şekil 5.5 : (YT) Yapım teknikleri sınıflandırması.....	85
Şekil 5.6 : Yapım teknolojisi bileşenleri ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler.	92
Şekil 5.7 : BiYSÇeP modeli karar hiyerarşisi.	97
Şekil 5.8 : BiYSÇeP modelinin uygulama adımları.	98
Şekil 5.9 : BiYSÇeP modelinin değerlendirme düzeyleri.	101
Şekil 5.10 : (ÇZ1) Kaynaklar zarar kategorisi için elde edilmesi gereken sayısal verilerin yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi.	110
Şekil 5.11 : (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi zarar kategorisi için elde edilmesi gereken sayısal verilerin yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi.	111
Şekil 5.12 : (ÇZ3) İnsan Sağlığı zarar kategorisi için elde edilmesi gereken sayısal verilerin yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi.	111
Şekil 6.1 : U1 için hesaplanan çevresel performans ölçütlerinin görelî öncelikleri.	119
Şekil 6.2 : U3 için hesaplanan çevresel performans ölçütlerinin görelî öncelikleri.	128
Şekil A.1 : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.	170



BİNA YAPIM SÜRECİNDE ÇEVRESEL PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

ÖZET

Binaların çevre üzerinde değişikliğe sebep olan süreçleri ve eylemlerine bağlı olarak açığa çıkan olumsuz çevresel etkilerin ölçülebilir sonuçları, çevresel performansını ortaya koymaktadır. Bir binanın çevre üzerindeki olumsuz etkileri, çok sayıda girdi kullanılarak çeşitli eylemlerin gerçekleştirildiği birçok süreçten oluşan ve böylece fiziksel olarak var olduğu ilk aşama olan yapım süreci ile başlamaktadır. Ancak, binaların çevresel performansını ele alan çalışmalar ve inşaat sektörünün binaların çevresel etkilerini azaltma yönünde geliştirdiği davranışlar incelendiğinde, büyük oranda kullanım aşamasına odaklanıldığı görülmektedir.

Bu problem, Türk inşaat sektörü ve ulusal literatür kapsamında incelendiğinde, benzer şekilde kullanım sürecine odaklanan bir önlem arama anlayışının hakim olduğu, yapım sürecinin çevresel etkileri konusunda bir farkındalık oluşmadığı görülmektedir. Yapım sürecinin, kullanım süreci ile karşılaştırıldığında bina yaşam döngüsü içinde çok kısa bir süreyi kapsamaması, bu tavrı destekleyen en temel argüman olarak öne sürülmektedir. Buna ek olarak, yapım sürecinin birbirini takip eden ve eş zamanlı olarak gerçekleştirilen birçok alt süreçten oluşması, her yapım sürecinin kendine özgü olduğu, yerel inşa etme örüntüleri / gelenekleri gibi yapım sürecinin karakteristik özellikleri, sürecin çevresel yönetiminde kullanılabilecek sistematik bilginin eksikliği, binaların çevresel performansını değerlendiren mevcut yöntemlerde yapım sürecinin yeteri kadar detaylı ele alınmaması ve bu yöntemlerin yerel gereksinimleri karşılayamaması bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesini zorlaştıran ve binaların çevresel performansı söz konusu olduğunda kapsam dışı bırakılmasına sebep olan gerekçeler olarak öne çıkmaktadır. Ancak, artan nüfusa ve değişen gereksinimlere bağlı olarak inşaat faaliyetlerinin sürekli artması ve artmaya devam edeceğinin öngörülmesi, bu sürecin binaların çevresel performansı üzerindeki rolünün göz ardı edilmemesi gerçeğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışması, öne sürülen problemlere Türk inşaat sektörünün karakteristik özelliklerini ve yerel gereksinimleri göz önünde bulunduran bir çözüm sunma arayışı ile ortaya çıkmıştır. Bu amaçla ilk olarak, bina yapım sürecinin çevresel performansına odaklanan önceki araştırmaların, söz konusu problemlere karşı ortaya koydukları çözümler irdelenmiştir. Bu çalışmalarda, çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılacak veriler yaygın olarak mevcut literatür ve önceki araştırmalar, yapım sürecinin çevresel etkileri ile ilgili verilerin yer aldığı ulusal veri tabanları, yaşam döngüsü değerlendirme araçları kapsamında ulaşılabilen veri tabanları, yerinde yapılan gözlemler ve ölçümler, uzmanlarla yapılan anket çalışmaları, yüz yüze görüşmeler ve paneller ile önceki yapım işlerine ait dokümanlar aracılığıyla elde edilirken; değerlendirmede mevcut çevresel değerlendirme yöntemleri, geliştirilen matematiksel modeller ya da istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Ancak, bina yapım sürecinin karakteristik özellikleri göz

önünde bulundurulduğunda, kapsamlı bir çevresel performans değerlendirme modeli geliştirilmesi için gerekli sayıda yerinde gözlem ve ölçüm yapmak mümkün olmadığı gibi, mevcut değerlendirme yöntemleri tarafından kullanılan veri tabanları, yerel koşullara uygun veriler içermemektedir. Bu nedenle, farklı bina yapım süreçlerinin değerlendirilmesine olanak sağlayacak esnekliği sağlayan ve mevcut koşullarda elde edilebilen yerel verilerin kullanılacağı bir değerlendirme modeline olan ihtiyaç göze çarpmaktadır.

Bu bilgiler ışığında, tez çalışmasının amacı, yapım süreci ile ilişkili kararların verildiği yapısal tasarım ve yapım planlanma süreçlerinde, ilgili süreç paydaşları tarafından kullanılarak yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin tahminler ve olguların ortaya konmasında; böylelikle sürecin çevresel performansına ilişkin iyileştirme / önlem alanlarının belirlenmesinde kullanılacak bir model geliştirilmesi olarak ortaya konmuştur. Bu amaçla, yapım sürecinin başlıca girdisi olan yapım teknolojisi bileşenleri ile sürecin çevresel etkileri arasında doğrudan ve dolaylı ilişkiler bulunduğu varsayımına dayanarak, çok sayıda tasarım seçeneğine sahip yapı elemanı sistemlerinin yerinde yapım sürecinin değerlendirilmesine odaklanan bir karar-destek modeli geliştirilmiştir.

Tez çalışması, ortaya konan problemlere ve araştırma sorularına cevap arayan beş temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar (A1) Yapım Süreci ve Yapım Teknolojilerinin Analiz Edilmesi, (A2) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performansın Değerlendirilmesinde Kullanılan Ölçütlerin Analiz Edilmesi, (A3) Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi, (A4) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performans Değerlendirme Modelinin Geliştirilmesi ve (A5) Modelin Uygulanması aşamalarıdır.

(A1) Yapım süreci ve Yapım Teknolojilerinin Analiz Edilmesi aşamasında, nitel veri toplama yöntemi kullanılarak bina yapım süreci kavramı ve aşamaları, yapım teknolojisi kavramı ve yapım teknolojisi bileşenleri mevcut literatür aracılığıyla ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Buna göre, yapım sürecinin yapım alanının hazırlanması, taşıyıcı sistemin inşası, yapı elemanlarının inşası, servis sistemlerinin inşası ve yapı çevresinin düzenlenmesi temel aşamalarından oluştuğu ortaya konmuştur. Daha sonra, yapım teknolojisinin, bina yapım sürecinin her aşamasında kullanılan bilgi, yöntem (süreçler, eylemler, teknikler) ve araçlar (malzeme, ekipman, işgücü) bileşenlerinden oluştuğu tanımlanarak; bu bileşenlerin literatürdeki çalışmalarda ve yapı üretimi ile ilgili belgelerin sıralanması, düzenlenmesi ve bilgi iletişimde kullanılması amacı ile geliştirilen kodlama ve sınıflandırma sistemlerinde ele alınış şekilleri ortaya konmuştur. Bu bölümde elde edilen bilgiler, modelin gereklilikleri çerçevesinde yapım teknolojilerine ilişkin yeni bir sınıflandırma sistemi geliştirilmesinde kullanılmıştır.

(A2) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performansın Değerlendirilmesinde Kullanılan Ölçütlerin Analiz Edilmesi aşamasında, uluslararası standartlar, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, ulusal mevzuat ve önceki araştırmalar irdelenerek yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler nitel veri toplama yöntemiyle ortaya konmuştur. Uluslararası standartlardan, özellikle çevresel değerlendirme terminolojinin ortaya konmasında yararlanılmıştır. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları ile yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemlerinin incelenmesi aracılığıyla yapım süreci ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili ölçütler ortaya konmuştur. Ulusal mevzuat, çevresel değerlendirme

ölçütlerinden İnsan Sağlığı ve Atık Yönetimi ile ilişkili yönetmelikler kapsamında incelenmiştir. Yapım sürecinin çevresel performansına odaklanan önceki araştırmalar, çalışmanın amacı ve kapsamına göre kullanılan değerlendirme ölçütleri çerçevesinde analiz edilmiştir. Bu bölümde çevresel performans değerlendirme ve çevresel yönetim konularına ilişkin elde edilen bilgiler, yapım süreci çevresel performans değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

(A3) Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi aşamasında, modelin geliştirilmesinde kullanılabilecek yöntemler, nitel veri toplama yöntemi kullanılarak mevcut literatür aracılığıyla incelenmiştir. Yapım teknolojisi bileşenleri ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler temel alınarak geliştirilen model, bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi olarak ele alınmış ve mevcut ÇÖKV yöntemleri incelenerek çalışmanın amacına ve kapsamına uygun yöntemler belirlenmiştir. Buna göre, karar vericilerin yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin hedeflerinin / önceliklerinin belirlenmesinde Bulanık AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi ile yapısal tasarım ve yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin alternatiflerin değerlendirilmesinde sayısal veriler kullanılarak değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve sözel çıkarımlarla değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan Bulanık TOPSIS yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanılması öngörülmüştür. Bu bölümde, bu yöntemlerin temel özellikleri ve matematiksel altyapıları ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Ayrıca, karar vericilerin seçimi konusunda göz önünde bulundurulması gereken temel prensipler de bu bölümde tanımlanmıştır.

(A4) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performans Değerlendirme Modelinin Geliştirilmesi aşamasında, önceki aşamalarda elde edilen bilgiler kullanılarak modelin geliştirilme aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. İlk olarak (A1) aşamasında elde edilen bilgiler kullanılarak modelin kapsamını oluşturan yapı elemanı sistemleri yerinde yapım sürecini temsil eden Yapım Teknolojisi sınıflandırması ortaya konmuştur. Daha sonra (A2) aşamasında elde edilen bilgiler kullanılarak, model kapsamında kullanılacak Yapım Süreci Çevresel Performans Değerlendirme Ölçütleri belirlenmiştir. Yapım Teknolojisi Bileşenleri ve Çevresel Performans Ölçütleri arasındaki ilişkiler tanımlanarak, modelin geliştirilmesinde kullanılan temel varsayımlar ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Son olarak BiYSÇeP olarak adlandırılan modelin genel yapısı ve uygulama adımları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

(A5) Modelin Uygulanması aşamasında, olası kullanım senaryolarını temsil eden dört uygulama gerçekleştirilerek, modelin kullanımı örneklenmiş ve uygulamalar ile elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Buna göre, yapısal tasarım aşamasında ve yapım planlama aşamasında çalışmaları devam eden iki proje seçilmiş ve bu projelerde görevli ve karar verici olma koşullarını sağlayan iki karar verici belirlenmiştir. Seçilen yapısal tasarım alternatifleri, hem karar vericiler tarafından sözel çıkarımlar aracılığıyla değerlendirilmiş, hem de belirlenen kaynaklardan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal veriler elde edilmiştir. Sonuç olarak Bütünleşik BAHP-BTOPSIS ve Bütünleşik BAHP-TOPSIS yöntemleri kullanılarak alternatifler yerinde yapım süreçlerinde ortaya koydukları çevresel performanslarına göre sıralanmış ve sonuçlar yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkileri çerçevesinde yorumlanmıştır.

Çalışmanın sonunda, araştırma sorularına karşılık elde edilen cevaplar ile BiYSÇeP'in güçlü yönleri, sunduğu olanaklar ve kullanımında karşılaşılan zorluklar

tartışılarak, gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalar için bazı çıkarımlar ortaya konmuştur. Buna göre, farklı bina yapım süreçlerinin farklı karar vericilerin yapım sürecine ilişkin çevresel performans hedeflerini / önceliklerini temel alarak değerlendirmeye olanak sağlayan esnek yapısı, sözel çıkarımlar aracılığıyla değerlendirme yapmaya olanak sağlaması, yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin mevcut yerel bilgi kaynaklarının kullanımı ile elde edilmesi ve elde edilen sonuçların yapım sürecinin çevresel performansını etkileyen yapım teknolojisi bileşenlerinde iyileştirme yapmak ve yapım sürecine ilişkin önlemler almak üzere çıkarımlar ortaya konmasına olanak sağlaması BiYSÇeP'in olumlu özellikleri olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, sayısal verilerin farklı birçok kaynaktan elde edilmesi gerekliliği ve bu sürecin uzunluğu, değerlendirilecek alternatif sayısının artması halinde model kapsamında bütünleşik olarak kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin matematiksel hesaplamalarının sayısının artması ve karar vericilerin tanımlanan koşulları sağlamaması halinde elde edilen sonuçlarda uyumsuzlukların ortaya çıkması, modelin kullanımında karşılaşılan başlıca zorluklardır. Modelin kullanımında karşılaşılan bu zorluklar, gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalar ve inşaat sektöründe gerçekleştirilmesi gereken yenilikler için de girdi sağlamaktadır. Yapım sürecinde kullanılan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin ayrıntılı kataloglar ve yönergeler hazırlanması ve bunların proje ve yapım dokümanları arasında yer almasının zorunlu hale getirilmesi, model kapsamında gerçekleştirilmesi gereken matematiksel hesaplamalar için gerekli sürenin kısaltılması amacıyla modelin temel bileşenlerini içeren bilgisayar tabanlı bir program geliştirilmesi ve inşaat sektörü paydaşlarının konu ile ilgili yeterli farkındalık düzeyine ulaşmalarını sağlayacak eğitimler ve seminerlerin düzenlenmesi, çalışmanın gelecek perspektifini oluşturan başlıca konuları oluşturmaktadır.

A MODEL PROPOSAL FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF BUILDING CONSTRUCTION PROCESS

SUMMARY

The measurable results of the adverse environmental impacts which caused by the processes and activities of the buildings, cause changes in the environment and this reveals the environmental performance of the buildings. The adverse impacts of a building on the environment start to arise with the construction process that is the first phase of the building life cycle in which many activities are carried out using a variety of inputs. However, studies that address the environmental performance of buildings and the behaviour that the construction industry has developed to reduce the environmental impacts of buildings seem to focus on usage phase, substantially.

When this problem is examined in the context of Turkish construction industry and the national literature, it is seen that the search for precautions against environmental impacts of the buildings focuses dominantly on the usage phase of the buildings in a similar manner, while the awareness of the environmental impacts of the construction process does not exist. The basic argument which supports this attitude is the short period of time of the construction process in the building life cycle compared to the usage phase. In addition, being consist of several sub-processes that are sequent and simultaneous, the characteristics of the construction process, such as the uniqueness of each construction process and local building patterns / traditions, the lack of systematic information that can be used in the environmental management of the construction process, the lack of addressing the construction process in the existing environmental performance assessment methods which also do not meet the local requirements make it difficult to assess the environmental performance of the building construction process and cause to be excluded from the scope of the environmental performance assessment of the buildings. However, the construction activities have been increasing and it is predicted that it will continue to increase due to the growing population and changing requirements, and this reveals that the role of the building construction process on the environmental performance of the buildings should not be ignored.

This thesis is aimed to provide a solution to the proposed problems by taking into account the characteristics of the Turkish construction industry and local requirements. For this purpose, firstly, previous researches that focus on the environmental performance of the building construction process are examined to reveal the solutions set forth to these problems. In these researches, the data which is used for the assessment is obtained through existing literature and previous researches, local databases, databases of existing life cycles assessment tools, on-site observations and measurements, questionnaires, interviews and panels conducted with experts and documents belong to previous construction sites. The assessments are mostly performed by using existing environmental assessment methods, developed mathematical models or statistical analysis. However, due to the

characteristics of the building construction process, it is infeasible to conduct required number of on-site observations and measurements to develop a comprehensive environmental performance assessment model. Moreover, the databases used by the existing assessment methods do not contain data coherent with the local conditions. Therefore, it is obvious that there is a need for an assessment model which provides the flexibility for assessing different building construction processes and which can be used with local data available in existing conditions.

Based on the above-mentioned information, the basic aim of the thesis is designated as the development of a model proposal to be used during architectural detail design and construction planning phases in which decisions related to construction process are made. The proposed model can be used by the interested stakeholders to set forth estimations and facts about the environmental performance of the construction process. Thus, it can be possible to define the improvement / prevention areas related to the environmental performance of the process. The proposed model gets its basic from the assumption that there are direct and indirect relationships between the components of construction technology, which are the main inputs of the construction process, and the environmental impacts of the process, and a decision-support model that focuses on the assessment of the on-site construction process of building element systems, which have a number of design options, is developed.

The thesis consists of six basic stages, which seek for answers to the presented problems and to the research questions, as (A1) Analysis of Building Construction Process and Construction Technologies, (A2) Analysis of Criteria Used for Assessing Environmental Performance of Construction Process, (A3) Definition of Methods to be used for the Assessment, (A4) Development of the Model for Assessing Environmental Performance of Building Construction Process and (A5) Application of the Model.

(A1) Analysis of Building Construction Process and Construction Technologies stage consists of qualitative data collection through the existing literature to analyse the scope and stages of the building construction process, the construction technology concept and construction technology components. According to this, it is revealed that the construction process is composed of the preparation of the construction site, construction of the structural system, construction of the building element systems, construction of the service systems and landscaping of the building surroundings. Then, construction technology is defined as the information, methods (processes, actions, techniques) and tools (materials, equipment, labour) used at each stage of the building construction process, and each component are analysed based on the literature and the coding and classification systems related to building production. The outcomes of this stage have been used for developing a new construction technology classification system based on the requirements of the model.

(A2) Analysis of Criteria Used for Assessing Environmental Performance of Construction Process stage covers examination of international standards, life cycle assessment methods and tools, green building rating and certification systems, national legislation and previous researches to define the criteria used for assessing the environmental performance of the construction process. The international standards have been used in particular for the definition of the environmental assessment terminology. Life cycle assessment methods and tools and, green building rating and certification systems are examined and direct and indirect criteria

related with the construction process are revealed. National legislation has been reviewed within the framework of regulations related to Human Health and Waste Management issues, which are among basic criteria of the environmental assessment. Previous researches that focus on the environmental performance of the construction process has been analysed within the framework of the assessment criteria which are used in the context of different aims and scopes. The information regarding the environmental performance assessment and environmental management issues obtained in this stage have been used to define the environmental performance assessment criteria for the construction process.

(A3) Definition of Methods to be used for the Assessment stage consists of the analysis of the methods, which can be used for developing the model, through existing literature using qualitative data collection method. The model, which is developed on the basis of the relations between construction technology components and environmental performance criteria, is considered as a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problem and methods which are consistent with the aim and the scope of the study are determined. According to this, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) method is selected to be used to define goals / priorities of the decision-makers related to the environmental performance of the construction process. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method is selected to rank the architectural detail design and construction technology alternatives by using quantitative data regarding the construction technology components, while Fuzzy TOPSIS (FTOPSIS) method is selected to rank the alternatives by using linguistic statements. Afterward, the basic features and mathematical backgrounds of these methods are elaborated in detail. Besides, the basic principles to be considered in the selection of decision-makers are also defined in this section.

(A4) Development of the Model for Assessing Environmental Performance of Building Construction Process stage explains the development of the proposed model using the information obtained in the previous stages. Firstly, the Construction Technology classification, which represents the on-site construction process of the building element systems, has been developed, using the information obtained during stage (A1). Then, the Environmental Performance Assessment Criteria for the construction process are defined based on the information obtained in the stage (A2). The basic assumptions used in the development of the proposed model are explained by defining the relationships between Construction Technology Components and Environmental Performance Criteria. Finally, the general structure and application steps of the proposed model, which is named as BiYSÇeP (EpaBCP), is explained in detail.

(A5) Application of the Model stage consists of four applications, which represent the possible uses of the EpaBCP. In this stage, the different uses of the model are exemplified and the obtained results of each application are interpreted. For the applications, two ongoing projects, one of them was in the architectural detail design phase, while one is in the construction planning phase, were selected and two architects among the stakeholders of the processes were selected as to be decision-makers of the assessment processes. The selected detail design alternatives were assessed by the decision makers by using linguistic statements and also by using the quantitative data on the construction technology components gathered from the identified sources. Finally, the alternatives were ranked according to the environmental performances of their on-site construction processes using the

Integrated FAHP-FTOPSIS and Integrated FAHP-TOPSIS methods, and the results are interpreted in relation to the components of the construction technology.

At the end of the research, answers to the research questions and the possibilities, strengths and difficulties encountered in using EpaBCP are discussed, and some conclusions are drawn for future studies on this field. Accordingly, the flexible nature of the EpaBCP which allows assessment of different building construction processes based on the environmental performance goals/priorities of different decision makers, the possibility it provides for assessment through linguistic statements, the possibility to use existing local resources to get the quantitative data on construction technology components, the possibility to make assumptions by using the obtained results for making improvements in construction technology components which affect the environmental performance of the construction process and the possibility to provide implications for taking measures related to the construction process are the main positive features of the EpaBCP. However, the necessity of obtaining quantitative data from several different sources and the increase in the duration of this process, the increase of the number of mathematical calculations of the integrated multi-criteria decision making methods in relation with the increase in the number of alternatives to be assessed and the conflicts in the obtained results due to inappropriate selection of the decision makers are the main difficulties encountered in using the EpaBCP. These difficulties also provide some inputs for the future works in this research field and for the innovations which should be performed by the construction industry. Preparation of detailed catalogues and guidelines for the construction technology components which are used in the construction process and making them obligatory to be included in project and construction documents, development of a computer based program that includes the basic components of the EpaBCP in order to shorten the duration for the mathematical calculations and the organization of some trainings and seminars to ensure that stakeholders of the construction industry reach an adequate level of awareness of the subject are the main themes that constitute the future perspective of the study.

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, artan nüfusa ve değişen gereksinimlere bağlı olarak ortaya çıkan yapı ihtiyacı nedeniyle sürekli devinim halinde olan sektörlerden biridir. Türkiye’de gerçekleştirilen yeni ve ilave yapılar yüzölçümleri temelinde karşılaştırıldığında 2010-2014 yılları arasında bir önceki yıla göre ortalama olarak %22 oranında, yapı sayısına göre karşılaştırıldığında %11,6 oranında artış gözlemlenmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2015). Türkiye’de yeni yapı üretiminde ortaya çıkan bu artış üzerinde kentsel dönüşüm çalışmalarının önemli bir rolü olmuştur. Ancak inşaat sektörünün ekonomik olarak gelişmesinde olumlu etkileri olan bu durum, çeşitli düzeylerde çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir.

İnşaat sektörü, faaliyetlerine bağlı olarak açığa çıkan çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması adına çeşitli girişimlerde bulunmuş, ekolojik yapı malzemeleri üretimi ve kullanımı, binaların kullanım aşamasında enerji ve su tüketiminin azaltılması, binaların çevresel etkilerini değerlendiren sertifika sistemlerinin geliştirilmesi gibi konular sektörün bu probleme sunduğu çözümler arasında yer almaya başlamıştır. Ancak binaların yapım, kullanım, bakım / onarım, yenileme ve yıkım aşamalarını içeren yaşam döngüsü aşamaları kapsamında bu durum değerlendirildiğinde, binaların çevre üzerinde oluşturduğu yüklerin azaltılması için yapılan çalışmaların özellikle kullanım aşamasına odaklandığı, diğer yaşam döngüsü aşamalarının kapsam dışı bırakıldığı görülmektedir. Yapım, bakım / onarım, yenileme ve yıkım süreçlerinin tüm yaşam döngüsü içerisinde görece olarak daha kısa süre etkili olmaları bu tutum üzerinde etkili olmaktadır. Bununla birlikte, elli ya da yüz yıl gibi uzun süreleri kapsayan bina kullanım süreci ile kıyaslandığında, çoğunlukla iki yıldan daha az sürede gerçekleştirilen yapım sürecinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinin daha kontrol edilebilir ve öngörülebilir olduğunu öne süren görüşler de bulunmaktadır (Dong ve Ng, 2015).

Pollo ve Rivotti (2004)’ye göre, farklı bina yaşam döngüsü aşamalarının çevre üzerindeki görece etkileri incelendiğinde, yapım sürecinin yaklaşık %15 oranında etkili olduğu tahmin edilmektedir. Guggemos ve Horvath (2006), bir binanın tüm

yaşam döngüsü göz önünde bulundurulduğunda enerji kullanımının %2'si, karbondioksit emisyonlarının %1'i, karbon monoksit emisyonlarının %7'si, azot oksit emisyonlarının %8'i, parçacıklı madde emisyonlarının %8'i ve sülfür oksit emisyonlarının %1'inin 50 yıllık bina ömrünün ortalama 2 yılını kapsayan yapım aşamasında açığa çıktığını belirtmişlerdir. Artan inşaat faaliyetlerinin yoğun bir şekilde kent merkezlerinde gerçekleştirilmesi ve yapım sürecinin binanın fiziksel olarak yaşam döngüsünün başladığı, dolayısıyla doğal ve yapma çevre üzerinde ilk olumsuz etkilerin gerçekleştiği ilk aşama olması, binaların çevresel etkilerinin yönetiminde yapım sürecinin de ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

1.1 Problemin Tanımlanması

Bina yapım sürecinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve azaltılması yönünde önlemler alınması konusunda aşağıda sıralanan çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır:

- Bina yapım sürecinin birçok alt süreçten oluşan karmaşık bir yapıya sahip olması
- Her yapım sürecinin kendine özgülüğü
- Türk inşaat sektörünün yapım sürecinin performansını süre, maliyet ve kalite ölçütleri ile ele alan konvansiyonel yapısı
- Sürecin çevresel yönetiminde kullanılabilecek sistematik bilginin eksikliği
- Uluslararası standartlarda, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemlerinde ve yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemlerinde yerinde yapım aktivitelerinin çevresel etki üzerindeki rolünün detaylı olarak ele alınmaması ve karar vericilere bu konuda önlem alanlarını gösterememesi
- Mevcut yöntemlerin ve araçların yerel gereksinimleri karşılayamaması
- Sektör paydaşlarının gerekli farkındalığa yeteri kadar sahip olmayışı

Bu problemler, yapım sürecinin çevresel etkilerinin değerlendirilerek analiz edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması önünde engel oluşturmaktadır.

1.2 Çalışmanın Arka Planı

Yapım sürecinin çevresel etkilerini ele alan kısıtlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde Türk İnşaat Sektörünün özgün yapısına uyum sağlayacak ve bu alanda karşılaşılan problemlere

çözümler sunacak bir aracın geliştirilmesi için, bu alanda yapılmış önceki araştırmalar amaç, kapsam, yöntem ve elde edilen sonuçlar çerçevesinde analiz edilmiştir.

Cole (2000), yapım sürecinin ortalama olarak 15 ay sürdüğüne ve bu sürede çevre üzerinde kaynak kullanımı, ekolojik yükler ve insan sağlığı açısından önemli etkiler oluştuğuna dikkat çektiği çalışmasında, bu konulara ilişkin ele alınması gereken ölçütleri, kaynak kullanımı, yıkım ve yapım alanının hazırlanması, yıkım ve yapım atıklarının kontrolü, işgücünün ve malzemelerin yapım alanına ulaşımı / nakliyesi ve yıkım enerjisi olarak tanımlamıştır. Ekolojik yükler; yüzey toprağı, ağaçlar ve bitkilerin korunması ile yüzey suyu akışının kontrolünü içermektedir. İnsan sağlığı; zehirli malzemelerin kontrolü / bertaraf edilmesi, iskan edilmiş alanlarda gerçekleştirilen bakım / onarım vb. yapım işleri süresince bina sakinlerinin sağlık risklerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması, yapım süreci boyunca yapım alanı çevresinde yaşayanların sağlık risklerinin kontrol altında tutulması, yapım sonrası bina sakinlerini etkileyebilecek sağlık risklerinin belirlenmesi ve kontrol altına alınması ölçütlerini içermektedir.

Pollo ve Rivotti (2004), bina yapım ve bakım-onarım süreçlerinde gerçekleştirilen işlere odaklanarak, yerinde yapım sürecinin çevresel etkileri temelinde tasarım seçeneklerinin eniyilemesini¹ sağlayacak bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, ilk olarak yapım süreci aktörlerini ve yapım aşamalarını tanımlamışlar, daha sonra yapım sürecinde karşılaşılabilecek çevresel faktörleri ve bunların etkilerinin azaltılmasını sağlayacak eylemleri belirlemişlerdir. Tasarımcılar, malzeme ve bileşen üreticileri ve yükleniciler sürecin başlıca aktörleri olarak tanımlanmıştır. Yapım ve bakım-onarım işlerinin aşamaları malzemelerin yapım alanına nakliyesi, malzemelerin yapım alanı içinde taşınması ve uygulama olarak ele alınmış; her bir sürecin girdileri ve çıktıları ile alt-aşamaları ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Başlıca yapım süreci girdileri makine kullanımı, yakıt tüketimi, malzeme yükleme-boşaltma süreleri ve işçi çalışma süreleri olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan çevresel çıktılar, enerji ve ham madde tüketimi, atmosfere, suya ve toprağı emisyonlar ve atık malzeme üretimi olarak belirlenmiştir. Bir şantiyede dokuz ay boyunca gözlemler ve ölçümler yapılarak makine kullanımı, yakıt tüketimi, malzeme

¹ “Eniyileme” sözcüğü, Türk Dil Kurumu Ekonometri Terimleri Karşılıklar Sözlüğünde İngilizce “optimization” sözcüğüne karşılık olarak önerilmiştir.

yükleme-boşaltma süreleri ve işçi çalışma sürelerine ilişkin sayısal veriler elde edilerek sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar ışığında binanın çevresel etkilerinin tüm yaşam döngüsü boyunca bütünleşik olarak değerlendirilmesinin önemine dikkat çekilmiş, çevresel etkileri azaltılmış yapı bileşenlerinin seçimine ve teknolojik çözümlerin tanımlanmasına olanak sağlayacak bir yöntem geliştirilmesi gerekliliği belirtilmiştir.

Z. Chen ve diğ. (2005), yapım planlama aşamasında çevreye duyarlı yapım planlarının seçilmesine olanak sağlayacak; süre, maliyet, kalite ve güvenlik ölçütleri ile birlikte çeşitli çevresel faktörlerin etkisini de ele alan bir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntemin temel amacı, alternatifler arasında çevreye duyarlı yapım planının seçilmesini sağlamaktır. Çalışma kapsamında ilk olarak, bir yapım projesinin çevre üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerini hesaplamak için kritik öneme sahip olan çevresel konular ve bunların yapıma ilişkin karakteristik özellikleri incelenmiş ve çevresel göstergeler sınıflandırılmıştır. Çevresel göstergeler teknoloji, kaynaklar, süre, maliyet, yönetim, toplum ve doğa başlıkları altında toplanmış; olası çevresel etkilerin düzeyleri tanımlanmıştır. Geliştirilen çevresel gösterge sınıflandırmaları ve çevresel etki düzeyleri kullanılarak, ANP (Analytic Network Process)² yöntemi ile Karmaşık EnvironalPlanning ve Basitleştirilmiş EnvironalPlanning adı verilen iki karar destek modeli geliştirilmiştir.

Shen ve diğ. (2005), bina yapım faaliyetlerinin çevresel performansını ölçmek için enformasyon teknolojileri tabanlı bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmanın amacı, yapım süreci boyunca açığa çıkan çevresel etkilerin analiz edilmesi için, yüklenicinin çevresel performans puanının hesaplanmasını sağlamaktır. Araştırmacılar, daha önceki çalışmalarda binaların çevresel performansının arazi, enerji, su ve malzeme konularına odaklanarak değerlendirildiğini belirtmişler ve yüklenicilerin çevresel performansının ancak yapım alanındaki işler ve yapım yönetimi konularının analiz edilmesi ile ölçülebileceği varsayımından yola çıkmışlardır. Çalışma kapsamında

² ANP, Thomas L. Saaty tarafından, yine kendisinin geliştirdiği çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan AHP (Analytic Hierarchy Process) temel alınarak geliştirilmiştir. Yöntemin AHP'den farkı, tek yönlü bir karar hiyerarşisi yerine ağ yapısına sahip bir karar hiyerarşisi içermesidir. ANP, bir küme içerisindeki ölçütler ve alternatiflerin birbiri ile etkileşim içinde olmasının yanı sıra, diğer kümeler arasında da etkileşim olabileceği varsayımına dayanarak geliştirilmiştir. Yöntemin benzerlerinden ayrılan en önemli özelliği, ölçütler ve alternatifler arasındaki bağıllık ve geri bildirim problemlerini ele almasıdır (Yıldırım ve Önder, 2015).

yüklenicilerin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılan parametreler; yüklenicilerin çevresel performansına katkıda bulunan veya onu etkileyen çevresel performans faktörleri, yüklenicinin çevresel performansını temsil etmede kullanılan çevresel performans göstergeleri ve performans göstergelerinin düzeyinin hesaplanmasında kullanılan gösterge ölçütleri olarak üç düzeyde tanımlanmıştır. Çevresel performans faktörleri işlevsel eylemler, şantiye yönetimi, proje yönetimi, çevresel yönetim teknolojisi ve çevresel yönetim politikaları olarak tanımlanmış ve her birine ilişkin alt faktörler hiyerarşik olarak belirlenmiştir. Çevresel performans göstergeleri önceki araştırmalara ve mevcut yöntemlere dayanarak genel çevresel etkiler, çevresel kaynakların değerlendirilmesi, sürdürülebilirliğe katkı, toplumsal etki ve işçilere ilişkin tedbirler olarak tanımlanmıştır. Göstergelerin sürdürülebilirliğinin değerlendirilebilmesi için inşaat sektöründeki profesyonellerle yürütülen bir anket çalışması gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar kullanılarak ikinci düzey göstergeler belirlenmiştir. Mevcut yöntemler kullanılarak tanımlanan gösterge ölçütleri uzmanlarla yapılan üç görüşme ile tartışılarak, her bir ikinci düzey gösterge için ölçütler belirlenmiş ve çevresel performans faktörleri ile ilişkilendirilmiştir. Tüm parametrelerin tanımlanmasından sonra, yüklenicilerin çevresel performans puanını hesaplamak için bir formül geliştirilmiştir. Göstergelerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan göreceli ağırlıklandırma parametresinin belirlenmesi için 1142 inşaat firması ile yürütülen bir anket çalışması gerçekleştirilmiş ve göstergeler arasındaki göreceli önemi belirlemeleri istenmiştir. Böylece “Yüklenicinin Çevresel Performansını Puanlama Sistemi (Contractor's Environmental Performance Scoring System / C-EPSS)” adı verilen Windows tabanlı bir program geliştirilmiş ve çok katlı bir ofis binası uygulama projesinin değerlendirildiği pilot çalışma ile program tanıtılmıştır. Çalışmanın sonunda, geliştirilen programın yalnızca yüklenicinin çevresel performansını değerlendirmek üzere kullanılabilecek bir araç olmadığı, ayrıca çevresel performansın düşük olduğu alanların belirlenip gerekli önlemlerin alınmasında da kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bilec ve diğ. (2006), yapım sürecinin çevresel etkilerini değerlendirmek için süreç ve girdi-çıkış yaklaşımlarının avantajlarını bir araya getiren karma yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımı önererek, betonarme taşıyıcı sisteme sahip bir otopark binasını değerlendiren bir pilot çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kullanılan yaklaşım, ISO 14040 standardında tanımlanan süreç tabanlı LCA (Life Cycle

Assessment)³ ve EIO-LCA (Economic Input-Output Life Cycle Assessment)⁴ yöntemleri temel alınarak geliştirilmiştir. Süreç tabanlı LCA kullanılarak yapım süreci akış diyagramları geliştirilmiş ve çalışmanın sınırları belirlenmiştir. Daha sonra yapım dokümanları kullanılarak (uygulama projesi, şartnameler, günlük şantiye raporları, hak edişler, şantiye elektrik ve su faturaları vb.) envanter analizi yapılmıştır. Bu aşamada günlük eylemler ve süreleri, işçi sayıları, ekipmanların kullanım süreleri vb. veriler elde edilmiştir. Daha sonra EIO-LCA kullanılarak envanter analizi yapılmış ve süreç tabanlı LCA yönteminde yer almayan servis sektörleri ve ekipmanların bakımına ilişkin veriler elde edilmiştir. Yapımdaki çevresel etki süreçleri ulaşım, ekipman, yapıma ilişkin servis sektörleri (mimarlık ve mühendislik hizmetleri, gayrimenkul geliştirme acenteleri, sigorta şirketleri, bankalar vb.), ekipmanların üretimi ve bakımı, yapım alanında elektrik ve su tüketimi olarak tanımlanmıştır. Son aşamada çevresel etki hesapları SimaPro⁵ programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma sonrası elde edilen sonuçlara göre ulaşım, ekipman aktiviteleri ve destekleyen eylemler yapım sürecinde çevre üzerinde en fazla etkiye sebep olan süreçler olarak tespit edilmiştir.

Guggemos ve Horvath (2006), tasarımcıların ve inşaat sektörü aktörlerinin, ticari binaların yapım aşamasında açığa çıkan enerji tüketimi, emisyonlar ve atık üretimi oranlarını hesaplamada kullanabilecekleri bir model geliştirmişlerdir. Yöntem, tasarım ve yapım aşamalarında tek bir bina tasarımının değerlendirilmesinde ya da farklı alternatiflerin karşılaştırılmasında kullanılabilmektedir. Çalışma kapsamında

³ LCA (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi / YDD) BS EN ISO 14040 standardında tanımlanmış bir çevresel yönetim tekniğidir. Bir ürünün, hammadde elde edilmesi ile başlayıp üretim, kullanım, yaşam sonu, geri dönüşüm ve yok etme ile devam eden tüm aşamalarında açığa çıkan çevresel koşullar ve potansiyel çevresel etkileri (kaynak kullanımı, açığa çıkan çevresel sonuçlar vb.) ele almaktadır (BS EN ISO 14040, 2006). Bu bölümde ele alınan çalışmalarda süreç tabanlı LCA olarak tanımlanmıştır.

⁴ EIO-LCA (Ekonomik Girdi-Çıktı Yaşam Döngüsü Değerlendirme / Economic Input-Output Life Cycle Assessment) Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından geliştirilen, ekonomide gerçekleştirilen faaliyetler için gerekli olan malzeme ve enerji kaynaklarını ve bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ile açığa çıkan çevresel emisyonları tahmin eden bir yaşam döngüsü değerlendirme yöntemidir. Yöntem, sektörler arasındaki malzeme ticareti ve sektörlerin çevresel emisyonları ile ilgili dolaysız bilgiyi kullanarak, tedarik zincirinin toplam emisyon değerlerini tahmin etmekte kullanılmaktadır. Yöntemin ABD, İspanya, Kanada ve Almanya için geliştirilmiş sürümleri bulunmaktadır (EIO-LCA: Free, Fast, Easy Life Cycle Assessment, b.t.)

⁵ SimaPro, sürdürülebilirlik verilerini toplamak ve ürünler ile servislerin sürdürülebilirlik performansını analiz etmek ve denetlemek için kullanılan yazılım tabanlı bir araçtır. Yaşam döngüsü değerlendirme, sürdürülebilirlik raporlama, karbon ve su ayak izi, ürün tasarımı, çevresel ürün beyanları geliştirme ve başlıca performans göstergelerini tanımlama gibi alanlarda kullanılabilmektedir (Software to Measure and Improve the Impact of Your Product Life Cycle, 2013).

süreç tabanlı LCA ve EIO-LCA kullanılmıştır. Süreç tabanlı LCA kullanılarak yaşam döngüsü eylemleri ve aşamaları akış diyagramları ile modellenmiştir. Bu diyagramlar başlıca malzeme ve enerji girdilerini ve çevresel emisyonlar ile atıkları tanımlayarak ve ölçerek; insan, bitki ve hayvan türleri üzerindeki etkileri tahmin etmektedir. EIO-LCA ise süreç tabanlı analizde zaman, maliyet ve veri eksikliği gibi kısıtlamalar nedeniyle eksik olan tedarik zinciri çevresel etmenlerini değerlendirmede kullanılmıştır. Süreç tabanlı LCA ile ürüne özel veriler kullanılarak dolaysız çevresel etkiler hesaplanmıştır. EIO-LCA ile hem dolaysız etkiler hem de tedarik zincirinin etkileri, Amerikan EIO tabloları ile kaynak girdileri ve çevresel çıktıları içeren veriler kullanarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda, bütünleşik bir yaklaşım geliştirilerek, bir okul binası projesinin çelik kolonlar, yükseltilmiş döşemeler, betonarme perde duvarlar ve betonarme istinat duvarlardan oluşan taşıyıcı sistem yapım aşaması değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre enerji kullanımı ve atmosferik emisyonların ekipman kullanımından kaynaklandığı, buna karşılık malzeme ve ekipman ulaşımının belirleyici etkilere sebep olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sharrard ve diğ. (2008), yapım süreçlerinin çevresel etkilerinin kapsamlı olarak tahmin edilebilmesi için EIO-LCA yöntemini temel alarak, yeni bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ile belli bir temele dayanmayan ekonomik kararlar yerine, yapım projeleri amaçlarına çevresel kalite ve sürdürülebilir gelişme konuları eklenerek, daha kapsamlı ve bilinçli kararlar alınmasında karar vericilere yardımcı olması hedeflenmektedir. Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından geliştirilen mevcut EIO-LCA yöntemi temel alınarak geliştirilen model, EIO-LCA kapsamındaki 13 inşaat sektörü (konut ve yurt binaları ile ticari binalar, köprü yenileme vb.) için güncellenmiş ve yeniden düzenlenmiş çevresel etki vektörlerini içeren yeni bir EIO-LCA bütünleşik ara yüzünü içermektedir. Modelin uygulanabilirliğini göstermek için sekiz uygulama projesi üzerinde yapılan pilot çalışmanın sonuçlarına göre, benzin, parçacık maddeler ve küresel ısınma potansiyelinin genel olarak tüm inşaat sektörleri için artış gösterdiği görülmüştür.

Gangoellis ve diğ. (2009), yapım faaliyetlerinin olumsuz çevresel etkilerinin ve çevresel performansının ölçülmesi yoluyla, yapım projelerinin yapım planlama aşamasında değerlendirilmesi için nicel bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntem, yapım sürecine ilişkin çevresel koşulların tanımlanması ve bu koşulların değerlendirilmesi

temel aşamalarından oluşmaktadır. Yöntemin geliştirilmesinde anket çalışmaları ve uzmanlarla yapılan paneller, uygulama projelerinin incelenmesi ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. İlk olarak yapım süreçleri ve alt süreçleri tanımlanmıştır. Yapım süreçleri hafriyat işleri, temeller, taşıyıcı sistem, çatılar, bölmeler, geçirimsiz örtüler, yalıtımlar, kaplamalar, çevre işleri, kapı ve pencereler olarak belirlenmiştir. Göz önünde bulundurulmuş çevresel etmenler atmosferik emisyonlar, su emisyonları, atık üretimi, arazide yapılan değişimler, kaynak tüketimi, ulaşım, biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkiler ve değişiklikler, çevresel kaza riskleri, olası kazalar, acil durumlar ve gürültü, titreşim koku, toz, görsel etki gibi yerel sorunlar olarak belirlenmiştir. Tanımlanan bu etmenler yapım süreci aşamaları ile ilişkilendirilerek bir matris elde edilmiştir. Çevresel etmenlerin değerlendirilmesinde kullanılan, dolaylı ve dolaysız etkilere sebep olan yirmi performans göstergesi, uzmanlarla yapılan panellerle belirlenmiştir. Bu göstergelerin değerleri, proje dokümanlarından elde edilen sayısal verilere dayandırılmıştır. Çalışmada kullanılan önem katsayısı 55 uygulama projesine ilişkin sayısal verilerin istatistiksel analizi ile elde edilmiş ve yapım projelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılacak bir formül geliştirilmiştir. Çalışmanın sonunda dört farklı konut projesi geliştirilen yöntem ile değerlendirilerek, sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Yapılan pilot çalışma sonucu elde edilen verilere göre, ekipmanların, atık üretiminin, su tüketiminin ve olası kazaların en belirleyici çevresel etkilere sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ahn ve diğ. (2010), Amerika ve Kanada'daki yapım aktiviteleri sırasında açığa çıkan atmosferik emisyonları ve enerji tüketimini ele alarak, çevresel etkiyi değerlendirmek için kullanılan önceki yaklaşımların benzer etkileri nasıl değerlendirdiklerini analiz etmişlerdir. Küresel ısınma ile doğrudan ilişkili olan enerji tüketimi ve atmosferik emisyonlar, yapım ekipmanları ve açık havada gerçekleştirilen yapım işleri kapsamında analiz edilmiştir. Çalışmada temel olarak EIO-LCA yöntemi ve karayolu taşıtı dışındaki araçları içeren emisyon envanteri modelleri analiz edilmiştir. Bunlara ek olarak, böyle bir değerlendirmede kullanılabilecek çevresel iş birliği programları, çevresel teknoloji politikaları, çevresel mevzuat ve çevresel teşvikler analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuç bölümünde, yapılan analizlere bağlı olarak, geliştirilmesi gereken noktalar ve yapılması önerilen çalışmalar tanımlanmıştır.

Y. Chen ve diğ. (2010), betonarme binalarda prefabrikasyon ve şantiyede üretim yöntemlerine odaklanarak, tasarımın erken aşamalarında tasarım ekibi üyelerinin betonarme binalar için uygun yapım yöntemi seçiminde kullanabilecekleri, bütünlük sürdürülebilir performans ölçütlerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, seçilen müşteriler, yatırımcılar, mühendisler, yükleniciler ve ön yapımlı betonarme üreticilerinden oluşan 412 adet Amerikan inşaat sektörü paydaşı ile anket çalışmaları ve karşılıklı görüşmeler gerçekleştirilmiş ve sürdürülebilirliğe verdikleri önem ve bu konudaki algılarına ilişkin bilgi elde edilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve faktör analizi sonuçlarına göre sürdürülebilir performans ölçütleri yedi boyutta tanımlanmıştır. Bunlar uzun-vadeli maliyet, yapılabirlik ve kalite (ekonomik etmenler), sağlık ve toplum üzerindeki etki ve mimari etki (sosyal etmenler) ve çevresel etmenler olarak belirlenmiştir.

Li ve diğ. (2010), tipik bir yapım sürecinin iki önemli bileşeni olan yapım ekipmanları ve yardımcı ekipmanlar kapsamında yapım sürecinin çevresel etkilerinin araştırıldığı, yapım sürecine uyarlanabilen bütünlük bir yaşam döngüsü çevresel etki değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Modelin, yükleniciler ve diğer karar vericiler tarafından, başlıca çevresel etki faktörlerinin tanımlanmasında ve yapım öncesi aşamada yapım planlarının eniyilemesinin sağlanmasında bir değerlendirme aracı olarak kullanılması ön görülmüştür. Çalışma kapsamında ilk olarak proje, ekipman ve yardımcı ekipmanlara ilişkin proje yeri, malzeme miktarı, kullanım süresi, türü vb. veriler elde edilerek envanter analizi gerçekleştirilmiştir. Çevresel etki kategorileri ekosistemler, doğal kaynaklar ve insan sağlığı olarak üç ana başlıkta tanımlanmıştır. Ekosistemler ve doğal kaynaklar için etki değerlendirmesi Çin'de kullanılan az sayıdaki yaşam döngüsü değerlendirme araçlarından biri olan ve Çin İnşaat Bakanlığı tarafından desteklenen BEPAS (Building Environmental Performance Analysis System) temel alınarak gerçekleştirilmiştir. İnsan sağlığı etki kategorisinin değerlendirilmesinde DALY⁶ (Disability Adjusted Life Years) tahmin modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda bir hafriyat çalışmasının çevresel etkileri

⁶ Bir DALY, sağlıklı bir yaşamdan kaybedilen bir yıl olarak kabul edilmektedir. Toplam nüfusa ya da belli bir hastalığa maruz kalanlara ait DALY'lerin toplamı, mevcut sağlık durumu ile tüm toplumun ilerlemiş yaşlarında, hastalıklardan ve engellerden uzak bir şekilde yaşayabileceği ideal sağlık durumu arasındaki boşluk ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Metrics: Disability - Adjusted Life Year (DALY), b.t.).

önerilen model kullanılarak değerlendirilmiştir. Pilot çalışma sonucunda önerilen modelin yapım sürecinin çevresel etkilerini etkin olarak değerlendirebildiği ve yükleniciler tarafından çevre üzerindeki olumsuz etkileri daha az olan yapım planlarının seçiminde bir araç olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Gangolells ve diğ. (2011), yapım faaliyetlerinin olası çevresel etkilerinin yapım planlama aşamasında tanımlanması ve değerlendirilmesi için geliştirdikleri sistematik yaklaşımı (Gangolells ve diğ, 2009), ilgili tarafların konu ile ilişkisini değerlendiren bu çalışmayla geliştirmişlerdir. Çalışmak kapsamında ISO 14001 (Environmental Management Systems-requirements with guidance for use) temel alınarak yapım projelerine ilişkin 37 çevresel etki belirlenmiş ve bunları destekleyen göstergeler ve değerlendirme düzeyleri uzmanlarla gerçekleştirilen panellerle tanımlanmıştır. 76 yeni başlayan yapım projesine ilişkin elde edilen veriler istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve çevresel etkilerin şiddetinin ilgili tarafların konuya ilgileri ile ilişkili olmadığı görülmüştür.

Waris ve diğ. (2014), yerinde yapım sürecinde kullanılan ekipmanların ve makinelerin sürdürülebilirlik temelinde seçilmesine olanak sağlayacak seçim ölçütlerini belirleyerek bir değerlendirme çerçevesi geliştirmişlerdir. Bunun için konu ile ilgili yayınlanmış süreli yayınlar, dergiler, konferans bildirileri ve diğer araştırma raporları analiz edilmiş ve yerinde yapım ekipmanlarının seçimi için kullanılacak sürdürülebilirlik ölçütleri sosyo-ekonomik, mühendislik ve çevresel ölçütler olmak üzere üç kategori altında tanımlanmıştır. Çevresel seçim ile ilgili ölçütler enerji tasarrufu, parçacıklı madde miktarı, sera gazı emisyonları, yağ sızıntısı kontrolü, fosil yakıt tüketimi, gürültü kontrolü, çevresel mevzuata uygunluk, titreşim kontrolü, sürdürülebilir yakıt kaynaklarının kullanımı, biyolojik olarak parçalanıp bozunabilen yağların ve hidrolik yağların kullanımı olarak belirlenmiştir. Daha sonra, ölçütlere ilişkin olası eksiklerin ve hataların belirlenmesi için yapım sektöründen seçilmiş kişilerle yapılandırılmış görüşmeler ve pilot anket çalışmaları gerçekleştirilmesi ile ölçütlerin doğrulanması sağlanmıştır.

Zou ve Moon (2014), yapım işlerinin çevresel performansının ölçülmesi, izlenmesi ve geliştirilmesi için yerinde yapım sürecine odaklanan hiyerarşik bir değerlendirme modeli önermişlerdir. Çalışma performans göstergeleri için hiyerarşik değerlendirilme çerçevesi geliştirilmesi, anahtar performans göstergelerinin uzmanlarla gerçekleştirilen panellerle belirlenmesi, değerlendirme yöntemlerinin

önerilmesi ve sayısal değerlendirmelerde kullanılacak yapım süreci çevresel performans indeksinin hesaplanması aşamalarından oluşmaktadır. Çevresel performans göstergeleri temel olarak ekosistem, doğal kaynaklar ve insan sağlığı kategorilerinden oluşmaktadır. Ekosistem kategorisi gürültü kontrolü, titreşim, hava kalitesi, arazi kullanımı, su, atık yönetimi ve diğer etkiler; doğal kaynaklar kategorisi kaynak tüketimi ve enerji etkinlik; insan sağlığı kategorisi ise işçi sağlığı ve güvenliği alt kategorilerinden oluşmaktadır. Performans göstergelerinin belirlenmesinden sonra, uzmanlarla gerçekleştirilen üç aşamalı Delphi anket çalışması ile göstergeler derecelendirilmiştir. Daha sonra, yapım işlerine ilişkin yerel kısıtlar, projeye özgü nitelikler ve ulusal öncelikler göz önünde bulundurularak belirlenen anahtar performans göstergelerinin değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemler ortaya konmuştur. Son olarak yapım süreci çevresel performans indeksinin hesaplanması ile bilgisayar tabanlı bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, bir konut binası projesinin yerinde yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi ile test edilmiştir. Pilot çalışma sonuçlarına göre işçi güvenliği, gürültü yönetimi planı ve toz emisyonu azaltımı en önemli göstergeler olarak öne çıkarken; görsel etki, ışık kirliliği ve malzeme depolama ve güvenlik göstergelerinin en az önemli göstergeler olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, her yapım alanının kendine has özelliklerine bağlı olarak çok sayıda farklı sonuca ulaşılabileceği vurgulanmıştır.

Dong ve Ng (2015), yerinde yapım işlerinin çevresel performansının değerlendirilmesi için karar vericiler tarafından kullanılabilecek; orta nokta ve son nokta düzeyinde değerlendirme yapmaya olanak sağlayan YDD temelli bir model geliştirmişlerdir. Modelin erken tasarım aşamasında karar destek sistemi olarak kullanılmasını yanı sıra, satın alma ve yapım süreçlerinde bir yapı projesinin çevresel performans hakkında bilgi sağlamak üzere kullanılması amaçlanmıştır. Hammadde elde edilmesi, malzeme üretimi ve malzemelerin taşınması gibi yapım öncesi süreçleri ve yerinde yapım sürecini kapsayan model, yapı malzemeleri ile ilişkili atık değerlendirme yaklaşımlarını da içermektedir. Enerji, malzeme, ekipman ve işgücü konularına odaklanan modelin başlıca odağını yapım aktivitelerinin çevresel etkilerinin hesaplanması oluşturmaktadır. Veri girişi, arka plan verilerinin belgelenmesi, hesaplama ve sonuçların elde edilmesi aşamalarından oluşan modelin

geliştirilmesinde, YDD yöntemlerinden biri olan ReCiPe⁷ temel alınmıştır. İnsan sağlığı, ekosistem türleri ve kaynaklar son nokta kategorileri olarak tanımlanmıştır. İnsan sağlığı kategorisi için iklim değişimi insan sağlığı etkisi, ozon tabakası tüketimi, insanda zehirlilik, fotokimyasal oksidan oluşumu, parçacıklı madde oluşumu, iyonlaşmış radyasyon; ekosistem türleri kategorisi için iklim değişimi ekosistem etkisi, karada asitleşme, içme suyunda ötrofikasyon, karada zehirlilik, içme suyunda zehirlilik, denizde zehirlilik, tarım arazisi kullanımı, kent arazisi kullanımı, doğal arazi dönüşümü; ve kaynaklar kategorisi için metal tüketimi ve fosil tüketimi orta nokta kategorileri olarak ele alınmıştır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Çalışmanın temel amacı, bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak bir model geliştirilmesidir. Bu modelin, yapısal tasarım⁸ ve yapım planlanma süreçlerinde yapım sürecinin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması için ilgili süreç paydaşları tarafından kullanılabilir; yerel gereksinimlerle uyumlu ve çevresel endişelerin yapım sürecinin temel ölçütleri olan süre, kalite ve maliyet ölçütleri arasına girmesine olanak sağlayacak özelliklere sahip olması gerekmektedir. Geliştirilen modelin, yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin öngörüler ortaya konmasında, yüklenicinin ya da alt-yüklenicilerin çevresel performanslarının iyileştirilmesi ya da çevresel performanslarına göre seçilmesinde kullanılması hedeflenmektedir. Bu nedenle, tasarım alternatiflerinin yapım sürecindeki çevresel performanslarının süreçte yer alan karar vericiler tarafından değerlendirilmesinde ve karşılaştırılmasında kullanılabilir bir karar-destek modeli geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

1.4 Araştırma Soruları

Çalışmanın genel araştırma sorusu “*Bina yapım sürecinin çevresel performansı yapısal tasarım ve yapım planlama aşamalarında ilgili karar vericiler tarafından*

⁷ Orta nokta ve son nokta düzeyinde değerlendirme yapan bir Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme yöntemidir (Bkz. Bölüm 3.3).

⁸ BiYSÇeP modeli kapsamında uygulama projesi aşaması “yapısal tasarım” aşaması olarak ifade edilecektir.

nasıl değerlendirilebilir?” olarak ortaya konmuştur. Bu soruya cevap bulunması için çalışma süresince araştırılması gereken diğer sorular aşağıda sıralanmaktadır:

- Bina yapım süreci nedir?
- Bina yapım sürecinin aşamaları nelerdir?
- Yapım teknolojisi nedir?
- Çevresel performans nedir?
- Bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler nelerdir?
- Bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılabilecek yöntemler nelerdir?
- Bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemlerin özellikleri nelerdir?
- Bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemlerin kullanıcılarının sahip olması gereken özellikler nelerdir?
- Model kapsamında nasıl bir yapım teknolojisi sınıflandırması geliştirilmelidir?
- Model kapsamında kullanılacak çevresel performans ölçütleri nelerdir?
- Yapım teknolojisi ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler nelerdir?
- Modelin genel özellikleri nelerdir?
- Modelin uygulama adımları nelerdir?
- Model kimler tarafından kullanılabilir?
- Modelin kullanım olanakları nelerdir?
- Model nasıl uygulanmaktadır?
- Modelin uygulanması ile elde edilen sonuçlar çalışmanın hedeflerine uygun mudur?
- Modelin güçlü yönleri / sunduğu olanaklar nelerdir?
- Modelin kullanımında karşılaşılan zorluklar nelerdir?

1.5 Varsayımlar

Bina yapım sürecinin çevresel etkilerini ele alan önceki araştırmalar, değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesinde mevcut literatürden ve veri tabanlarından yararlanma ile uzmanlarla görüşmeler ve paneller gerçekleştirme yöntemlerini kullanmışlardır. Değerlendirme için yerinde yapılan ölçümler ve gözlemlerle elde edilen sayısal

veriler kullanıldığı gibi, mevcut çevresel performans değerlendirme yöntemlerinin sağladığı veri tabanlarından da yararlanılmıştır. Ancak, tasarım alternatiflerinin sonsuz sayıda olabileceği gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, kapsayıcı bir değerlendirme yöntemi geliştirmek için gerekli sayıda yerinde gözlem ve ölçüm yapmak mümkün olmadığı gibi, mevcut çevresel performans değerlendirme yöntemleri, Türkiye için geçerli veri tabanlarını içermemektedir. Bu nedenle, mevcut koşullarda elde edilebilen verilerin kullanılabileceği bir model geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Yapım süreci, çeşitli girdiler kullanılarak gerçekleştirilen çok sayıda eylem ve aşama sonrasında binanın yanı sıra, çeşitli çevresel etkilerin de çıktı olarak ortaya konduğu bir süreçtir. Bu nedenle, yapım sürecinin çevresel etkilerini, başka bir deyişle çevresel çıktılarını, analiz edebilmek için öncelikle sürecin girdileri analiz edilmelidir. Yapım sürecinin soyut ve somut girdilerini oluşturan; bilgi, yöntemler ve araçlar bileşenlerinden olan yapım teknolojilerinin, sahip oldukları çok sayıda alternatif nedeniyle çevre üzerinde farklı düzeylerde çeşitli olumsuz etkilere sebep olduğu söylenebilir. Bir yapım sürecinde kullanılabilecek yapım teknolojilerine ilişkin bilgiler uygulama projesi, mimari teknik şartname, metraj ve keşif dokümanları vb. proje dokümanlarından ve yüklenici / alt-yüklenicilerin gerçekleştirdiği önceki yapım işlerine ait raporlardan elde edilebileceği gibi; Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesinden, malzeme ve ekipman tedarikçilerinden elde edilecek kataloglardan da yararlanılabilir. Bu nedenle, tez çalışması, yapım sürecinin girdilerini oluşturan yapım teknolojileri bileşenleri temel alınarak sürecin çevresel performansının değerlendirilmesinin mümkün olabileceği ve gerekli verilerin yukarıda tanımlanan yollarla elde edilebileceği varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım temel alınarak geliştirilecek bir model, tasarım alternatiflerinin ya da yapım süreci planlarının, karar vericiler tarafından değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasına olanak sağlayacaktır.

1.6 Çalışmanın Kapsamı

Modelin geliştirilmesi sırasında, kullanım amacı, hedef değerlendirme aşaması ve kullanım aşaması göz önünde bulundurularak bazı sınırlamalar belirlenmiştir.

Sınırlamalardan ilki, yapım sürecinin kapsamı üzerinedir. Çalışmanın temel amacı, yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi olmakla birlikte, yapım

süreci tanımının yapılması gerekmektedir. Yapım süreci temel olarak yapım alanı dışındaki üretim ve yerinde üretim olarak iki alt sürece ayrılmakta; yerinde üretim ise ilk yapım, bakım-onarım, yıkım ve geri dönüşüm süreçlerini kapsamaktadır (Pollo ve Rivotti, 2004). Yapım sürecinin çevresel etkileri üzerinde yapım yerinde gerçekleştirilen üretim faaliyetleri belirleyici olmaktadır. Bu nedenle, tez çalışmasında yerinde üretim faaliyetlerinin temelini oluşturan ilk yapım ve bakım-onarım süreçlerine odaklanılarak, yalnızca yapım alanı içinde gerçekleştirilen faaliyetler ele alınmıştır⁹.

Bir diğer sınırlama, modelin bina yapım sürecinin hangi aşamasının çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacağı üzerinedir. Bina temel olarak taşıyıcı sistem, yapı elemanı sistemleri ve servis sistemlerinin bir araya gelmesi ile oluşturulan bir sistemdir. Çalışma kapsamında, yapım teknolojisi bileşenleri açısından çok sayıda alternatif sunması nedeniyle yapı elemanı sistemleri yerinde yapım süreci ele alınmıştır.

Son olarak, modelin bina üretim sürecinin hangi aşamalarında kullanılacağı üzerine sınırlamalar belirlenmiştir. Model, yapım teknolojisi bileşenleri ile yapım sürecinin çevresel performansı arasında bir ilişki bulunduğu varsayımına dayanarak geliştirileceğinden, yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin kararların verildiği yapısal tasarım ve yapım planlama aşamalarında kullanılacaktır.

1.7 Çalışmanın Kurgusu ve Çalışmada Kullanılan Yöntemler

Modelin temelini oluşturan yapım teknolojilerinin çok sayıda alternatif içermesi ve tasarım seçeneklerinin çokluğu ile tüm bunların çeşitli çevresel performans ölçütlerine bağlı olarak değerlendirilmesi gerekliliği çalışmanın bir nitel araştırma olarak kurgulanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle modelin geliştirilmesi için gerekli verilerin toplanması aşamasında nitel veri toplama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Tez çalışması 6 temel aşama üzerinden kurgulanmıştır. Bunlar yapım süreci ve yapım teknolojilerinin analiz edilmesi, yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerin analiz edilmesi, değerlendirmede

⁹ Tez çalışması kapsamında “yapım süreci” kavramı, ilk yapım ve bakım-onarım süreçlerinde gerçekleştirilen faaliyetleri içeren “yerinde yapım süreci” kavramını ifade edecektir.

kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi, bina yapım süreci çevresel performans değerlendirme modelinin geliştirilmesi, modelin uygulanması ve sonuçların tartışılması aşamalarıdır. Şekil 1.1’de araştırma soruları, veri toplama yöntemleri ve kaynakları ve elde edilen çıktılar kapsamında çalışmanın kurgusu gösterilmektedir.

(A1) Yapım süreci ve Yapım Teknolojilerinin Analiz Edilmesi aşamasında;

- Bina yapım süreci nedir?
- Bina yapım sürecinin aşamaları nelerdir?
- Yapım teknolojisi nedir?

sorularına cevaplar aranmıştır. Nitel veri toplama yöntemi kullanılarak bina yapım sürecinin tanımı ve aşamaları, yapım teknolojisi kavramı ve yapım teknolojisi bileşenleri mevcut literatür aracılığıyla ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu bölümde elde edilen bilgiler, modelin gereklilikleri çerçevesinde yapım teknolojilerine ilişkin yeni bir sınıflandırma sistemi geliştirilmesinde kullanılmıştır.

(A2) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performansın Değerlendirilmesinde Kullanılan Ölçütlerin Analiz Edilmesi aşamasında;

- Çevresel performans nedir?
- Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler nelerdir?

sorularına odaklanılmıştır. İlk olarak, çevresel değerlendirme ve yönetim ile ilgili uluslararası standartlar temel alınarak çevresel performans tanımı yapılmış ve ilgili terminoloji ortaya konmuştur. Daha sonra uluslararası standartlar, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, ulusal mevzuat ve önceki araştırmalar irdelenerek yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler nitel veri toplama yöntemiyle ortaya konmuştur. Bu bölümde çevresel performans değerlendirme ve çevresel yönetim konularına ilişkin elde edilen bilgiler, model kapsamında yapım süreci çevresel performans değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

(A3) Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi aşamasında,

- Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılabilecek yöntemler nelerdir?

- Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemlerin özellikleri nelerdir?
- Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde rol alacak karar vericilerin sahip olması gereken özellikler nelerdir?

soruları ele alınmıştır. Yapısal tasarım ve yapım teknolojisi alternatiflerinin karar vericilerin çevresel performans hedeflerine / önceliklerine göre değerlendirilmesi ve karşılaştırılması esasına dayanan modelin geliştirilmesinde kullanılabilecek yöntemler nitel veri toplama yöntemi kullanılarak mevcut literatür aracılığıyla belirlenmiştir. Daha sonra, bu yöntemlerden çalışmanın amacına ve kapsamına uygun olanlar belirlenerek, temel özellikleri ve matematiksel altyapıları ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Ayrıca, karar vericilerin seçimi konusunda göz önünde bulundurulması gereken temel prensipler tanımlanmıştır.

(A4) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performans Değerlendirme Modelinin Geliştirilmesi aşamasında,

- Model kapsamında nasıl bir yapım teknolojisi sınıflandırması geliştirilmelidir?
- Model kapsamında kullanılacak çevresel performans ölçütleri nelerdir?
- Yapım teknolojisi ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler nelerdir?
- Modelin genel özellikleri nelerdir?
- Modelin uygulama adımları nelerdir?
- Model kimler tarafından kullanılabilir?
- Modelin kullanım olanakları nelerdir?

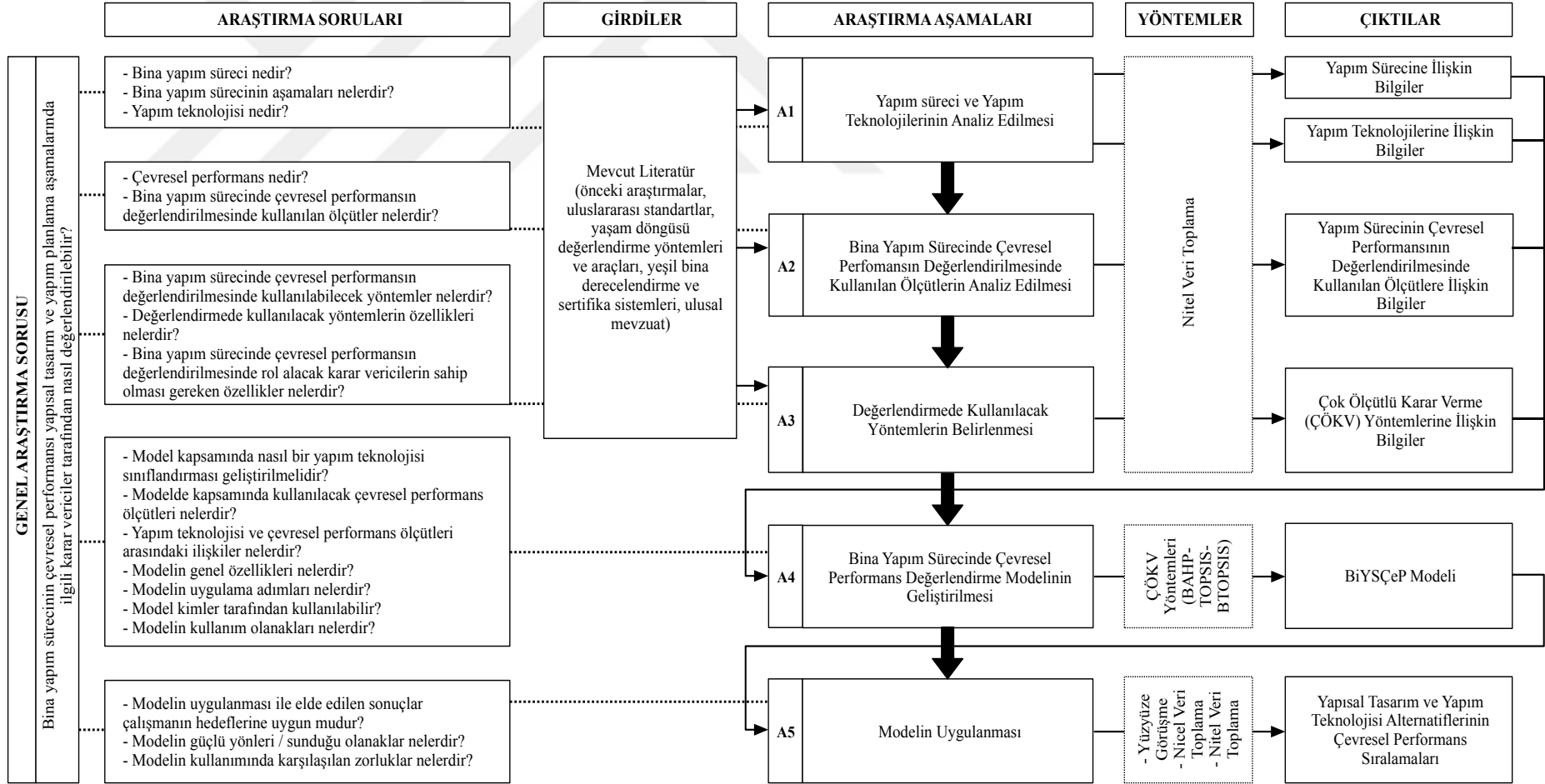
soruları ele alınarak model geliştirilmiştir. (A1) aşamasında elde edilen bilgiler kullanılarak modelin kapsamını oluşturan yapı elemanı sistemleri yerinde yapım sürecini temsil eden Yapım Teknolojisi sınıflandırması ortaya konmuştur. Daha sonra (A2) aşamasında elde edilen bilgiler kullanılarak, model kapsamında kullanılacak Yapım Süreci Çevresel Performans Değerlendirme Ölçütleri belirlenmiştir. Yapım Teknolojisi Bileşenleri ve Çevresel Performans Ölçütleri arasındaki ilişkiler tanımlanarak, modelin geliştirilmesinde kullanılan temel varsayımlar ayrıntılı olarak ortaya konmuş ve BiYSÇeP olarak adlandırılan modelin geliştirilme aşamaları, genel özellikleri, kullanıcıları, uygulama adımları ve kullanım olanakları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

(A5) Modelin Uygulanması aşamasında,

- Modelin uygulanması ile elde edilen sonuçlar çalışmanın hedeflerine uygun mudur?
- Modelin güçlü yönleri / sunduğu olanaklar nelerdir?
- Modelin kullanımında karşılaşılan zorluklar nelerdir?

soruları cevaplanmıştır. Bu amaçla, modelin olası kullanım senaryolarını temsil eden dört uygulama gerçekleştirilerek, modelin kullanımı örneklenmiş ve uygulamalar ile elde edilen sonuçlar yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkileri çerçevesinde yorumlanmıştır.

Tez çalışmasının son bölümünde, araştırma sorularına karşılık elde edilen cevaplar özetlenerek, modelin özgün değeri ve yaygın etkisi tartışılmış; gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalara ve sektörde gerçekleştirilmesi gereken yeniliklere ilişkin öneriler ortaya konmuştur.



Şekil 1.1 : Çalışmanın kurgusu.



2. YAPIM SÜRECİ VE YAPIM TEKNOLOJİLERİ

Binanın fiziksel olarak yaşam döngüsünün başladığı ilk aşama olan yapım süreci, birçok alt aşamadan oluşan ve çok sayıda faaliyetin gerçekleştirildiği bina aşamalarından biridir. Sürecin gerçekleştirilmesi için gerekli olan temel girdileri sağlayan yapım teknolojileri de tasarım alternatiflerine bağlı olarak çok sayıda alternatif sunmaktadır. Çalışmanın “(A1) Yapım süreci ve Yapım Teknolojilerinin Analiz Edilmesi” aşamasını ele alan bu bölümde, çalışmanın temelini oluşturan yapım süreci ve yapım teknolojilerine ilişkin genel bilgiler verilerek, yapım süreci ve yapım teknolojilerinin inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan kodlama ve sınıflandırma sistemlerinde ele alınış şekilleri incelenecektir.

2.1 Yapım Süreci

Yapım süreci, temel olarak bina kurma yöntemi ve inşa etme işi olarak açıklanabilir (Türkçü, 2004). Yeni bir binanın tamamlanması ve yapımına hizmet eden montaj, uygulama ve sökme işlerinden oluşmaktadır (BRE, 2016). Bina yapım süreci, birbirini takip eden ve eş zamanlı gerçekleştirilen çeşitli ana ve alt aşamalardan oluşmaktadır. Riley ve Howard (2002), bina yapım sürecinde yer alan aktiviteleri, eş zamanlı yürütülen işler nedeniyle belirli ve kesin bir düzen içinde sıralamanın mümkün olmadığını, buna rağmen bir konut binası yapım sürecinin genel olarak yapıma hazırlık, bina alt yapısı ve bina üst yapısı olmak üzere üç alt aşamada sınıflandırılabilirliğini öne sürmüşlerdir. İlk aşama olan yapıma hazırlık aşaması yapım alanının seçilmesi, araziye ilişkin analizlerin yapılması, yasal kontrollerin yapılması, altyapının ve hizmetlerin kontrolü ile yapım alanının kullanıma hazırlanması alt aşamalarından oluşmaktadır. İkinci aşama, temeller, toprak altı duvarlar ve zemin kat yapım süreci alt-aşamalarını içeren bina alt yapısı aşamasıdır. Bina üst yapısı olarak tanımlanan üçüncü aşamada dış duvarlar, üst katlar ve merdivenler, iç mekan bölmeleri, çatı, pencere ve kapılar ile iç bitişler yapım aşamaları yer almaktadır (Riley ve Howard, 2002). Seeley (1986), konut binalarının yapım sürecini ve süreçte kullanılan malzeme ve bileşenleri ele aldığı çalışmasında

yapım sürecinde yer alan aşamaları genel olarak yapım alanının hazırlanması, bina projesinin hazırlanması ve çeşitli eleman ve sistemlerin inşası olarak tanımlamıştır. Eleman ve sistemlerin inşası kapsamında temeller, duvarlar, baca ve şömineler, döşemeler, çatılar, pencereler, kapılar, merdivenler ve bitişler, kullanma suyu sistemleri, sağlık donatıları ve drenaj sistemlerinin yapımı ile peyzaj ve çevre düzenlemesi aşamaları ele alınmıştır (Seeley, 1986). Özkan (1976), yapım sistemlerinin seçimi için geliştirdiği ve sınıflandırma / kodlama sistemine dayanan yöntem önerisinde yapım sürecini *İnşaat ve Montaj Süreçleri Fasetası* altında ele almıştır. Buna göre yapım süreci arsada hazırlık, yıkım ve destekleme işleri; kazı, dolgu ve zeminde diğer işler; beton ve diğer karışımlar ile inşaat; doğal ve yapay taş, tuğla ve bloklarla inşaat; ahşap, çelik, diğer metal profilleri, kablolar ve ağlarla inşaat; kalın ve ince levhalarla inşaat; bileşen, eleman ve ünit montajı; katı ve sıvı madde sağlayan ve kullanan sistem inşaatı; gaz ve elektrik sağlayan ve kullanan sistem inşaatı; artık toplama ve atma sistem inşaatı; karo, tuğla, ince levhalar vb. ile bitirme işleri; sarılabilir, yayılabilir ve sürülebilir malzemeler ve parçalarla inşaat; çevre düzenleme ve temizlik alt aşamalarından oluşmaktadır (Özkan, 1976). Royal Institute of British Architects tarafından hazırlanan Çalışma Planı'na göre tüm bina süreci mantıksal aşamalara bölünerek her aşamada gerçekleşmesi gereken işler ve süreçle ilgili tarafların sorumlulukları tanımlanmıştır (RIBA Plan of Work 2013 Overview Document, 2013). Plan, stratejik tanımlama, hazırlık ve yasal belgeler, konsept tasarımı, gelişmiş tasarım, teknik tasarım, yapım, teslim ve kapatma ile kullanım olmak üzere 8 temel aşamadan oluşmaktadır. Yapım sürecinin temel amaçları yapım alanı dışındaki üretim ve yerinde yapım süreçlerinin yapım süreci programlarına uygun olarak gerçekleştirilmesi ve yapım alanındaki tasarımdan kaynaklanan sorunların çözümü olarak tanımlanmıştır. Yapım aşamasında gerçekleştirilmesi gereken işler “değişken görevler” olarak tanımlanarak, seçilen ihale yöntemine göre farklılık gösterebileceği belirtilmiştir (RIBA Plan of Work 2013 Overview Document, 2013).

Mevcut çalışmalarda ve literatürde de tanımlandığı üzere, yapım sürecinin birbirini takip eden ve eş zamanlı gerçekleştirilen çok sayıda iş kaleminden oluşması ve projeye özgü niteliklere sahip olması gibi özellikleri nedeniyle süreç aşamalarının ardışık bir düzen içinde ele alınması mümkün olmamaktadır. Bununla birlikte,

önceki çalışmalara dayanarak, yapım sürecinin beş ana aşamadan oluştuğu söylenebilir:

- Yapım alanının hazırlanması
- Taşıyıcı sistem inşası
- Yapı elemanları inşası
- Servis sistemleri montajı
- Çevre düzenlemesi

Yapım alanının hazırlanması, zemin / toprak türünün tespit edilmesi; mevcut binaların, eklentilerin, bitki örtüsünün ve yüzey toprağının taşınması ve alanın temizlenmesi; yapım alanına ulaşım yollarının planlanması; şantiye binalarının kurulması; malzeme ve ekipman / makine depolama alanlarının hazırlanması; aplikasyon işlerinin yapılması; kazı (hafriyat) işlerinin yapılması; kazılan alanın temizlenmesi ve blokaj uygulaması yapılması; yüzey ve yeraltı sularına karşı drenaj sistemlerinin yerleştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır (Eser, 1977; Green, 1965; Simmons, 2001).

Taşıyıcı sistem inşası, ilk olarak temellerin inşası ile başlamakta; daha sonra seçilen taşıyıcı sistem malzemesi ve türüne göre özelleşen aşamalar ile devam etmektedir (Simmons, 2001; Spence ve Kultermann, 2011). Örneğin, betonarme taşıyıcı sisteme sahip binalarda taşıyıcı sistem inşası temel olarak iksa sisteminin ve kalıpların hazırlanması; donatıların yerleştirilmesi; beton bileşenlerinin hazırlanması, karıştırılması ve elde edilen betonun yapım yerine taşınması; betonun yerine yerleştirilmesi ve sağlamlaştırma / düzenleme işleri; bitişler, kürleme ve koruma aşamalarından oluşmaktadır (Simmons, 2001; Waddell ve Dobrowolski, 1993). Çelik taşıyıcı ve ahşap sistem inşaları, yapım alanına getirilen taşıyıcı sistem bileşenlerinin montaj planına uygun olarak yerine yerleştirilmesi ve montaj işleminin gerçekleştirilmesi temeline dayanmaktadır (Spence ve Kultermann, 2011).

Yapı elemanları inşası, çeşitli yapı malzemelerinin / bileşenlerinin çeşitli yöntemler kullanılarak bir araya getirilmesinden oluşan, mekan tanımlayan / sınırlayan, mekanları bağlayan ve belli bir işlev üstlenerek binayı oluşturan yapısal parçaların yapımını içermektedir (Llewelyn Davies ve Petty, 1960; Türkçü, 2004). Yapı elemanları önceki çalışmalarda çeşitli bakış açıları ile tanımlanmıştır. Riley ve Howard (2002), temeller, toprak altı duvarlar ve zemin kat döşemelerinden oluşan

bina bileşenlerini bina alt-yapısı olarak tanımlarken; dış duvarlar, üst kat döşemeleri ve merdivenler, iç bölme duvarlar, çatı, pencere ve kapılar ile iç bitişleri bina üst-yapısı olarak sınıflandırmışlardır. Llewelyn Davies ve Petty (1960), bir binada yer alan yapısal elemanları ele aldıkları çalışmalarında yapı elemanlarını dış duvarlar, iç duvarlar, çatılar, döşemeler, merdivenler, bacalar ve şömineler, pencereler ve kapılar olarak tanımlamışlardır. Charlett (2007), bir binayı oluşturan malzeme ve bileşenleri ve yapım teknolojilerini ele aldığı çalışmasında yapı elemanlarını dış duvarlar, çatı, döşemeler, iç duvarlar, merdivenler ve asansörler, kapı ve pencereler olarak sınıflandırmıştır. Rich ve Dean (1999), yapı elemanı tasarımı prensiplerini ele aldıkları çalışmalarında elemanları temeller, dış duvarlar, döşemeler, çatılar, iç duvarlar, merdivenler, rampalar, tırabzanlar ve korkuluklar, pencereler ve dış kapılar olarak tanımlamışlardır. Eldem (2009), yapı tekniği ve yapı detaylarını ele aldığı çalışmasında temel yapı elemanlarını temeller, duvarlar, açıklıklar, baca ve kanallar, tonoz ve kubbeler, döşemeler, merdivenler ve çatılar olarak sınıflandırmıştır. Ching ve Adams (2013), yapı inşasını yönlendiren yapı malzemeleri ve inşaat tekniklerini görsel olarak anlatan bir kılavuz olarak tasarladıkları çalışmalarını temel sistemleri, döşeme sistemleri, duvar sistemleri, çatı sistemleri, kapılar ve pencereler, ince işler, mekanik donanım ve elektrik sistemleri başlıkları altında ele almışlardır. Türkçü (2004), çeşitli yapısal çözümleri ele aldığı çalışmasında temel yapı elemanlarını temeller, duvarlar, döşemeler ve çatılar olarak tanımlarken, kapı ve pencereler, bacalar, merdivenler gibi elemanları yardımcı elemanlar olarak tanımlamıştır.

Servis sistemleri montajı, sıcak ve soğuk su sistemleri, atık su sistemleri, sağlık donatıları, ısıtma-soğutma-havalandırma sistemleri, yağmurlama (yangın söndürme) sistemlerinden oluşan mekanik sistemler; enerji, aydınlatma ve iletişim sistemlerini içeren elektrik sistemleri ve yürüyen merdivenler gibi taşıma sistemleri uygulamalarını kapsamaktadır (Green, 1965; Seeley, 1986; Simmons, 2001).

Çevre düzenlemesi, bina inşası tamamlandıktan sonra bina ile doğrudan ilişkili yakın çevresinde gerçekleştirilen işleri kapsamaktadır (Seeley, 1986). Bu işler temel olarak taşıt ve yaya yolları ile dış kapılar, çitler ve yeşil alanların düzenlenmesi işlerini içermektedir (Chudley, 1973; Seeley, 1986).

2.2 Yapım Teknolojileri

Teknoloji, üretim girdileri kümesinin birleşimleri ile tanımlanarak, üretim süreci için gerekli bilgisel ve maddesel bileşenleri organize bir biçimde bir araya getiren girdi-çıktı ilişkisini etkileyen bir ögedir (Utkutuğ, 1981). Yapım sistemi kavramı çerçevesinde teknoloji, girdilerin ara ürünlere, ara ürünlerin ise sonuç ürünlere dönüştürülmesi süreçlerinde uygulanan alt tekniklerin oluşturduğu yapım yöntemleri olarak tanımlanmaktadır (Utkutuğ, 1981). Teknoloji, somut ya da soyut bir ürünün gerçekleştirilmesi için kullanılan bilgi, yöntem (süreç, eylem, teknik vb.) ve araçlar (malzeme, ekipman, makine, iş gücü vb.) olarak tanımlanmaktadır (Edis, 2006). Bina denilen somut ürünün gerçekleştirilmesi için kullanılan yapım teknolojileri ise sürecin gerçekleştirilmesi için gerekli bilgi, bina üretiminde kullanılan teknikler, gerçekleştirilen eylemler ve izlenen süreçleri kapsayan yöntemler, süreçte kullanılan malzeme, ekipman, makine ve iş gücü bileşenlerini içeren araçların oluşturduğu kapsamlı bir ilişkiler ağını ifade etmektedir. Bu bileşenler üretim yani bina yapım sürecinin girdilerini oluşturmaktadır.

2.2.1 Bilgi

Bilgi, ihtiyaca ve bakış açısına göre değişen, çok sayıda forma ve anlama sahiptir (Floridi, 2010). *Bilgi (Knowledge)*, çoğunlukla *Enformasyon (Information)* ve *Veri (Data)* kavramlarını kapsayıcı bir şekilde kullanılsa da, bu kavramlar arasında aşağıda açıklanan bazı farklılıklar bulunmaktadır (Sun ve Howard, 2004):

- *Veri*, olguların, ölçümlerin ve istatistiklerin toplamıdır. Bulundukları zamanla tutarlı ve doğrulanmış veriler, enformasyona dönüşmektedir.
- *Enformasyon*, doğrulanmış ve zamana uygun halde bulunan düzenlenmiş ve işlenmiş veridir.
- *Bilgi*, bağlamsal, konuyla ilişkili ve işlenebilir enformasyondur. En kısa sürede elde edilebilen ve en faydalı kaynaktır. Enformasyondan farkı, deneyime dayanan ve bunu yansıtan güçlü bir altyapıya sahip olmasıdır.

Bunlara ek olarak deneyime dayanan *Anlayış (Intelligence)* da bir bilgi kaynağı olarak yapım sürecinde önemli bir yere sahiptir (Kanoğlu, 2010).

Yapım süreci söz konusu olduğunda, yapım teknolojilerine, rakiplere, maliyete, yapım faaliyetlerinin süresine, malzemelere ve sektörde yaratılmış olan etkiye ilişkin

bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Kanoğlu, 2010). Yapım sürecinde rol alan paydaşların, farklı düzeylerde bilgiye ihtiyacı vardır. Yapım sürecinin başlıca paydaşlarından biri olan yükleniciler satın alma, ihale / teklif verme, sözleşme, yapım planlama, yapım ve sözleşmenin kapatılması aşamalarında bilgiye ihtiyaç duyarlar. Yapım planlama aşamasında yapımda görevlendirilecek ekipler ve onların performansı, yapım faaliyetlerinin süresi vb. bilgilere; yapım aşamasında ise yapım sürecinin ilerleyişi, süreçte karşılaşılan problemler ve çözüm önerilerine ilişkin bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Kanoğlu, 2010). Gerekli olan bu bilgilere ulaşılabilen bazı bilgi kaynakları bina yasa ve yönetmelikleri, uluslararası, bölgesel ve ulusal standartlar, ürün değerlendirme ve onama belgeleri / raporları, çeşitli araştırma raporları, kitaplar / kitapçıklar, süreli yayınlar, kataloglar, standart şartnameler, bina üretim projesi organizasyonlarının tamamlanmış işleri ve standart dokümanlar olarak sıralanabilir (Edis, 2006). Yapı sektörünün paydaşları arasında doğru ve hızlı iletişimin sağlanabilmesi için, bina yapım sürecinin her aşamasında gerekli olan bilgi, ulusal ve uluslararası düzeylerde tasarlanmış çeşitli sınıflandırma sistemleri ile ele alınmıştır. Bu sınıflandırma sistemleri Bölüm 2.3'te ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

2.2.2 Araçlar

Malzeme, ekipman, makine ve işgücü kapsamında ele alınan araçlar, sonuç ürün olan binanın elde edilmesi için gerçekleştirilen yapım sürecinin başlıca girdileri olarak tanımlanabilir. Malzemelerin, çeşitli düzeylerde ve uzmanlık alanlarında iş gücü tarafından, ekipman ve makineler kullanılarak bir araya getirilmesi ile bina yapım süreci gerçekleştirilir ve somut bir ürün olarak bina elde edilir.

2.2.2.1 Malzeme

Yapı malzemeleri, bir araya gelerek binayı oluşturan taşıyıcı sistem ile yapı elemanlarının üretiminde kullanılan, atmosferik ve mekanik etmenlere, mekandaki işlevlere ve kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak çok çeşitli özelliklere sahip olabilen, kendi özellikleri oranında insan yaşamı için gerekli fiziksel ortamı sağlayan doğal veya yapay ürünlerdir (Eriç, 1994; Toydemir ve diğ., 2000; Türkçü, 2004). Kesin bir biçimi olmayan, yapım alanında şekillendirilerek hazırlanan malzemeler biçimlendirilmemiş yapı malzemeleri olarak adlandırılırken; üretim sırasında belli bir

şekil kazanmış ve yapım alanına şekillendirilmiş olarak ulaştırılan malzemeler biçimlendirilmiş yapı malzemeleri veya yapı bileşenleri olarak adlandırılmaktadır (Türkçü, 2004). Yapı elemanları taşıyıcılık ve denge, sızdırmazlık (yağmur, kar, rüzgar, güneş, toz, kirlilik vb. etmenlere karşı), dayanıklılık (durabilite), ısı performans (ısı kayıplarına, ısı kazançlarına ve yoğunlaşmaya karşı), hareket (ısı hareket, neme bağlı hareket, kimyasal olaylar, don etkisi vb.), nem ve ses kesicilik, yangına dayanım, doğal aydınlatma / havalandırma, güvenlik ve görünüş gibi çevresel etmenleri ve kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak özelliklere sahip yapı malzemeleri kullanılarak oluşturulmalıdır (Rich ve Dean, 1999). Yapı malzemelerini temel olarak üretim yöntemlerine ve kökenlerine göre sınıflandırmak mümkündür (Eriç, 1994). Üretim yöntemlerine göre doğal ve yapay malzemeler olarak sınıflandırılırken; kökenlerine göre doğal taş (mermer, granit vb.), agrega, bağlayıcı (alçı, kireç, çimento), suni taş (harç, beton, özel beton), pişmiş toprak (tuğla, kiremit, fayans, seramik, gre karo porselen vb.), cam, metal, ahşap, bitüm ve katran esaslı, plastik ve boya (boya badana, vernik ve cila) yapı malzemeleri olarak sınıflandırılmaktadır (Eriç, 1994). Yapı malzemeleri çevresel etmenlere ve kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak kendilerinden beklenen performans gerekliliklerini karşılama özelliklerine göre temel olarak ısı tutucu malzemeler, ses yalıtım malzemeleri, yapısal bağlantı malzemeleri, duvar çekirdeği malzemeleri, iç ve dış duvar kaplamaları, döşeme altlıkları ve kaplamaları, tavan ve asma tavan malzemeleri olarak isimlendirilmektedir (Toydemir ve diğ, 2000). Bunlara ek olarak kapı ve pencere doğramaları ve panelleri de yapı elemanı üretiminde kullanılan malzemelerdir. Yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin bir araya getirilmesi için kullanılan malzemelere bağlantı malzemeleri adı verilmektedir. Bağlantı malzemeleri temel olarak yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri ve hazır bağlantı malzemeleri olarak sınıflandırılmaktadır (Toydemir ve diğ, 2000). Yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri, birbirine bağlanacak iki bitmiş elemanı ya da malzemeyi belirli bir plastik kıvamdan geçerek ve daha sonra sertleşerek birbirine bağlayan harç, tutkal, lehim ve kaynak gibi malzemelerdir (Toydemir ve diğ, 2000). Hazır bağlantı malzemeleri, önceden belirli standartlara göre üretilmiş değişik çapta ve boylarda ve değişik kullanım olanakları veren cıvata, bulon, perçin, vida ve çivi gibi malzemelerdir (Toydemir ve diğ, 2000).

2.2.2.2 Ekipman

Ekipman, bir işin yapılmasında kullanılan herhangi bir makine, alet, tesis ve tesisat olarak tanımlanmaktadır (İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 2013). Ekipmanlar kendinden hareketli veya bir başka araç vasıtasıyla hareket edebilen (forklift, transpalet vb.), yük kaldırmada kullanılan (vinç vb.), kılavuzsuz (askıda iken serbest olan) yükleri kaldırmakta kullanılan ve yüksekte yapılan geçici işlerde kullanılan ekipmanlar (el merdiveni, iskele, halat vb.) olarak sınıflandırılmaktadır (İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 2013). Coşkun (2013), yapım sürecinde kullanılan ekipmanları kas gücü (kol gücü) ve enerji kaynağı ile çalışan aletler ve iş makinaları olarak sınıflandırmıştır. Çekiç, çırpı ipi, falçata, fırça, keski, keser, kerpeten, tornavida, pense, mengene, mala, fayans tıraşı, ıspatula, zımpara, fırça, rulo, elek, kürek, çelik metre, gönye, mastar, su terazisi, şakul gibi araçlar kol gücü ile çalışan aletlerdir. Enerji ile çalışan aletler, el mikseri, matkaplar ve vidalama makineleri, diş açma makinesi, mikserler, kırıcı ve deliciler, lehim tabancası, kaynak makinesi vb. olarak sıralanabilir. Hafriyat makineleri, sıkıştırma makineleri, kırma / eleme / yıkama araç ve tesisleri, beton hazırlık ve uygulama makineleri, kaldırma makineleri ve diğer makineler temel iş makineleridir (Coşkun, 2013). Chudley ve Greeno (1999), yapım sürecinde kullanılan ekipmanları, düşük enerjili ekipmanlar, hafriyat ekipmanları, taşıma ekipmanları, beton mikserleri ve pompaları ve iskeleler olarak sınıflandırmışlardır. Elektrikli el aletleri; basınçlı havayla çalışan araçlar, kartuşlu çekiçler, vibratörler, perdah makineleri, pompalar ve silindirler düşük enerjili ekipmanlar olarak tanımlanmıştır. Buldozerler, kazıyıcılar, düzleyiciler, traktörlü kazıcılar, kazı makineleri, kepçeler, halatlı kazıcılar ve hendek açma makineleri hafriyat ekipmanları olarak ele alınmıştır. Kamyonlar, kamyonetler, damperli kamyonlar, kaldıraçlar (forklift), asansörler, konveyörler, yukarı kaldırma makaraları ve vinçler taşıma ekipmanlarıdır. Beton mikserleri, çimento depoları ve beton pompaları beton mikserleri ve pompaları ekipmanlarının bileşenleri olarak tanımlanmıştır (Chudley ve Greeno, 1999).

2.2.2.3 İşgücü

İşgücü, başkasının hesabına vücut kuvvetini veya el uzluğunu kullanarak ücretle çalışan kimsedir (Hasol, 2005). Yapının herhangi bir dalında, özellikle toprak

işlerinde çalışan ve yeri erbap işçi ile çırak arasında olan işçi düz / niteliksiz / vasıfsız işçi; düz işçi ile usta yardımcısı arasında yer alan işçi ise erbap işçi olarak tanımlanmaktadır (Hasol, 2005). Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası (İNTES), Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK) ile imzalamış olduğu protokol çerçevesinde inşaat sektöründe öncelikle talep gören 29 meslek için standart hazırlama çalışmalarını başlatmıştır (Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, b.t.). İNTES Meslek Standartları ve Ulusal Yeterlilikler Çalışmaları kapsamında inşaat sektöründe görev alan işgücü, iş makinesi operatörleri (kazıcı yükleyici grubu: ekskavator, dozer ve greyder operatörü; kaldırma-taşıma-nakliye grubu: kule vinç ve mobil vinç operatörü; beton makineleri grubu: beton santral ve beton pompa operatörü; delici grubu: delme makinesi operatörü; agrega hazırlama grubu: kırma eleme tesisi operatörü; asfalt ve yol makineleri grubu: asfalt üretim tesisi, serme düzeltme makinesi, silindir, asfalt beton kazıma, distribütör ve konkasör operatörü ile iş makinesi bakım ve onarımcısı); montaj grubu (endüstriyel boru montajcısı ile yapısal ve endüstriyel çelik konstrüksiyoncusu); kaynak grubu (ark kaynakcısı) ve kalıp-demir-beton grubu olarak sınıflandırılmıştır. Bunlara ek olarak daha özelleşmiş iş gücü alanları ahşap kalıpcı, betonarme demircisi, inşaat boyacısı, tünel kalıpcı, sıvacı, panel kalıpcı, betoncu, duvarcı, iş sağlığı ve güvenliği elemanı, seramik karo kaplamacısı, ısı yalıtımcısı, ses yalıtımcısı, su yalıtımcısı, yangın yalıtımcısı, iskele kurulum elemanı, alçı levha uygulayıcısı ve alçı sıva uygulayıcısı olarak tanımlanmıştır (Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, b.t.). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatlarına göre işçilikler hiyerarşi ve uzmanlaşma ölçütlerine göre sınıflandırılmıştır (Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi, 2014). Çizelge 1.1’de hiyerarşiye göre işçilikler gösterilirken; Çizelge 1.2’de uzmanlaşma alanına göre işçilikler gösterilmektedir (Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi, 2014).

Çizelge 1.1 : Hiyerarşiye göre işçilik tanımları.

Poz No.	Poz Tanımı	Poz No.	Poz Tanımı
01.409	Formen	01.507	Birinci Sınıf Usta
01.501	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	01.507/1	Birinci Sınıf Usta Yardımcısı
01.502	Erbap İşçi	01.508	İkinci Sınıf Usta
01.503	Çırak	01.508/1	İkinci Sınıf Usta Yardımcısı
01.504	Çavuş		

Çizelge 1.2 : Uzmanlaşma alanına göre işçilik tanımları.

Poz No.	Poz Tanımı	Poz No.	Poz Tanımı
01.001	Taşçı Ustası	01.027	Tornacı Ustası
01.002	Karo Kaplama Ustası	01.028	Muşambacı Ustası
01.003	Fayans Kaplama Ustası	01.029	Cilacı Ustası
01.004	Seramik Kaplama Ustası	01.030	Büvazör (İksa İşleri Yapar)
01.005	Mermer Kaplama Ustası	01.031	Bakırcı Ustası
01.006	Mermer Yonucu Ustası	01.032	Alüminyum Ustası
01.007	Mozaikçi Ustası	01.033	Alçı Levha Ustası
01.008	Doğramacı Ustası	01.034	Alçı Blok Ustası
01.009	Marangoz Ustası	01.206	Alçı Levha Usta Yardımcısı
01.010	Yalıtımcı Ustası	01.207	Mozaikçi Usta Yardımcısı
01.011	Lağımçı (Ateşleme) Ustası	01.208	Alçı Blok Usta Yardımcısı
01.012	Sıvacı Ustası	01.209	Marangoz Usta Yardımcısı
01.013	Duvarcı Ustası	01.210	Yalıtımcı Usta Yardımcısı
01.014	Kaldırımçı Ustası	01.211	Alçı İşleri Usta Yardımcısı
01.015	Betoncu Ustası	01.212	Sıvacı Usta Yardımcısı
01.016	Kiremitçi Ustası	01.213	Duvarcı Usta Yardımcısı
01.017	Dülger Ustası	01.218	Sıcak Demirci Usta Yardımcısı
01.018	Sıcak Demirci Ustası	01.219	Soğuk Demirci Usta Yardımcısı
01.019	Soğuk Demirci Ustası	01.220	Cilacı Usta Yardımcısı
01.020	Alçı İşleri Ustası	01.221	Borucu Usta Yardımcısı
01.021	Kaynakçı Ustası	01.222	Borucu Ustası
01.022	Camcı Ustası	01.505	Tenekeci Usta Yardımcısı
01.023	Boyacı Ustası	01.518	Elektrik Ustası
01.024	Badanacı Ustası	01.519	Tesisat Ustası
01.025	Döşemeci Ustası	01.520	Elektrik Usta Yardımcısı
01.026	Tenekeci Ustası	01.521	Tesisat Usta Yardımcısı

2.2.3 Yöntemler

Süreç, malzemeden ürüne geçiş arasındaki aşamadır (Chandler, 1987). Bina kurma yöntemi ve inşa etme işi olarak açıklanan yapım süreci ise yapı olarak adlandırılan sonuç ürünün ortaya çıkması için uygulanan ve yararlanılan yöntemleri, eylemleri ve süreçleri kapsamaktadır (Türkçü, 2004). Bu yöntemler malzeme ve bileşenlerin bir

araya getirilişinde kullanılan teknikleri ve çeşitli süreç aşamaları takip edilerek gerçekleştirilen eylemleri ifade etmektedir.

Yapım teknikleri temel olarak *kuru ve ıslak birleşimler* olarak ele alınmaktadır (Wachsmann, 1961). Islak birleşimlerde yapı yerinde hazırlanan sıva vb. malzemeler kullanılırken, kuru birleşimlerde vida, cıvata gibi mekanik birleşim sağlayan bitmiş bağlantı malzemeleri kullanılmaktadır (Wachsmann, 1961). Coşkun (2013), yerinde yapım tekniklerini yerinde biçim oluşturan malzeme ve sistemlerin uygulanması ile önceden biçim verilmiş malzeme ve sistemlerin uygulanması olmak üzere iki grup altında incelemiştir. Yerinde biçim oluşturan malzeme ve sistemlerin uygulanması sıvı / kıvamlı malzemeler kullanılarak, yüzeye püskürtme, yüzeye sürme ya da kalıp içine dökme eylemleri ile gerçekleştirilen uygulamaları kapsamaktadır. Önceden biçim verilmiş malzeme ve sistemlerin uygulanması katı malzemeler kullanılarak, yüzeye serbest serme, yüzeye serbest dökme, iki eleman arasına dökme / doldurma, bağlantı malzemeleri ile birleştirme eylemleri ile gerçekleştirilen uygulamaları kapsamaktadır. Önceden biçim verilmiş malzeme ve sistemler yerinde birleşim, hazır bağlantı parçaları ile birleşim ve geçme sistemi ile birleşim yöntemleri ile uygulanmaktadır. Harç, tutkal, kenetleme, lehim, kaynak ve şalümo alevi ile birleşim yerinde birleşim yöntemleridir. Tel, çivi, vida, cıvata / somun, perçin, kenet, zımba, plaka çivi ve kama kullanılarak gerçekleştirilen birleşimler hazır bağlantı parçaları ile birleşim yöntemleridir. Lamba-zıvanalı, kinişli, çıralı kinişli, kavelalı ve kırlangıç tekniği ile birleşimler ise yaygın olarak kullanılan geçme birleşim yöntemleridir (Coşkun, 2013). Wachsmann (1961), yapımda gerçekleştirilen bu eylemleri genel olarak çıkarma, ekleme ve şekil verme olarak sınıflandırmıştır. Çıkarma işlemi kesme, delme vb. işlemler ile malzemelerin bir kısmının malzemedan ayrılmasını, ekleme işlemi yapısal veya mekanik süreçlerle malzemelerin birleştirilmesini, şekil verme işlemi ise plastik biçimleme ve döküm süreçleri ile malzeme biçiminin değiştirilmesini ifade etmektedir (Wachsmann, 1961).

2.3 Kodlama ve Sınıflandırma Sistemlerinde Yapım Teknolojileri

Yapı üretimi ile ilgili belgelerin sıralanması, düzenlenmesi ve bilgi iletişimde kullanılması amacı ile ulusal ve uluslararası kullanım alanına sahip çeşitli kodlama ve sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir (Özkan, 1976). Lou ve Goulding (2008), sınıflandırma sistemlerini genel olarak uluslararası-birleşik, uluslararası-ülkeye özgü

ve ÷lkeye özgü sınıflandırma sistemleri olarak gruplandırmıştır. Bu sistemler hiyerarşik / sistematik bir yapıya sahip olabildiğı gibi bölümlerden (facet / faseta) de oluşabilmektedir (Lou ve Goulding, 2008). Bu bölümde ÷lkelere özgü uluslararası sınıflandırma sistemlerinden yaygın olarak bilinen SfB (İsveç), CI / SfB (Birleşik Krallık), Uniclass (Birleşik Krallık), MasterFormat (Kuzey Amerika) ve OmniClass (Kuzey Amerika) sınıflandırma sistemleri ile kodlama sistemleri esas alınarak geliştirilmiş diğler kodlama sistemleri yapım teknolojilerini ele alışıları açısından analiz edilmiştir.

SfB (Samarbetskommitten för Byggnadfragor / Mülkiyet Sorunları için İşbirliğı Komitesi) sistemi, 1946-1950 yılları arasında, İsveç İnşaat Konuları için Ortak Çalışma Komitesi tarafından, bina sektöründe malzeme tedarikçileri, tasarım ve yapım süreçleri arasındaki iletişimi sağlama amacı ile geliştirilen ilk genel sınıflandırma sistemidir (Lou ve Goulding, 2008). Sfb sınıflandırma sisteminin çekirdeğini yapının işlevsel elemanları, bu elemanlarla yapının gerçekleştirilmesi ve kullanılan / tüketilen kaynaklar oluşturmaktadır (Özkan, 1976). Elemanlar Tablosu temel olarak (1) zemin alt strüktürü, (2) strüktür, (3) tamamlama, (4) bitirme, (5) servisler ve (7) donatılar alt gruplarından oluşmaktadır. İnşaatlar Tablosu (A) ön hazırlık, (B) yıkım ve destekleme işleri, (E) yerinde döküm işleri, (I) tüp ve borularla işler, (K) kalın tabakalama ve yalıtım işleri, (S) sert karo işleri, (T) esnek örtü işleri gibi alt bölümlerden oluşmaktadır (Özkan, 1976). Malzemeler ve Diğler Kaynaklar Tablosu, (a) yönetim, (b) alet ve makinalar, (c) işçilik, (e/o) biçimlendirilmiş malzemeler, (p/s) biçimi olmayan malzemeler, (t/v) fonksiyonel malzemeler, (v) boyalar, (w) bağılı malzemeler ve (x) bileşenler başlıkları altında sınıflandırılmıştır (Özkan, 1976).

CI/SfB (The Construction Industry Classification System), uluslararası SfB sisteminin İngiliz Mimarlar Kraliyet Enstitüsü (Royal Institute of British Architects / RIBA) tarafından geliştirilerek 1969 yılında kullanıma sunulmuş ve 1976 yılında güncellenerek son halini almış Birleşik Krallık sürümüdür (Jørgensen, 2011; Lou ve Goulding, 2008; Ray-Jones ve McCann, 1971). Sistem ağırlıklı olarak tasarımcılar tarafından ve ürün katalogları için kullanılmaktadır (Lou ve Goulding, 2008). CI / SfB sistemi temel olarak (Tablo 0) proje türü, (Tablo 1) eleman ya da bölüm, (Tablo 2) yapı formu, (Tablo 3) malzeme, (Tablo 4) işlemler / faaliyetler, iş aşaması, iş bölümü, proje bölümü ve süreç kategorilerinden oluşmaktadır (Ray-Jones ve

McCann, 1971). Elemanlar Tablosu (Tablo 1) alt yapı, üst yapı (birincil elemanlar: duvarlar, döşemeler vb., ikincil elemanlar: kapı ve pencere açıklıkları ile kapı ve pencereler vb., bitişler: duvar bitişleri vb.), servisler (başlıca borulu sistemler: ısıtma, sıcak su vb., başlıca kablolu elektrik sistemleri: güç, aydınlatma vb.) ve donatılar (sabit ve sabit olmayan donatılar) alt gruplarını içermektedir. İşçilik bilgilerini de içeren Yapı Formu Tablosu (Tablo 2) ön hazırlık, yıkımlar, kazı işleri, şekilsiz ve temel malzemeler, yerinde döküm, tuğlalar / bloklar, büyük birimler, profiller / kesitler / çubuklar, borular, kablolar, örtüler, folyolar / kağıtlar, katlanır / rijit / esnek levhalar, karolar ve kalın / ince kaplamalar alt gruplarından oluşmaktadır. Malzeme Tablosu (Tablo 3) yönetim, yardımcılar / geçici işler / tesisler, işçiler, eylemler / faaliyetler, biçimlendirilmiş malzemeler, biçimlendirilmemiş malzemeler, bağlantı malzemeleri ve koruyucu malzemeler, boyalar ve kimyasallar, tesisler ve genel malzemeler gruplarından oluşmaktadır (Ray-Jones ve McCann, 1971).

Uniclass (Unified Classification for the Construction Industry) ISO sınıflandırma standardı temel alınarak ve CI / SfB ile karşılaştırmalar sonucu geliştirilmiş, ürün tabanlı bir sistemdir (Lou ve Goulding, 2008). Uniclass sınıflandırma sistemi, daha ayırt edilebilir bölümler içerme ve inşaat mühendisliği işleri ile ilgili bilgileri sınıflandırma özelliklerine sahiptir (Lou ve Goulding, 2008). Mimarlar ve inşaat mühendislerinin yanı sıra süreç mühendisliği işlerini de kapsamaktadır (Gelder, 2011). Sistem CI / SfB gibi hiyerarşik değil, bölümlerden oluşan bir yapıya sahiptir (Lou ve Goulding, 2008). Uniclass temel olarak, (Tablo A) bilginin türü, (Tablo B) konu disiplini / alanı, (Tablo C) yönetim, (Tablo D) olanaklar, (Tablo E) inşaat kuruluşları, (Tablo F) mekanlar, (Tablo G) elemanlar: binalar, (Tablo H) elemanlar: inşaat mühendisliği işleri, (Tablo J) iş bölümleri: binalar, (Tablo K) iş bölümleri: inşaat mühendisliği işleri, (Tablo L) yapı ürünleri, (Tablo M) yapım yardımcıları, (Tablo N) özellikler ve karakteristikler, (Tablo P) malzemeler, (Tablo Q) evrensel ondalık sınıflandırma ve (Tablo Z) bilgisayar destekli teknik çizim tablolarından oluşmaktadır (Gelder, 2011).

MasterFormat sınıflandırma sistemi, yapım ihaleleri ve sözleşme gereksinimlerinin, şartnamelerin, çizim notlarının, maliyet verilerinin ve bina faaliyetlerinin düzenlenmesi için geliştirilmiş ve gruplar, alt-gruplar ve bölümlerden oluşan hiyerarşik yapıya sahip bir sınıflandırma sistemidir (Lou ve Goulding, 2008). Sistem tasarım disiplinlerini, marka yetkilerini ve ürün sınıflandırmalarını içermediği için,

gelişen malzeme ve teknolojiler karşısında güncellemelere gereksinim duyulmaktadır (Lou ve Goulding, 2008). MasterFormat 2004 güncellemesi sonrasında ihale ve sözleşme gereksinimleri grubu, şartnameler grubu, genel gereksinimler alt-grubu, yapım alt-grubu, servisler alt-grubu, arazi ve altyapı alt-grubu ve süreç ekipmanları alt-grubundan oluşmakta ve bu gruplar ve alt-gruplar toplamda 16'sı gelecek güncellemeler için revize edilmiş olan 49 bölüm içermektedir (MasterFormat - 2004 Edition Numbers and Titles, 2004). Yapım Alt-Grubu mevcut koşullar, beton, yığma, metaller, ahşaplar-plastikler-kompozitler, ısı ve nemden koruma, açıklıklar, bitişler, uzmanlıklar, ekipmanlar, mobilyalar, özel yapımlar ve taşıma ekipmanları bölümlerinden oluşmaktadır. Servisler Alt-Grubu yangın söndürme, su tesisatı, ısıtma-doğal havalandırma-koşullu havalandırma, bütünleşik otomasyon, elektrik sistemleri, iletişim sistemleri ve elektronik güvenlik bölümlerinden oluşmaktadır. Arazi ve Altyapı Alt-Grubu kazı işleri, dış düzenlemeler / geliştirmeler, şehir şebekeleri, ulaşım ve kanal yapımı bölümlerinden oluşmaktadır. Süreç Ekipmanları Alt-Grubu süreç entegrasyonu, malzeme işleme ve taşıma ekipmanı, süreç ısıtma-soğutma-kurutma ekipmanı, süreç gaz ve sıvı taşıma-arıtma ve depolama ekipmanı, kirlilik kontrol ekipmanı, sektöre özgü üretim ekipmanı ve elektrik enerjisi üretimi bölümlerinden oluşmaktadır (MasterFormat - 2004 Edition Numbers and Titles, 2004).

Özkan (1976), yapım sistemlerinin seçimi için geliştirdiği yöntem önerisinde, seçimde yer alan öğeleri ve bunlarla ilgili değişkenleri yapı üretim sisteminin değişik yüzleri / fasetaları / bölümleri olarak ele alarak fasetalı bir sınıflandırma sistemi geliştirmiştir. Bu sistem yönetim, çevresel etmenler, kullanıcı gereksinimleri, hedefler, zorunluluklar, tasarım sistemi ilişkileri, yapım sistemi değişkenleri, araçlar, işçilik, malzeme, imalat süreci, parçalar, bileşenler, elemanlar, ünitler, inşaat-montaj süreci, strüktürel alt-sistem, temel elemanlar alt sistemi, servisler alt sistemi, yapı bölüm ve alt-bölümleri, yapı ve seçeneklerden beklenen özellikler fasetalarından oluşmaktadır (Özkan, 1976). Araçlar Fasetası (Ia) iş araçları-genel-, (b) kazıcı, düzeltici ve yükleyiciler, (c) kırıcı ve sıkıştırıcılar, (d) ayırıcı ve süzücü araçlar, (e) taşıma araçları, (f) kaldırıcı ve yükseltici araçlar, (h) üretim araçları -genel-, (i) karıştırıcı araçlar, (j) biçimlendirici araçlar, (k) biçim değiştirici ve vurucu araçlar, (l) birleştirici araçlar, (m) düzeltici, inceltici ve silici araçlar, (o) yardımcı araçlar -genel-, (p) araştırma, gözleme ve sınaama araçları, (r) hesaplama ve kayıt yapma

araçları, (s) ölçme araçları, (t) koruma araçları, (u) destekleyici ve yardımcı araçlar ve (v) güç ve kaynak sağlama araçları alt bölümlerinden oluşmaktadır. İşçilik Fasetası (Ja) işçilik -genel-, (i) iş araçları operatörleri, (j) üretim araçları operatörleri, (k) toprak işçilikleri, (m) imalat işçilikleri -genellikle biçimlendirme ve çıkartma işleri-, (n) imalat işçilikleri -genellikle birleştirme işçilikleri-, (o) inşaat ve montaj işçilikleri, (r) servislere özel işçilik, (s) kaplama işçilikleri -yaş-, (t) kaplama işçiliği -kuru- ve (u) bitirme işçilikleri alt bölümlerinden oluşmaktadır. Malzeme Fasetası (Ka) genel, (b) doğal taş, (c) çimento, (d) kireç, (e) alçı, (f) kil, (g) demir, çelik, (h) diğer metaller, (i) silikatlar, (k) ahşap, (l) doğal lifler, (m) yapay lifler, (n) sentetikler, (o) alaşımlar, (p) karışımlar, (r) agregalar ve dolgular, (s) bağlayıcılar, (t) birleştiriciler, (u) koruyucular, (v) boyalar ve (y) bağlı malzemeler alt bölümlerinden oluşmaktadır. İmalat Süreci Fasetası (La) genel -imalat süreçleri-, (b) kimyasal süreçler, (c) biçimlendirme -genel-, (d) biçim değiştirme, (e) plastik biçimlendirme, (g) çıkartma -genel-, (h) ayırma, (i) düzeltme-inceltme, (j) delme, oyarak çıkartma, (l) ekleme -genel-, (n) ek parça kullanarak ekleme -mekanik-, (o) fiziksel ve kimyasal olarak değişen ek parçalarla ekleme, (r) ön birleşim -parça, bileşen ve elemanlar arasında birleşim-, (s) birleşim ve (y) taşıma, depolama alt bölümlerinden oluşmaktadır. Parçalar Fasetası (Ma) genel -parçalar-, (b) bloklar, tuğlalar, (c) profiller, (e) borular, tüpler, (f) büzler, (h) kablolar, (i) ağlar, (k/l) kalın plak ve örtüler, (m/n) ince plak ve örtüler, (p) sarılabilir ince örtüler, (r/s) karolar ve (y) birleştirici parçalar alt bölümlerinden oluşmaktadır. Elemanlar Fasetası (Oa) genel, (b) temeller, (c) zemin döşemesi, (d) dış duvarlar, (e) çatı elemanları (f) iskelet sistem elemanları, (g) kabuk elemanları (i) mekan bölücüler -iç duvarlar-, (j) döşemeler, (k) merdivenler, (m) katı maddeleri sağlayan ve kullanan servis elemanları (n) sıvı maddeleri sağlayan ve kullanan servis elemanları, (o) gazlı maddeleri sağlayan ve kullanan servis elemanları, (p) elektrik maddeleri sağlayan ve kullanan servis elemanları, (r) artık toplama ve atma sistem sistemleri, (s) çevresel etmenler kontrol sistemi elemanları, (t) taşıyıcı servisleri elemanları, (v) donatı elemanları ve (y) arsa elemanları alt bölümlerinden oluşmaktadır. Bileşenler Fasetası elemanlar fasetasında yer alan alt-bölümlerin bileşenler kapsamında ele alındığı fasetadır. Temel Elemanlar Alt Sistemi Fasetası (a) genel -temel elemanlar-, (b) dış kabuk -alt / yatay / zeminle ilişki-, (c) dış kabuk -düşey / atmosferle ilişki-, (d) dış kabuk -eğimli-, (e) dış kabuk -yatay-, (g) iç bölme -düşey-, (h) iç bölme -eğimli-,

(i) iç bölme -yatay-, (k) düşey bağlantı ve (m) donatı -durağan- alt bölümlerinden oluşmaktadır (Özkan, 1976).

2.4 Bölüm Sonucu

Bu bölümde, ilk olarak yapım süreci ve yapım sürecinin aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra, yapım teknolojisi kavramı açıklanarak, yapım teknolojisi bileşenleri olan bilgi, yöntemler ve araçlar farklı çalışmalarda ele alındıkları şekliyle ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Son olarak, tasarım ve yapım süreçlerinde farklı paydaşlar arasında bilgi paylaşımını kolaylaştırmak üzere geliştirilmiş olan çeşitli sınıflandırma sistemlerinde yapım teknolojisi bileşenlerinin ele alınış şekilleri incelenmiştir.

Yapım sürecinin projeye özgün olması ile süreçte birbirini takip eden ve eş-zamanlı olarak gerçekleştirilen işlerden oluşması, sürecin ardışık bir düzen içerisinde tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte sürecin, bina inşası için yapım alanının hazırlanması, taşıyıcı sistemin inşası, yapı elemanlarının inşası, servis sistemlerinin inşası ve yapı çevresinin düzenlenmesi temel aşamalarından oluştuğu söylenebilir. Yapım alanının hazırlanması ve taşıyıcı sistem inşası aşamaları birbirini takip eden yapım süreci alt aşamalarıyken, yapı elemanları ve servis sistemleri inşası alt aşamaları eş zamanlı olarak gerçekleştirilen birçok faaliyeti içermektedir.

Yapım teknolojileri, bina inşasının her aşamasında kullanılan bilgi, yöntem ve araçlar girdileri olarak tanımlanmaktadır. Yapım teknolojisi bileşenleri hem literatürdeki çalışmalarda hem de yapı üretimi ile ilgili belgelerin sıralanması, düzenlenmesi ve bilgi iletişimde kullanılması amacı ile geliştirilen kodlama ve sınıflandırma sistemlerinde farklı bakış açıları ile ele alınmıştır. Bu çalışmaların ve sistemlerin geliştirildiği ülkelerin inşaat yapma kültüründeki farklılıklar, zamanın inşaat ve malzeme teknolojisi vb. etmenler bu farklılıkların ortaya çıkmasında etkili olmuştur.

Bu bölümde, yapım süreci ve yapım teknolojilerine ilişkin elde edilen bilgiler, tez çalışmasının temel amacı olan yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi için geliştirilecek model kapsamında yapım teknolojilerinin tekrar ele alınmasına ve modelin gereklilikleri çerçevesinde yeni bir sınıflandırma sistemi geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

3. ÇEVRESEL PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Özellikle doksanlı yılların başında başlayan farkındalık ile inşaat sektörünün çevresel etkilerinin azaltılması için önemli değişikliklerin yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Haapio ve Viitaniemi, 2008). Böylece, binaların çevresel etkilerinin azaltılması konusunda, çevresel performansın anlamlı ve uygulanabilir ölçütler aracılığıyla ölçülmesi sorunu ile karşı karşıya kalınmıştır (Crawley ve Aho, 1999). İnşaat sektöründeki farklı paydaşların değişen ilgi ve gereksinimleri, “bina performansı” kavramının tanımlanmasını zorlaştırmakta (Haapio ve Viitaniemi, 2008); ancak tasarım, yapım ve yönetim süreçlerinin hizmetler ve üretim süreçleri olarak ve binanın bir ürün olarak ele alındığı çevresel etki değerlendirmesi bu konuda önemli bir çözüm olarak ortaya konmaktadır (Crawley ve Aho, 1999). Bu amaçla, ilk olarak çeşitli değerlendirme metotları geliştirilmiş; “International Organization for Standardization (ISO)” tarafından binaların çevresel değerlendirmesi için gereksinimleri belirleyen standartlar tanımlanmıştır (Haapio ve Viitaniemi, 2008).

Yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilebilmesi, sürecin çevresel etkilerinin, değerlendirmede kullanılacak ölçütlerin ve bu ikisi arasındaki ilişkilerin ayrıntılı olarak tanımlanmasını ve analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu ölçütlerin tanımlanabilmesi için, çalışmanın “(A2) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performansın Değerlendirilmesinde Kullanılan Ölçütlerin Analiz Edilmesi” aşamasını oluşturan bu bölümde ilk olarak çevresel değerlendirmeye ilişkin terminoloji ortaya konmuştur. Daha sonra çevresel değerlendirme ve yönetim ile ilgili uluslararası standartlar, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, ulusal mevzuat ve önceki araştırmalar ele alınan çevresel ölçütler kapsamında analiz edilmiştir.

3.1 Çevresel Değerlendirme Terminolojisi

Performans, planlanan kullanım koşullarında gerekli olan fonksiyonları yerine getirme ya da kullanım sırasında ortaya çıkan davranışlardır (ISO 15392, 2008).

Çevre, bir işletmenin faaliyet gösterdiği ve hava, su, toprak, doğal kaynaklar, bitki ve hayvan türleri ile insanların ve bunlar arasındaki karşılıklı ilişkilerin dahil olduğu ortamdır (BS EN ISO 14031, 2013). *Çevresel performans*, çevresel etkiler ve çevresel koşullar ile ilişkili olarak ortaya konan performans (ISO 15392, 2008) ve bir işletmenin çevresel koşullarının yönetiminin ölçülebilir sonuçları (BS EN ISO 14001, 2004) olarak tanımlanmaktadır. *Çevresel etki*, çevresel koşullar dolayısıyla çevre üzerinde kısmen ya da tamamen oluşan olumsuz ve faydalı etkilerdir (ISO 15392, 2008). *Çevresel koşul*, çevre üzerinde değişikliğe sebep olan, yaşam döngüsü ile ilişkili yapım işleri, bu işlerin bir bölümü, süreçler ya da hizmetler (ISO/TR 21932, 2013); bir işletmenin çevre ile etkileşim halinde olan faaliyetleri, ürünleri ya da hizmetlerinin bir bölümüdür (BS EN ISO 14001, 2004). *Gösterge*, nitel, nicel ya da tanımlayıcı ölçektir (ISO 15392, 2008). *Çevresel gösterge*, bir çevresel etki ile ilişkili sürdürülebilirlik göstergesi (ISO/TS 21929-1, 2006) ve bir işletmenin çevresel performansı hakkında bilgi sağlayan; faaliyetlerin, yönetimin ya da koşulların mevcut durumunun ölçülebilir temsili (BS EN ISO 14031, 2013) olarak tanımlanmaktadır. *Çevresel performans göstergesi*, bir işletmenin çevresel performansı hakkında bilgi sağlayan belirli bir ifadedir (ISO/TS 21929-1, 2006).

Bu açıklamalardan da görülebileceği üzere; bir işletmenin, sürecin ya da ürünün çevresel performansının değerlendirilebilmesi için ilgili çevresel yüklerin / etkilerin ve çevresel göstergelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bir çevresel gösterge, bir çevresel koşulu yüklere ya da etkilere dayanarak açıklamaktadır. Kaynakların kullanımı, atık üretimi, koku, gürültü ile havaya, suya ve toprağa emisyonlar olarak tanımlanan bu yükler, çevresel etkiler ile ilişkilidir ve çevresel etki kategorileri ile ifade edilmektedir (ISO/TS 21929-1, 2006).

3.2 Uluslararası Standartlar

Binalarda çevresel değerlendirme üzerine ortaya konan uluslararası standartlar, *binalarda sürdürülebilirlik ve çevresel yönetim* olmak üzere iki temel konu üzerine odaklanmıştır. *Binalarda sürdürülebilirlik* ile ilgili standartlar *yöntem bilimsel temeller*, *binalar* ve *bina ürünleri* ile ilişkili açıklamalar içermektedir.

Yöntem bilimsel temeller, çevresel, ekonomik ve sosyal koşulların her birine ilişkin açıklamalar içeren, aşağıda sıralanan standartlar tarafından ele alınmaktadır:

- “ISO15392: Sustainability in building construction”
- “ISO/TR 21932: Buildings and constructed assets-Sustainability in building construction”
- “ISO/TS 21929-1: Sustainability in building construction-Sustainability indicators-Part 1: Framework for development of indicators for buildings”

ISO 15392, binalar ve diğer yapım işleri ile ilişkili genel sürdürülebilirlik prensiplerini ele alırken; bu prensipler, yapım işlerinin bina ve inşaat mühendisliği ile ilişkili olan sürdürülebilirlik konularını ve yönlerini ele almayı amaçlayan standartlar paketinin temelini oluşturmaktadır (ISO 15392, 2008). *ISO/TR 21932*, binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik konuları ile ilgili kavramlar için tutarlı bir terminolojinin tanımlanması amacı ile hazırlanmıştır (ISO/TR 21932, 2013). *ISO/TS 21929-1*, binalarda sürdürülebilirlik göstergelerinin geliştirilmesi ve seçilmesi için bir kılavuz sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Binalar için tanımlanan sürdürülebilirlik göstergeleri, sürdürülebilir yapım için gerekli olan performansın minimum çevresel etki ile elde edilmesi temel çıkış noktası ile geliştirilmiştir (ISO/TS 21929-1, 2006). Standartta çevresel koşullar, çevresel yükler ve bunların sonucu olan çevresel göstergeler örnekler aracılığıyla açıklanmıştır. Aşağıda bu örneklerden biri gösterilmektedir (ISO/TS 21929-1, 2006):

- Bir binanın toplam CO₂ emisyonu, bir binaya ilişkin bir *çevresel koşulun çevresel yükler* aracılığıyla ifade edilmesine örnek teşkil etmektedir.
- Toplam CO₂ emisyonunun iklim değişimi üzerindeki etkisi, bir *çevresel koşulun çevresel etkiler* aracılığıyla ifade edilmesine örnek teşkil etmektedir.
- Bir binadan toplu taşıma hizmetlerine olan uzaklık, binanın ve bina konumunun trafikle ilişkili çevresel yükler üzerindeki etkisini ifade eden *çevresel gösterge* olarak tanımlanmaktadır.
- Bina konumunun toplu taşıma hizmetlerine kolay ulaşım imkanı gözetilerek seçilmesi ile trafik kaynaklı çevresel etkilerin ve emisyonların azaltılması, çevresel yükler ve etkilerin miktarı üzerinde belirleyici olabilecek bina ve bina çevresi ile ilişkili *çevresel koşullara* örnek teşkil etmektedir.

Binalar, çevresel koşullara ilişkin açıklamalar içeren aşağıdaki standart tarafından ele alınmaktadır:

- “ISO 21931-1: Sustainability in building construction-Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works-Part 1: Buildings”

ISO 21931-1, yeni ve mevcut binaların ve ilişkili yapım alanı işlerinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak prensipleri ve değerlendirme çerçevesini olası çevresel etkiler kapsamında açıklamaktadır. Binaların çevresel performansının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yöntemlerde göz önünde bulundurulması önerilen çevresel etkiler ve çevresel koşullar, genel / küresel / bölgeler arası ve yerel ölçekte tanımlanmış; yapım süreci için nakliye ve yapım aşaması kapsamında ele alınmıştır (Çizelge 3.1). Bir binanın çevresel performansı üzerinde sadece binanın kalitesinin etkili olmadığı; yapım, proje teslim, kullanım ve bakım süreçlerinin yönetiminin etkilerinin de göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanarak, bu kapsamda ele alınması gereken konular, atık üretimi ve atıkların bertaraf edilmesi; malzemelerin yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanımı; kirletici emisyonlar; su kullanımı; atık suyun arıtılması; binalarda kullanılan ürünlerin onarımı, korunması ve değiştirilmesi; biyolojik çeşitliliği desteklemek için arazi koşullarının korunması ve iyileştirilmesi; çevresel acil durum yönetimi olarak tanımlanmıştır. Bunlara ek olarak, binaların çevresel performansının değerlendirilmesinde iç ve dış çevre ile ilişkili gürültü, koku vb. çeşitli sosyal koşulların da değerlendirmeye dahil edilmesi gerektiği belirtilmiştir (ISO 21931-1, 2010).

Bina ürünleri, çevresel ürün beyanı (Environmental Product Declaration / EPD) için gerekli olan prensipleri ve gereksinimleri açıklayan “BS ISO 21930: Sustainability in building construction-Environmental declaration of building products” tarafından ele alınmıştır (BS ISO 21930, 2007). 2012 yılında BS ISO 21930 yürürlükten kaldırılmış; yerini “BS EN 15804: Sustainability of construction Works-Environmental product declarations-Core rules for the product category of construction products” standardı almıştır (BS EN 15804, 2012). Bu standartlarda diğerlerine ek olarak, insan sağlığı üzerindeki riskler ve tehlikeler ele alınması gereken çevresel konular olarak belirtilmiştir.

Bunlara ek olarak, Şubat 2016’da yorumlara açılan “ISO/DIS 21930: Sustainability in buildings and civil engineering works-Environmental declaration of building products” standardının taslak metninde, bir bina ürününün çevresel ürün beyanı

alabilmesi için, yapım yerine nakliye ve yerinde yapım sürecine ilişkin sunulması gereken teknik bilgiler tanımlanmıştır. Buna göre, nakliye türü, taşıma aracının türü, taşıma mesafesi ve taşıma aracının kullandığı enerji türü ve miktarının tanımlanması gerekmektedir. Ürünün yerinde yapım sürecine ilişkin aşamaların, uygulamada kullanılacak yardımcı malzemelerin türü ve miktarının, birim uygulamada karşılaşılan malzeme kayıplarının, uygulamada kullanılan enerji ve su türünün ve bunların sayısal olarak miktarlarının, havaya, suya ve toprağa emisyonların, geri kazanım senaryolarında ele alınan atık değerlendirme süreçlerini de içeren uygulama sürecinin çıktılarının tanımlanması gerekmektedir (ISO/DIS 21930, 2016).

Çizelge 3.1 : ISO 21931-1’de yapım süreci ile ilişkili olarak tanımlanan çevresel etkiler ve çevresel koşullar (ISO 21931-1, 2010).

	Çevresel Etkiler	Çevresel Koşullar
Genel / Küresel / Bölgeler Arası	a. İklim değişimi (Z)	a. Kaynakların kullanımı (Z)
	b. Stratosferik ozon tabakasının incilmesi (Z)	i. Yenilenemeyen birincil enerji kaynaklarının kullanımı (Z)
	c. Toprak ve su kaynaklarının asitleşmesi (ZB)	ii. Yenilenemeyen malzeme kaynaklarının kullanımı (Z)
	d. Ötrofikasyon (sudaki azot ve fosfatın artması) (ZB)	iii. Yenilenebilir malzeme kaynaklarının kullanımı (Z)
	e. Troposferik ozon oluşumu (fotokimyasal oksidanlar) (ZB)	iv. Yenilenebilir birincil enerji kaynaklarının kullanımı (Z)
Yerel		v. İçme suyu tüketimi (Z)
		b. Atık üretimi ve atıkların bertaraf edilmesi için ayrıştırılması (Z)
		i. Tehlikeli atıklar (Z)
		ii. Tehlikeli olmayan atıklar (Z)
	a. Biyolojik çeşitlilik ve ekoloji (bitki ve hayvan türleri) üzerindeki yerel etkiler (Z)*	a. Yüzey ve yeraltı suları üzerindeki riskler ve emisyonlar (Z)*
		b. Toprak üzerindeki riskler ve emisyonlar (Z)*

Z: Nakliye ve yapım süreci aşamalarının her ikisi için zorunlu

ZB: Nakliye ve yapım süreci aşamalarının her ikisi için, bilgi elde edilebildiği durumlarda zorunlu

Z*: Sadece yapım süreci için zorunlu

Çevresel yönetim, aşağıda tanımlanan standartlar tarafından ele alınmıştır:

- “BS EN ISO 14001: Environmental management systems-Requirements with guidance for use”
- “BS EN ISO 14031: Environmental management-Environmental performance evaluation-Guidelines”

BS EN ISO 14001, bir işletmenin yerel gereksinimleri ve belirli çevresel etkiler hakkında bilgiyi dikkate alarak politikasını ve amaçlarını belirlemesi ve uygulamasına olanak sağlayacak çevresel yönetim sistemi için gereksinimleri tanımlamaktadır. Bir işletmenin ürünleri, hizmetleri, yeni ya da değiştirilen faaliyetleri, planlanan ya da yeni ortaya konan oluşumları ile ilişkili, istenen ve istenmeyen, mevcut ya da geçmişle bağlantılı tüm girdi ve çıktılara bağlı olarak çevresel koşullarını tanımlaması gerekmektedir. Bu faaliyetler, ürünler ve hizmetlerle ilişkili, tasarım ve geliştirme, üretim süreçleri, paketleme ve nakliye, yüklenicilerin ve tedarikçilerin çevresel performansı ve uygulamaları, atık yönetimi, hammaddelerin ve doğal kaynakların çıkarılması ve dağıtımı, ürünlerin dağıtımı ve kullanımı ile yaşam sonu, vahşi yaşam ve biyolojik çeşitlilik gibi konular, çevresel koşulların belirlenmesinde göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda, bir çevresel yönetim sisteminde öncelik verilmesi gereken başlıca çevresel koşullar havaya, suya ve toprağa emisyonlar, hammadde ve doğal kaynakların kullanımı, enerji kullanımı, enerji yayımı (sıcaklık, radyasyon, titreşim vb.), atıklar ve yan ürünler, fiziksel nitelikler (boyut, biçim, renk, görünüş vb.) olarak tanımlanmıştır (BS EN ISO 14001, 2004).

BS EN ISO 14031, bir işletmenin anahtar performans göstergelerini kullanarak ve güvenilir ve doğrulanabilir bilgiye dayanarak çevresel performansının ölçülmesi, değerlendirilmesi ve beyan edilmesine olanak sağlayan, çevresel performans değerlendirme (Environmental Performance Evaluation / EPE) adı verilen süreci ortaya koymaktadır. İşletmenin çevresel performansını etkileyen yönetim işleri hakkında bilgi sağlayan yönetim performans göstergeleri ve işletmenin faaliyetlerinin çevresel performansı hakkında bilgi sağlayan işletim performans göstergeleri olmak üzere iki tür gösterge tanımlanmıştır. İşletim performans göstergeleri işletmenin girdileri, iş süreçleri, sahip olduğu ekipman ve diğer olanaklar ile çıktıların tanımlanması ile belirlenmektedir. Bu göstergelerin malzemeler, enerji ve işletmenin hizmetlerini destekleyen servisler, fiziksel olanaklar ve ekipman, tedarik ve teslimat, ürünler, işletme tarafından sağlanan hizmetler, atık ve emisyonlar konuları çerçevesinde tanımlanması önerilmiştir (BS EN ISO 14031, 2013).

3.3 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemleri ve Araçları

Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD / LCA-Life Cycle Assessment-LCA), “BS EN ISO 14040: Environmental management-Life Cycle Assessment-Principles and framework” ve “BS EN ISO 14044: Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines” standartlarında tanımlanan, bir ürün sisteminin tüm yaşam döngüsü boyunca sahip olduğu girdilere, çıktılarına ve sebep olduğu potansiyel çevresel etkilere ilişkin verilerin derlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir (BS EN ISO 14040, 2006; BS EN ISO 14044, 2006). YDD yöntemi temel olarak amaç ve kapsam tanımı, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorumlama aşamalarından oluşmaktadır (BS EN ISO 14040, 2006). Bu standartlar temel alınarak bina ürünü, bina bileşeni ve tüm bina düzeyi ile genel amaçlar için değerlendirme yapmak üzere geliştirilmiş YDD araçlarında, envanter analizi için çeşitli veri tabanları ve etki değerlendirmesi için geliştirilmiş çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Bayer ve diğ, 2010). Bu yöntemler, çevresel etki kategorileri kapsamında çevresel etki değerlendirmesi yapmaktadır. Çizelge 3.2’de bina bileşeni ve bina düzeyinde değerlendirme yapmak üzere geliştirilmiş ve yapım sürecine ilişkin değerlendirme yapan araçlar, ve bu araçlarda ele alınan çevresel etki kategorilerine ilişkin bilgiler verilmektedir (Bayer ve diğ, 2010).

YDD araçlarında çevresel etki değerlendirmesi yapmak üzere kullanılan yöntemler, bu çevresel kategorileri orta nokta ve son nokta olmak üzere iki düzeyde ele almakta; bazı yöntemler her iki düzeyde, bazıları sadece son nokta düzeyinde değerlendirme yapmaktadır (European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 2010). Çizelge 3.3’te yaygın olarak kullanılan Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme (YDED) yöntemlerinde ele alınan orta ve son nokta (zarar) kategorileri gösterilmektedir (Goedkoop ve diğ, 2013; Humbert ve diğ, 2002; Eco-indicator 99 Manual for Designers, 2000).

3.4 Yeşil Bina Derecelendirme ve Sertifika Sistemleri

Yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri; binaları arazi seçimi, tasarım, yapım, kullanım, bakım, yenileme ve yıkım olarak tanımlanan tüm yaşam döngüsü aşamaları ile bir bütün olarak ele alan, ve belirli çevresel amaçlara ve gereksinimlere göreli düzeylerde uygunluğu ya da bunlara bağlı performansı derecelendiren ya da

ödüllendiren sistemlerdir (Vierra, 2014). Bu sistemler arasında en gelişmiş kabul edilen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) ve LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) çok sayıda binanın değerlendirilmesinde kullanılmış en önemli iki sistemdir (Erten, 2011).

Çizelge 3.2 : YDD araçlarında ele alınan çevresel etki kategorileri.

Araç	Yaşam Döngüsü Kapsamı	Çevresel Etki Kategorileri
ATHENA Impact Estimator	Yerinde Yapım (Enerji Kullanımı + İlgili Emisyonlar)	Asitleştirme Potansiyeli, Küresel Isınma Potansiyeli, İnsan Sağlığı Solunum Etkileri Potansiyeli, Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli, Hava Kirliliği Potansiyeli, Suda Ötrofikasyon Potansiyeli, Toplam Fosil Enerji
ATHENA EcoCalculator	Bileşenlerin Yerinde Yapımı	Küresel Isınma Potansiyeli, Birincil Gömülü Enerji, Hava Kirliliği, Su Kirliliği, Ağırlıklandırılmış Kaynak Kullanımı
Eco-Quantum	Yapım	Sera Gazı Etkisi, Ekolojik Zehirlilik, İnsan Zehirliliği
EQUER	Yapım	İnorganik Kaynakların Tüketimi, Birincil Enerji Tüketimi, Su Tüketimi, Asitleştirme, Ötrofikasyon, Küresel Isınma, Radyoaktif Olmayan Atık, Radyoaktif Atık, Koku, Suda Zehirlilik, İnsanda Zehirlilik, Fotokimyasal Kirletici
Envest	Yapım	İklim Değişimi, Fosil Yakıt Tüketimi, Ozon Tabakası İncelmesi, Nakliye, Havada İnsan Zehirliliği, Suda İnsan Zehirliliği, Atık Bertaraf, Su Çıkarımı, Asit Birikimi, Ekolojik Zehirlilik, Ötrofikasyon, Yaz Hava Kirliliği, Mineral Çıkarımı
LCAid	Yapım	Yaşam Döngüsü Sera Gazı Emisyonları, Yaşam Döngüsü Gömülü Enerji, Ozon Tabakası İncelmesi, Nitratlaşma, Ağır Metaller, Asitleştirme, Yaz / Kış Hava Kirliliği, Kanserojenler, Katı Atıklar, Su Tüketimi, Birincil Fosiller
LISA	- Yapım Alanındaki Faaliyetler - Yapım	Kaynak Enerji Kullanımı, Sera Gazı Emisyonları, Asılı Parçacıklı Madde, Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşen, Su Tüketimi, Azot ve Kükürt Emisyonu

İlk sürdürülebilirlik derecelendirme sistemi olan BREEAM; bina tasarım, yapım ve kullanım aşamalarına odaklanarak yapıyı çevreyi değerlendirmek üzere ilk olarak Birleşik Krallık inşaat sektörü için Bina Araştırma Kurumu (Building Research Establishment / BRE) tarafından geliştirilmiş; daha sonra, uluslararası düzeyde kullanılmak üzere uyarlanmış çeşitli versiyonlar ortaya konmuştur.

Çizelge 3.3 : Başlıca çevresel etki değerlendirme yöntemlerinde kullanılan son nokta (zarar) ve orta nokta kategorileri.

YDED Yöntemi	Son Nokta (Zarar) Kategorisi	Orta Nokta Kategorileri
IMPACT 2002+	İnsan Sağlığı	İnsanda Zehirlilik, Solunum Yolu Etkileri, İyonlaşmış Radyasyon, Ozon Tabakası İncelmesi, Fotokimyasal Kirleticisi, Su Türbinleri, Su Çekilmesi, Su Tüketimi
	Ekosistem Kalitesi	Ozon Tabakası İncelmesi, Fotokimyasal Kirleticisi, Suda Zehirlilik, Karada Zehirlilik, Suda Asitleşme, Karada Asitleşme, Arazi Kullanımı, Su Türbinleri, Su Çekilmesi, Su Tüketimi
	İklim Değişimi	Küresel Isınma
	Kaynaklar	Yenilenemeyen Enerji, Mineral Çıkarımı
Eco-indicator 99	Kaynaklara Zarar	Mineral Kaynakların Tüketilmesi, Fosil Kaynakların Tüketilmesi
	Ekosistemlere Zarar	Arazi Kullanımı, Arazi Geri Kazanımı, Asitleşme, Ötrofikasyon, Kirlilik
	İnsan Sağlığına Zarar	Kanserojenler, İklim Değişimi, İyonlaşmış Radyasyon, Ozon Tabakası İncelmesi, Solunum Yolu Etkileri
ReCiPe 2008	İnsan Sağlığına Zarar	Ozon Tabakası İncelmesi, İnsanda Zehirlilik, İyonlaşmış Radyasyon, Fotokimyasal Kirleticisi, Parçacıklı Madde Oluşumu, İklim Değişimi
	Ekosistem Çeşitliliğine Zarar	İklim Değişimi, Karada Zehirlilik, Karada Asitleşme, Tarım Arazisi Kullanımı, Kent Arazisi Kullanımı, Doğal Arazinin Dönüşümü, Suda Kirlilik, Suda Ötrofikasyon, İçme Suyunda Ötrofikasyon, İçme Suyunda Kirlilik
	Kaynak Ulaşılabilirliğine Zarar	Fosil Yakıt Tüketimi, Mineral Kaynak Tüketimi, Su Tüketimi

BREEAM temel olarak *Yönetim, Sağlık ve Refah, Enerji, Ulaşım, Su, Malzemeler, Atık, Arazi Kullanımı ve Ekoloji, Kirlilik ve İnovasyon* kategorilerinde değerlendirme yapmaktadır. Her kategoride çeşitli konular ele alınmış; bunlara ilişkin ön koşullar ile puan alınabilecek konuları içeren değerlendirme ölçütleri tanımlanmıştır. Yapım süreci, Yönetim kategorisi altında ele alınan “*Sorumlu Yapım Uygulamaları (Responsible construction practices)*” alt kategorisinde değerlendirilmektedir. Bu ölçüt için tanımlanan *ön koşullar* aşağıda sıralanmaktadır (BRE, 2016):

1. Yasal olarak hasat ve tedarik edilmiş ahşap kullanımı
2. Ulusal sağlık ve güvenlik mevzuatının dikkate alınması ve uygulanması
 - 2.a Sağlık ve güvenlik risklerini azaltmak için mevcut durumun tasarımı

2.b. İlgili tüm paydaşlardan sağlık ve güvenlik ile ilişkili bilgilerin elde edilmesi için yapım öncesi iş planlarının hazırlanması

2.c. Sağlık ve güvenlik önlemlerinin uygulanması için şantiyenin planlanması

2.d. Şantiye sahasında çalışanlara ilişkin sağlık ve güvenlik bilgilerinin yönetimi, izlenmesi ve rapor edilmesi için gerekli yapının sağlanması

“Sorumlu Yapım Uygulamaları” alt kategorisinde tanımlanan *puan alınabilecek konular* aşağıda açıklanmaktadır (BRE, 2016):

1. Çevresel yönetim

1.a. Yüklenicinin, başlıca faaliyetlerini içeren ve ISO 14001¹⁰ ya da eşdeğer bir standartla tasdik edilmiş bir çevresel yönetim sistemi kullanması

1.b. Şantiyede kirliliğin önlenmesi prensiplerinin ve süreçlerinin uygulanması ve proje ekibinin bunlar hakkında bilgilendirilmesi

2. Sürdürülebilirlik destekleyicisi (yapım)

2.a. İlgili sürdürülebilirlik performansı ve süreci ölçütlerine ve BREAM hedeflerine uygunluğun sağlanması üzere yapım ve teslim süreçlerinde projeyi izlemesi için bir sürdürülebilirlik destekleyicisi (sustainability champion)¹¹ görevlendirilmesi ve bu kişinin düzenli olarak yapılan izlemeleri raporlaması

2.b. Yüklenici sözleşmesinde BREEAM performans hedeflerine ilişkin gereksinimlere yer verilmesi

2.c. BREEAM ile ilişkili performans hedefinin başarıldığının değerlendirici tarafından yapım sonrası raporlarında açıklanması

3. Sorumlu yapım

3.a. Konutlar için, tüm iş aşamalarında aşağıda tanımlanan sorumlu yapım

¹⁰ “ISO 14001: Environmental management systems - Requirements with guidance for use”, çevrenin korunması ve değişen çevresel koşullara sosyo-ekonomik gereksinimlerle dengeli bir şekilde karşılık verebilmek için işletmelere bir sistem sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Temel olarak, bir organizasyonun çevresel yönetim sistemi için ortaya konan hedef çıktılara ulaşması için gerekli olan gereksinimleri tanımlamaktadır (BS EN ISO 14001, 2015).

¹¹ Sürdürülebilirlik destekleyicisi (sustainability champion), tasarım ekibine uygun ve etkili hedefler ortaya konması, planlama, önceliklendirme ve izleme için BREEAM ile ilişkili önerilerde bulunmak üzere eğitilmiş ve yetkilendirilmiş kişilerdir. Bu konu için puanlama yapılması ile proje için hedeflenen sürdürülebilirlik hedeflerinin ortaya konması, bu hedefler üzerinde fikir birliğine varılması ve hedeflere ulaşılabilmesi için BREEAM’ın bir çerçeve olarak kullanıldığı bütünsel tasarım ve yapım süreçlerinin teşvik edilmesi amaçlanmıştır (BRE, 2016).

uygulamalarının uygulanması ve sürdürülmesi

3.a.i Şantiyenin temiz ve düzenli tutulması

3.a.ii Komşuların katılımı ile toplum üzerindeki etkilerin azaltılması

3.a.iii Güvenlik konusunda sürekli gelişme

3.a.iv Tüm çalışanlara iyi muamele ve saygı konusunda taahhüt verilmesi

3.a.v Çalışanlar ve ziyaretçiler için uygun şantiye tesislerinin hazırlanması

3.b. Diğer bina türleri için, yüklenicinin kontrol listesinde tanımlanan konulardan talep edilen kadarını yerine getirmesi ve yüklenicinin performansının bağımsız bir değerlendirme ve doğrulama aracılığıyla teyit edilmesi

4. Şantiye etkilerinin izlenmesi

4.a. Tüm yerinde yapım süreçlerinden kaynaklanan enerji kullanımı, su tüketimi ve ulaşım ile ilgili bilgilerin izlenmesi, kayıt altına alınması ve rapor edilmesi için bir sorumlu atanması

4.b. Enerji tüketimi

4.b.i Şantiyede kullanılan iş makineleri ve ekipmanları ile şantiye binalarından kaynaklı enerji tüketiminin izlenmesi ve kWh biriminden, fosil yakıt tüketimi halinde lt biriminden kayıt altına alınması

4.b.ii Yapım süreçlerinden kaynaklanan toplan karbon emisyonlarının kg CO₂/proje değeri biriminden raporlanması

4.c. Su tüketimi

4.c.i Yüklenicinin ve alt yüklenicilerin iş makineleri ve ekipmanları ile şantiye binalarından kaynaklı içilebilir su tüketiminin izlenmesi ve m³ biriminden kayıt altına alınması

4.c.ii Kayıt altına alınan bilgiye dayanarak, toplam tüketimden geri dönüştürülmüş su tüketiminin çıkarılması ile toplam net su tüketim miktarının m³ biriminden raporlanması

4.d. Yapı malzemelerinin ve atıkların nakliyesi

4.d.i Başlıca yapı malzemelerinin, geçici depolama ve dağıtım ile ilgili nakliye işlerini de içerecek şekilde, fabrikadan yapım alanına nakliyesi ile

yapım atıklarının yapım alanından atık bertaraf ya da geri dönüşüm tesisine nakliyesinden kaynaklanan taşıma işlerinin ve etkilerin izlenmesi ve kayıt altına alınması

4.d.ii Malzemeler ve atıklar için ayrı ayrı olmak üzere, toplam nakliye işlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarının kgCO_2eq biriminden raporlanması

5. Örnek gösterilmeye uygunluk ölçütü-İnovasyon

5.a. Yüklenicinin kurumsal, yerel ya da ulusal sorumlu yapım planlarına ilişkin gereklilikleri yerine getirmede başarılı olması ve bu performansın bağımsız bir değerlendirme ve doğrulama aracılığıyla onaylanması.

“Sorumlu yapım” altında tanımlanan yüklenicilerin yerine getirmesi beklenen, yapım işleri sırasında hava ve su kirliliğini azaltıcı önlemlere ilişkin kontrol listesi Çizelge 3.4’te gösterilmektedir.

Amerikan Yeşil Bina Konseyi (The United States Green Building Council / USGBC) tarafından geliştirilmiş LEED Yeşil Bina Derecelendirme Sistemi, yaşam döngüsü anlayışı ile binalar için bütüncül çevresel performans değerlendirmesi yaparak; tasarım, yapım ve kullanım aşamalarında yeşil binaya ulaşmak için bir standart ortaya koymaktadır (USGBC, 2014). LEED temel olarak *Sürdürülebilir Alanlar, Su Etkinliği, Enerji ve Atmosfer, Malzemeler ve Kaynaklar* ile *İç Hava Kalitesi* çevresel kategorilerinde değerlendirme yapmaktadır.

Bu kategorilerde ele alınmayan sürdürülebilir bina tasarımında yetkinlik ve tasarım ölçütlerini ele alan *Tasarımda İnovasyon* ve en iyi çevresel tasarım ve yapım uygulamalarına ilişkin kararların verilmesine katkı sağlayan yerel koşulların önemine vurgu yapan *Bölgesel Öncelik* konularını da değerlendirmeye dahil etmektedir. BREEAM’da olduğu gibi, LEED de ön koşullar ile puan alınabilecek konular kapsamında değerlendirme yapmaktadır (USGBC, 2014). BREEAM’dan farklı olarak LEED’de yapım süreci için tanımlanmış özel bir alt kategori bulunmamakla birlikte Sürdürülebilir Alanlar, Malzemeler ve Kaynaklar ile İç Hava Kalitesi kategorilerinde yapım süreci ile ilişkili çeşitli ön koşullar ve puan alınabilecek konular yer almaktadır. Bu ön koşullar ve konular ile bunlarla ilişkili amaçlar, gereksinimler ile potansiyel teknolojiler ve stratejiler Çizelge 3.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 : Yapım işleri sırasında hava ve su kirliliğini azaltıcı önlemler (BRE, 2016).

Konular	Eylemler
Gürültü ve titreşim	Amaç: Yerel halk üzerindeki gürültü ve titreşim etkisini azaltmak
A	En çok gürültüye sebep olacak işlerin halk üzerinde en az etkiye sebep olacak zamanlarda gerçekleştirilmek üzere planlanması
B	Gürültü kontrol cihazlarının kullanılması
C	Patlama işleri için gürültü bariyerleri ve yön değiştiricilerin kullanılması
D	Yerleşim birimleri içinde nakliye işlerinin yapılmaması ya da azaltılması
Hava kalitesi	Amaç: Şantiye içinde ve yerel halk üzerinde toz ve hava kirliliğinin önlenmesi
A	Malzemelerden kaynaklı tozun ve nemin örtüler, depolar, kontrol cihazları vb. aracılığıyla azaltılması
B	Su püskürtme cihazları kullanarak taşıtlardan kaynaklı tozun azaltılması
C	Şantiye içinde malzemelerin yanmasının önlenmesi
Yüzey suyu akışı yönetimi	Amaç: Yerde yapım işlerinden kaynaklı su kirliliğinin önlenmesi
A	Riskli alanları vurgulayan drenaj planlarının hazırlanması
B	Şiddetli yağışlar göz önüne bulundurularak iş planlarının hazırlanması
C	Eğimlerin uzunluğu ve dikliğinin azaltılması
D	Açık ve eğimli alanların ve dik eğimli kanalların malçlanması
E	Arazinin tekrar bitkilendirilmesi
F	Göletler, silt çitleri ya da su arıtımı kullanımı ile çökelti akışının azaltılması ya da önlenmesi
G	Temiz su akışının katı içeriğe sahip suyla karışmasının önlenmesi için ayrılması ve yön değiştirilmesi
H	Sızmaların azaltılması ve kontrolü için yeterli drenaj sistemi sağlanması
I	Kirliliğe sebep olabilecek aktivitelerin nehirler, sondajlar ve diğer su kaynaklarından uzakta gerçekleştirilmesi
Tehlikeli malzemeler	Amaç: Tehlikeli malzemelerin yerel su kaynaklarını kirliletmesinin önlenmesi
A	Fosil yakıt tankları ve diğer akışkan malzemelere ait depolar için tali güvenlik bariyerlerinin sağlanması
B	Yakıtların ve diğer kimyasalların doğru bir şekilde taşınması, kullanımı ve dökülme anında müdahale konularında çalışanların eğitilmesi
C	Yakıt ikmali için geçirimsiz yüzeylere sahip alanların kullanılması
D	Şantiyede taşınabilir ikmal ve temizleme ekipmanının bulundurulması ve çalışanların bunların kullanımı konusunda eğitilmesi
E	Tüm çalışanlara hizmet verecek yeterli sayıda sağlık donatımının sağlanması

Çizelge 3.5 : LEED sertifikasında yapım süreci ile ilişkili ölçütler (USGBC, 2014).

Kategori	Ön Koşul (ÖK) / Puan Koşulu (PK) / Amaçlar (A) / Gereksinimler (G) / Potansiyel Teknolojiler ve Stratejiler (PT & S)	
Sürdürülebilir Alanlar	ÖK	Yapım İşlerine Bağlı Kirliliği Önleme
	A	Toprak aşınması, su yolları çökeltileri ve asılı toz üretiminin kontrolü ile yapım işlerinden kaynaklı kirliliği azaltma
	G	Proje ile ilişkili tüm yapım işleri için aşınma ve çökelti planı hazırlanması ve uygulanması
	PT & S	Aşınma ve çökelti kontrol planlarının tasarım aşamasında hazırlanması; kalıcı ve geçici ekim, malçlama, toprak hendekler, silt çitleri, çökelti tuzakları ve havzaları gibi stratejilerin kullanılması
Malzemeler ve Kaynaklar	PK	Yerel Malzemeler
	A	Hammadde elde edilmesi ve üretim süreçleri yapım alanının yer aldığı bölgede gerçekleştirilen yapı malzemeleri ve ürünlerine olan talebin artırılması ile yerel kaynakların kullanımının desteklenmesi ve nakliye süreçlerinden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması
	G	Proje alanına tanımlanan belli bir mesafede elde edilen, geri kazanılan ya da üretilen yapı malzemeleri ve ürünlerinin kullanımı
	PT & S	Yerel kaynaklardan elde edilen malzeme kullanımı hedefine ulaşılması için yerel malzemelerin ve malzeme tedarikçilerinin tanımlanması; yapım süresince belirlenen yerel malzemelerin kullanımının sağlanması; ürünlerin ve malzemelerin seçimi için çeşitli çevresel, ekonomik ve performans özelliklerinin göz önünde bulundurulması
	PK	Yapım Atıkları Yönetimi
	A	İnşaat ve yıkım atıklarının atık gömme alanlarında ya da yakılarak imha edilmesinin önlenmesi; geri dönüşüme uygun geri kazanılmış kaynakların üretim süreçlerine ve yeniden kullanılabilir malzemelerin uygun yapım alanlarına yönlendirilmesi
	G	Tehlikeli olmayan yapım ve yıkım atıklarının geri dönüştürülmesi ya da geri kazanımı; atıklar içinden ayrıştırılabilecek malzemeleri ve bunların yapım alanı içinde sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağını tanımlayan yapım atıkları yönetimi planının geliştirilmesi ve uygulanması
	PT & S	Mukavva, metal, tuğla, mineral lifli panel, çimento, plastik, ahşap, cam, alçı panel halı ve yalıtım malzemelerinin geri dönüşümünün göz önünde bulundurulması; yapım alanı içinde geri dönüştürülebilir atık malzemelerin sınıflandırılacağı alanların ayrılması ve yapım süreci boyunca geri dönüşüm çabalarının izlenmesi; tanımlanan malzemelerin işlenmesi için nakliye ve geri dönüşüm firmalarının belirlenmesi; malzemelerin çeşitli yardım kuruluşlarına bağışlanması ve yapım alanı içinde geri kazanımı

Çizelge 3.5 (devam) : LEED sertifikasında yapım süreci ile ilişkili ölçütler (USGBC, 2014).

Kategori	Ön Koşul (ÖK) / Puan Koşulu (PK) / Amaçlar (A) / Gereksinimler (G) / Potansiyel Teknolojiler ve Stratejiler (PT & S)
İç Hava Kalitesi	ÖK Yapım İç Hava Kalitesi Yönetimi Planı-Yapım Süreci
	A Yapım ya da yenileme süreçlerinden kaynaklanan iç hava kalitesi problemlerinin azaltılması ile işçiler ve bina sakinlerinin konfor ve refahlarının artırılması
	G Bina yapım süreci ve kullanım öncesi aşama için iç hava kalitesi planlarının geliştirilmesi ve uygulanması; yapım süreci için ulusal yönetmeliklerde tanımlanan kontrol ölçütlerinin yerine getirilmesi; yapım alanında depolanan ve uygulanan emici malzemelerin nem etkisinden korunması; yapım süresince kalıcı havalandırma sistemlerinin kullanımı durumunda havalandırma kanallarında filtre kullanımı ve kullanım öncesi aşamada tüm filtrelerin değiştirilmesi
	PT & S Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin yapım süresince korunması, kirlenici kaynakların kontrol edilmesi ve kirlilik yollarının engellenmesi için iç hava kalitesi yönetimi planının uygulanması; yalıtım malzemeleri, halılar, alçı paneller vb. emici malzemelerin kirlenmesini önlemek için uygulama aşamalarının tanımlanması; mümkün olduğu hallerde yapım süresince kalıcı havalandırma sistemlerinin kullanılmaması
	ÖK Düşük Yayımli Malzemeler: Yapıştırıcılar ve Sızdırmazlık Malzemeleri, Boyalar ve Sıvalar, Döşeme Sistemleri, Kompozit Ahşap ve Tarım Lifi Katkılı Ürünler
	A Kokuya sebep olan, rahatsızlık veren ve işçiler ve bina sakinlerinin konfor ve refahları için tehlike oluşturan iç hava kirlenmelerinin miktarının azaltılması
	G Bina iç mekanlarında kullanılan malzemelerin (hava sızdırmazlık sistemlerinin iç yüzeyinde kullanılan ve yapım alanında uygulanan malzemeler vb.) yerel iç hava kalitesi yönetimi mevzuatına uygunluğunun sağlanması
	PT & S Düşük düzeyde organik uçucu bileşen oluşumuna sebep olan malzemelerin yapım dokümanlarında tanımlanması; adı geçen malzemelerin yer aldığı şartname maddelerinde organik uçucu bileşen sınırlarının açık bir şekilde ifade edilmesi; malzemelerin uçucu organik bileşen içeriklerini ve referans standartlara uygunluğunu açıklayan malzeme katalogları, malzeme güvenlik bilgileri, malzeme onayları ve diğer yasal belgelerin üreticiden elde edilmesi

3.5 Ulusal Mevzuat

İnşaat sektörünü ilgilendiren ulusal mevzuat çevresel ölçütler kapsamında değerlendirildiğinde, sağlık ve güvenlik konularına odaklanan yönetmeliklerin önemli bir yer kapladığı görülmektedir. Bu yönetmeliklerin en kapsamlısı, diğer

yönetmeliklere de atıflarda bulunan “Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği” (2013)’dir. Yapı işlerinde uygulanması gereken minimum iş sağlığı ve güvenliği ölçütlerinin tanımlandığı bu yönetmelikte temel olarak aşağıda sıralanan konular ele alınmıştır (Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013):

- Proje sorumlusu, işverenler ve diğer paydaşların sorumlulukları
- Sağlık ve güvenlik planları ile sağlık ve güvenlik koordinatörlerinin görevlendirilmesi
- Yapı işlerinin gerçekleştirildiği alanlarda kullanılan makine, araç, ekipman, malzeme ile bunların çalışma yöntemleri

Proje sorumlusu, işverenler ve diğer paydaşların sorumlulukları; yapı alanının düzeni, yapı alanına ve yapı alanı içinde ulaşımın planlanması, malzeme taşıma ve kullanım şartları, ekipmanların periyodik bakımı, atık yönetimi ile iş sağlığı ve güvenliği koordinatörlerinin görevlendirilmesi konularına odaklanmaktadır.

Sağlık ve güvenlik planları ile sağlık ve güvenlik koordinatörlerinin görevlendirilmesi; proje aşamasında aynı anda ve birbiri ardına gerçekleşen işleri kapsayan sağlık ve güvenlik planının hazırlanması, sağlık ve güvenlik koordinatörlerinin proje aşamasında ve uygulama sırasındaki yükümlülüklerinin tanımlanması ve çalışanların bilgilendirilmesi konularını ele almaktadır.

Yapı işlerinin gerçekleştirildiği alanlarda kullanılan makine, araç, ekipman, malzeme ile bunların çalışma yöntemleri; makine, araç, ekipman ve malzemelerin teknik mevzuat ile ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğu, mekanik ve elektrikli ekipmanın seçimi, kurulması, uygun yerlere yerleştirilmesi, işletilmesi ve bakımı üzerinde durmaktadır.

Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’ne ek olarak, yapı işlerini ve yapım alanlarını ilgilendiren ve çalışma koşullarının tanımlandığı çeşitli yönetmelikler bulunmaktadır.

Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik (2013), çalışanların gürültüye maruz kalmaları ile oluşabilecek işitme ile ilgili risklerden korunmaları için gereklilikleri tanımlamaktadır. Bu yönetmelikte; gürültüye maruz kalma sınır değerlerinin hesaplanması, maruz kalma durumunun belirlenmesi, risklerin değerlendirilmesi, maruz kalmanın önlenmesi, azaltılması ve

sınırlandırılması, kişisel korunma yöntemleri, çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitimi, çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması ile sağlık gözetimi konuları ele alınmaktadır. Yönetmeliğin yapı alanı ve yapım işleri ile ilişkilendirilebilecek temel unsurları, iş ekipmanları ile ilgili ortaya konan koşullardır. Buna göre, iş ekipmanlarının gürültü açığa çıkarma düzeylerine ilişkin bilginin ekipman üreticilerinden elde edilmesi, gürültü seviyesini azaltan alternatif ekipmanların araştırılması, yapılan iş için mevcut ekipmanlar içinde gürültü seviyesi en düşük olanın seçilmesi, ekipmanın doğru ve güvenli kullanımı hakkında çalışanların bilgilendirilmesi ile ekipmanlar için uygun bakım programlarının uygulanması konuları tanımlanmaktadır (Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013).

"İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği" (2013), iş yerinde iş ekipmanlarının kullanımına ilişkin sağlık ve güvenlik yönünden önemli konuları ele almaktadır. Yönetmelikte iş ekipmanları ile ilgili genel kurallar; iş ekipmanlarının kontrolü, özel risk taşıyan iş ekipmanı, iş sağlığı ve ergonomi, çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitimi, çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması, periyodik kontroller için yetkili kişilerin bildirimi ve yetkilendirme, eğitim ve denetim konuları tanımlanmıştır. Yapı alanı ve yapım işleri ile ilgili ayrıntılı olarak el alınan konu, iskelelerin kurulumu, kullanımı ve sökümü ile ilgilidir. Bu konu çerçevesinde; iskele kurma, kullanma, periyodik bakım ve sökme planının karmaşıklık düzeyine bağlı olarak inşaat mühendisi, inşaat teknikeri veya yüksek tekniker tarafından yapılması üzerinde durulmuştur (İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 2013).

"Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" (2013), çalışanların mekanik titreşime maruz kalmaları ile oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmaları amacıyla geliştirilmiştir. Titreşime maruz kalma durumu, maruz kalma sınır ve eylem değerleri, risk değerlendirmesi, maruz kalmanın önlenmesi, azaltılması ve sınırlandırılması, çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitimi, çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması ile sağlık gözetimi konularına ilişkin açıklamalar içermektedir. Yönetmelik, ekipman kullanımına dayalı çalışanların maruz kaldığı titreşim riskini ele alması yönünden, yapı alanı ve yapım işleri ile yakından ilgilidir. Maruz kalma durumunun ve risklerin belirlenmesi için ekipmanların daha önce kullanımları sırasında yapılan gözlem sonuçlarından

yararlanılması, ekipman üreticilerinden titreşim düzeyi ve özel koşullarda oluşabilecek titreşim büyüklüğü ile ilgili bilgi elde edilmesi ve titreşim düzeyini azaltacak alternatif iş ekipmanlarının araştırılması konuları vurgulanmaktadır. Maruz kalma durumunun önlenmesi veya azaltılması için yapılan işe uygun ekipmanlar içinden mümkün olan en düşük titreşim düzeyine sebep olan ve ergonomik olarak tasarlanmış ekipmanın seçilmesi, uygun bakım programlarının hazırlanması ve ekipmanların kullanımı konusunda çalışanların bilgilendirilmesi gerekliliği üzerinde durulmaktadır (Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013).

"Tozla Mücadele Yönetmeliği" (2013), çalışma ortamlarında ortaya çıkabilecek toz kaynaklı risklerin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında ele alınarak, çalışanların toz etkilerinden korunmalarını sağlamak için gereken önlemleri içermektedir. İşverenin yükümlülükleri, risk değerlendirmesi, tozla mücadele komisyonu, toz ölçümleri, maruz kalma sınır değerleri, sağlık gözetimi, akciğer hastalıklarının teşhisine ilişkin teknikler, akciğer hastalıklarına sahip olduğu belirlenen hastaların çalışma durumlarının belirlenmesi, çalışanların eğitimi ve bilgilendirilmesi ile tozla mücadele birimlerinin kurulması ele alınan başlıca unsurlardır. Bu konular, toz oluşumuna sebep olan yapım işleri dolayısıyla, yapı alanları ve yapım süreçlerinin planlanması sırasında önemli olmaktadır (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 2013).

"Atık Yönetimi Yönetmeliği" (2015), atıkların oluşumundan bertarafına kadar olan tüm süreçlerin çevre ve insan sağlığı gözetilerek yönetimi, atık oluşumunun azaltılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yöntemleri ile kaynak kullanımının azaltılması, ürünlerin çevre ve insan sağlığı açısından temel özelliklere ve belirli ölçütlere sahip olarak üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine ilişkin esasları içermektedir. Yönetmelikte, çeşitli kurum ve kuruluşların görev, yetki ve yükümlülükleri, atıkların tanımlanması, atıkların geçici olarak depolanması, ulusal atık yönetimi planının hazırlanması, atıkların bildirimi ve kayıt altında tutulması, atık yönetimine ilişkin maliyetler ve sigorta yükümlülükleri, üretici sorumluluğu, yan ürünler ve yeniden kullanım, atıkların ithalat ve ihracatı, bertaraf ve geri kazanım yöntemleri ile tehlikeli atıkların yönetimi konuları ele alınmıştır. Yapı alanı ve yapım işleri ile ilgili atık yönetimi planlarında ele alınması gereken başlıca atıklar boyalar, vernikler, sırlanmış malzemeler, yapışkanlar ve yalıtıcıların kullanımından kaynaklanan atıklar, ısıtma işlemlerinden kaynaklanan atıklar, metallerin ve plastiklerin

şekillendirilmesinden kaynaklanan atıklar, ambalaj atıkları, tehlikeli ve tehlikeli olmayan inşaat ve yıkım atıkları olarak tanımlanmıştır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

3.6 Önceki Araştırmalar

Yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi üzerine yapılan başlıca araştırmalar, tezin birinci bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır (Bkz. Bölüm 1.2). Çizelge 3.6’da bu araştırmalarda kullanılan çevresel performans ölçütleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.6 : Önceki araştırmalarda kullanılan çevresel performans ölçütleri.

Araştırmacı	Çevresel Performans Ölçütleri
Cole (2000)	Kaynak kullanımı (Atık üretimi, Geri kazanılmış malzemeler, Enerji tüketimi), Ekolojik Yükler (Mevcut yüzey toprağının korunumu, Atık su tahliyesi, Gürültü oluşumu), İnsan Sağlığı Korunumu (Zehirli malzemeler, Yapım alanının yaşam alanlarından ayrılması)
Pollo ve Rivotti (2004)	Enerji tüketimi, Ham madde tüketimi, Atmosferik emisyonlar, Suya emisyonlar, Toprağa emisyonlar, Atık malzeme üretimi
Z. Chen ve diğ. (2005)	Elektrik tüketimi, Fosil yakıt tüketimi, Su tüketimi, Atık su arıtımı, Atık su yeniden kullanımı, Malzeme işletilebilirliği, Malzeme dayanıklılığı, Paketleme malzemesi geri dönüşüm oranı, Üretici malzeme kullanım oranı, Atık üretim oranı, Atık yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı, Çalışanların maruz kaldığı sağlık ve güvenlik riskleri
Shen ve diğ. (2005)	Ekoloji etkisi, Zehirleyici madde üretimi, Atık üretimi, Hava kirliliği, Arazi kirliliği, Su kirliliği, Gürültü kirliliği, Hammadde elde edilmesi, Malzeme üretimi için gerekli enerji, Nakliye kaynakları, Yapım alanındaki enerji tüketimi, Malzeme geri dönüşümü, Kaynakların ve malzemelerin yeninde kullanımı, Enerji kazanımı, Kamu sağlığı etkisi, Kamu güvenliği, Kamu imajı, Yapım alanı hijyen koşulları, Eğitim koşulları, Güvenlik önlemleri
Bilec ve diğ. (2006)	Nakliye etkileri, Yapım ekipmanları kaynakları fosil yakıt tüketimi, Fosil yakıt kullanımı kaynaklı emisyonlar, Yapım ekipmanı üretim ve bakım süreçlerinin etkileri, Yapım alanında elektrik tüketimi, Yapım alanında su tüketimi
Guggemos ve Horvath (2006)	Malzeme tüketimi, Enerji tüketimi, Atık üretimi, Emisyonlar
Gangoellis ve diğ. (2009)	Atmosferik emisyonlar, Suya emisyonlar, Atıkların geri dönüşüm, yeniden kullanım ve nakliye etkileri, Arazi kullanımı, Toprak kirliliği, Doğal kaynak kullanımı, Hammadde tüketimi, Gürültü oluşumu, Titreşim oluşumu, Koku / toz oluşumu, Ulaşım etkileri, Çevresel kaza riskleri ve olası acil durumlar, Biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkiler

Çizelge 3.6 (devam) : Önceki araştırmalarda kullanılan çevresel performans ölçütleri.

Araştırmacı	Çevresel Performans Ölçütleri
Y. Chen ve diğ. (2010)	Arazi parçalanması, Geri dönüştürülebilir / yenilenebilir / yeniden kullanılabilir malzemeler, Enerji etkinlik, Malzeme kullanımı, Tasarım ve yapımda enerji tüketimi, Atık üretimi, Kirlilik oluşumu, Su tüketimi
Li ve diğ. (2010)	Küresel ısınma, Ozon tabakası tüketimi, Asitleşme, Ötrofikasyon, Havada asılı kalan parçacıklar, Yapım atıkları, Fotokimyasal duman, Suda zehirlilik, Suda asılı kalan maddeler, Su tüketimi, Fosil yakıt tüketimi, Ahşap kullanımı, Demir / Alüminyum / Manganez / Kireç taşı kullanımı
Waris ve diğ. (2014)	Enerji tasarrufu, Parçacıklı madde miktarı, Sera gazı emisyonları, Yağ sızıntısı kontrolü, Fosil yakıt tüketimi, Gürültü kontrolü, Çevresel mevzuata uygunluk, Titreşim kontrolü, Sürdürülebilir yakıt kaynaklarının kullanımı, Biyolojik olarak parçalanıp bozunabilen yağların ve hidrolik yağların
Zou ve Moon (2014)	Ekosistem (Gürültü kontrolü, Titreşim, Hava kalitesi, Arazi kullanımı, Su, Atık yönetimi ve diğer etkiler), Doğal kaynaklar (Kaynak tüketimi, Enerji etkinlik), İnsan sağlığı (İşçi sağlığı ve güvenliği)
Dong ve Ng, (2015)	İnsan sağlığı (İklim değişimi insan sağlığı etkisi, Ozon tabakası tüketimi, İnsanda Zehirlilik, Fotokimyasal oksidan oluşumu, Parçacıklı madde oluşumu, İyonlaşmış Radyasyon), Ekosistem türleri (İklim değişimi ekosistem etkisi, Karada asitleşme, İçme suyunda ötrofikasyon, Karada zehirlilik, İçme suyunda zehirlilik, Denizde zehirlilik, Tarım arazisi kullanımı, Kent arazisi kullanımı, Doğal arazi dönüşümü), Kaynaklar (Metal tüketimi, Fosil tüketimi)

3.7 Bölüm Sonucu

Bu bölümde, yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak ölçütlerin belirlenmesi için mevcut uluslararası standartlar, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri ile ulusal mevzuat tarafından ele alınan ölçütler analiz edilmiştir.

Uluslararası standartlarda tanımlanan çevresel değerlendirme terminolojisine göre, anlaşılabilir bir değerlendirme süreci için çevresel koşulların, çevresel yüklerin / etkilerin ve çevresel göstergelerin tanımlanması gerekmektedir. Bir çevresel gösterge, bir çevresel koşulu yüklere ya da etkilere dayanarak açıklamaktadır. Örneğin, iklim değişimi bir çevresel etki unsuru iken, kaynak kullanımı çevresel etkiyi ifade eden bir çevresel koşuldur. Bu standartlarda, malzeme ve ekipman gibi

yapım teknolojileri ile ilişkileri çerçevesinde çeşitli ölçütlerin tanımlandığı gözlemlenmiştir.

Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, çeşitli çevresel etki kategorileri kapsamında değerlendirme yapmaktadır. Küresel Isınma, Ozon Tabakası İncelmesi, Hava Kirliliği, Su Kirliliği, İnsanda Solunum Etkileri, Atıklar, Su Tüketimi ve Enerji Kullanımı yapım sürecini değerlendirme kapsamına alan yaşam döngüsü araçlarında ele alınan ortak çevresel etki kategorileri olarak göze çarpmaktadır. Bazı araçlar, orta nokta ve son nokta olarak tanımlanan iki düzeyde çevresel etki kategorileri kapsamında değerlendirme yapmakta; İnsan Sağlığı, Ekosistem Kalitesi, İklim Değişimi ve Kaynaklar zarar kategorileri (son nokta kategorileri) olarak ele alınırken; her biri ile ilişkili orta nokta kategorileri tanımlanmaktadır.

Yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, binaların sürdürülebilirlik düzeyini bütüncül olarak değerlendirerek derecelendirmektedir. Bunlardan Türkiye’de yaygın olarak kullanılan BREEAM, 2014 yılında yapılan bir güncelleme ile yapım sürecini “Sorumlu Yapım Uygulamaları” kategorisinde ayrıntılı olarak değerlendirme kapsamına almıştır. Bu kategoride, yapım süreci ile ilişkili çevresel yönetim koşulları ile hava ve su kirliliğini azaltıcı önlemlerin yanı sıra, yapım alanının çevre üzerindeki etkilerinin izlenmesi için ekipman kullanımı ve şantiye binalarından kaynaklanan enerji ve su tüketimi ile yapı malzemelerinin ve atıklarının nakliyesi sırasında açığa çıkan karbon emisyonlarının kayıt altına alınması, temel puan koşulları olarak tanımlanmıştır. Türkiye’de yaygın olarak kullanılan ikinci sertifika sistemi olan LEED, yapım süreci için özel bir değerlendirme kategorisi içermemektedir. Bununla birlikte yapım işlerine bağlı kirliliği önleme, yapım atıkları yönetimi, yerel malzeme kullanımı, yapım sürecinde iç hava kalitesi yönetimi ve düşük yayımlı malzeme kullanımı kategorilerinde yapım sürecini kapsayan çeşitli koşullar tanımlanmıştır.

Ulusal mevzuat, yapım sürecinin çevresel yönetimi kapsamında analiz edildiğinde, insan sağlığı ve güvenliği ile atık yönetimine odaklanan yönetmelikler göze çarpmaktadır. “Yapı İşlerinde İş sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği”; yapı alanına ve yapım alanındaki ulaşım, malzeme taşıma ve kullanım şartları, ekipman kullanım koşulları, atık yönetimi, sağlık ve güvenlik planlarının hazırlanması konularına ilişkin esasları tanımlamaktadır. “Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden

Korunmalarına Dair Yönetmelik”, çalışanların gürültüye mazur kalmaları ile oluşabilecek risklere karşı ekipman yönetimine odaklanırken; “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği”, iş ekipmanlarının sağlık ve güvenlik kuralları kapsamında kullanımını ele almaktadır. “Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”, ekipman kullanımına bağlı titreşim ve bunun sebep olabileceği sağlık ve güvenlik riskleri konularına; “Tozla Mücadele Yönetmeliği” toz oluşumuna sebep olabilecek işler ve bunların sebep olabileceği solunum yolları hastalıkları riskine odaklanmaktadır. “Atık Yönetimi Yönetmeliği”; atık oluşumunun azaltılması, mevcut atıkların yeniden kullanım ve geri dönüşüm gibi geri kazanım yöntemleri kapsamında değerlendirilmesi, atıkların depolama ve nakliye şartları ile atık yönetimi planlarının hazırlanması konularını ele almıştır.

Yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine odaklanan önceki araştırmalar analiz edildiğinde, çalışmanın amacı, kapsamı ve kullanılan yöntemlere göre farklı düzeylerde ölçütler kullanıldığı görülmektedir. Bu araştırmaların ağırlıklı olarak Enerji Tüketimi, Hammadde Tüketimi, Su Tüketimi, Atık Oluşumu, Hava Kirliliği, Su Kirliliği, Toprak Kirliliği, Gürültü Kirliliği ve Kamu Sağlığı Etkisi ölçütleri kapsamında değerlendirme yaptığı görülmektedir.

Bu bölümde çevresel performans değerlendirme ve çevresel yönetim konularına ilişkin elde edilen bilgiler, tez çalışması kapsamında geliştirilecek modelde yer alacak, yerinde yapım sürecine ilişkin çevresel performans ölçütlerinin tanımlanmasına olanak sağlayacaktır.

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Bina yapım sürecinin tüm aşamaları ve binayı oluşturan tüm alt sistemlere ait tasarım alternatifleri, her bir bileşeni için çok sayıda seçenek sunan yapım teknolojileri kullanılarak uygulanabilmektedir. Bina yapım sürecinin çevresel performansı söz konusu olduğunda, bu alternatiflerin belirlenen çok sayıda ölçüt temelinde değerlendirilmesi ve sürece ilişkin çeşitli kararlar verilmesi gerekmektedir. “Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)” olarak tanımlanan bu süreç, karar vericinin birden fazla boyutta karar problemini değerlendirme ve karar almasına imkan sağlayan; birden fazla ölçütün en iyilenmesiyle mevcut çözüm alternatifleri içerisinde hedef ve amaçların gerçekleştirilmesine en uygun olanın seçilmesine olanak sağlamaktadır (Turan, 2015). Çalışmanın “(A3) Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi” aşamasını ele alan bu bölümde, ilk olarak “Çok Ölçütlü Karar Verme” problemine odaklanan yöntemler analiz edilmiş; daha sonra geliştirilen model kapsamında kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler verilmiştir. Son olarak, ÇÖKV karar problemleri için karar vericilerin tanımlanmasında göz önünde bulundurulması gereken konular açıklanmıştır.

4.1 Mevcut Yöntemlerin Analizi

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri (ÇÖKV), kullandıkları *verinin türüne*, *karar verici sayısına* ve *karar problemine* göre sınıflandırılabilir. ÇÖKV yöntemleri, *kullanılan verinin türüne göre* belirleyici (deterministik), olasılıksal (stokastik) ve bulanık yöntemler olarak; *karar verici sayısına göre* tek karar vericili ve grup karar vericili yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır (Triantaphyllou, 2000). Bir ÇÖKV yöntemi, bütünleşik olarak farklı veri türlerinin kullanımına olanak sağlayabileceği gibi (Triantaphyllou, 2000), bir yöntemde hem tekil hem grup karar vericilerin kullanımı mümkün olabilmektedir (Yıldırım ve Önder, 2015). ÇÖKV yöntemleri, *karar problemine göre* seçim, sınıflama, sıralama ve tanımlama problemleri temel alınarak geliştirilen yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır (Ishizaka ve Nemery, 2013). Seçim problemlerinde, seçenekler arasından en iyi tek

bir alternatifin belirlenmesi ya da seçeneklerin eşit veya karşılaştırılmaz iyi seçenekler kümesine indirgenmesi yoluyla azaltılması; sınıflama problemlerinde, alternatiflerin önceden tanımlanmış ve düzenlenmiş kategorilere göre sınıflandırılması; sıralama problemlerinde, alternatiflerin puanlar veya ikili karşılaştırmalar aracılığıyla iyiden kötüye doğru sıralanması; tanımlama problemlerinde, karar probleminin özelliklerini anlamak üzere seçeneklerin ve bunların getireceği sonuçların tanımlanması amaçlanmaktadır (Ishizaka ve Nemery, 2013). Çizelge 4.1’de farklı karar problemlerinin çözümünde kullanılan ÇÖKV yöntemleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Karar problemi türüne göre kullanılabilecek ÇÖKV yöntemleri (Ishizaka ve Nemery, 2013).

Seçim Problemi	Sınıflama Problemi	Sıralama Problemi	Tanımlama Problemi
AHP	AHP	AHPSort	GAISA, FS-Gaia
ANP	ANP	UTADIS	
MAUT / UTA	MAUT / UTA	FlowSort	
MACBETH	MACBETH	ELECTRE-Tri	
PROMETHEE	PROMETHEE		
ELECTRE I	ELECTRE III		
TOPSIS	TOPSIS		
Goal Programming	DEA		
DEA			

ÇÖKV yöntemleri, inşaat sektöründe karşılaşılan karar verme problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. ÇÖKV yöntemlerinin kullanıldığı 88 araştırmanın incelendiği bir çalışmada, inşaat sektöründe %56,82 oranında tekil, %43,18 bütünlük yöntemlerin kullanıldığı ortaya konmuştur (Jato-Espino ve diğ., 2014). Bu araştırmaya göre kullanım yaygınlıklarına göre tekil yöntemler AHP, DEA, ELECTRE, TOPSIS, ANP, DELPHI, GST ve diğerleri olarak sıralanırken; kullanım amacına göre bütünlük olarak kullanılan yöntemler sırasıyla AHP, FSs, TOPSIS, ANP, MCS, MIVES, VIKOR, COPRAS, GST, PROMETHEE, SAW ve diğerleri olarak belirlenmiştir (Jato-Espino ve diğ., 2014). Bu yöntemler genel özellikleriyle aşağıda açıklanmaktadır (Jato-Espino ve diğ., 2014):

AHP (Analytical Hierarchy Process): Çoklu karar-verme süreçlerine dair problemlerin, ikili karşılaştırma ölçeğine göre analizinde kullanılmak üzere geliştirilmiş bir tekniktir.

ANP (Analytic Network Process): AHP yöntemi temel alınarak geliştirilmiş; birbirlerine bağlı ölçütlerin değerlendirilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir.

COPRAS (Complex Proportional Assessment): Bir dizi alternatifi, önem ve fayda düzeyine göre sıralamayı amaçlayan aşamalı bir yöntemdir.

DEA (Data Envelopment Analysis): Bir dizi çoklu-karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek için kullanılan parametrik olmayan bir sistemdir.

DELPHI: Anket serilerine cevap veren bir grup uzmandan, en güvenilir fikir birliğini elde etmek için tasarlanmış tekrarlı bir yöntemdir.

ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant La Réalité): Bir seri alternatifin uyum ve uyumsuzluklarına karar verilerek alternatifler arasındaki derecenin / kıdemin belirlenmesinde kullanılan teknikler grubudur.

FSs (Fuzzy Sets Extension): Bir bileşenin bir takıma aitliğinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ifade eden, geleneksel düzenli setlerin genişletilmiş versiyonudur.

GST (Grey System Theory): Verinin siyahtan (bilgi eksikliği) beyaza (kesin bilgi) kadar, kendi içinde yer alan bilgiye göre ele alınması felsefesine dayanmaktadır.

MCS (Monte Carlo Simulations): Karmaşık problemlere rassal sayılar ile deneyimleyerek yaklaşık çözümler bulmak için kullanılan belirleyici olmayan yöntemlerdir.

MIVES (Modelo Integrado De Valor Para Evaluaciones Sostenibles): Her türlü ölçüt türünü bir değer indeksinde sentezlemek için Çoklu-karar verme ve Değer Mühendisliği kavramlarını bir araya getiren iç içe geçmiş bir yöntemdir.

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations): Bir çoklu-karar verme problemini oluşturan her ölçüt için, bir tercih fonksiyonu seçimine dayanan sıralama / derecelendirme yöntemidir.

SAW (Simple Additive Weighting): Her niteliğin kendi ağırlığı ile çarpılmasının katkısının eklenmesiyle, her bir alternatif için ağırlıklandırılmış puanın belirlenmesini amaçlayan bir yöntemdir.

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution): Bir çoklu-karar verme problemine en iyi alternatifin, onun ideal çözümüne en yakın olan alternatif olduğu kavramına dayanan bir yöntemdir.

VIKOR (Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje): Bir dizi alternatiflerin fikri birliğine varılmış sıralı listesini, ideal çözüme yakınlık ölçüsüne göre belirlemek için kullanılan bir yöntemdir.

4.2 Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi

Bir karar probleminin çözümünde kullanılacak yöntemin belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar, girdi olarak ihtiyaç duyulan bilgi, veri ve parametreler ile beklenen çıktılar ve bunların detay düzeyi olarak sıralanabilir (Ishizaka ve Nemery, 2013). Örneğin, belirlenen ölçütlerin her biri için fayda fonksiyonu biliniyorsa MAUT, alternatiflerin çok sayıda olduğu ve fayda fonksiyonunun belirlenemediği durumlarda ölçütler ve alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmalara dayanan AHP veya MACBETH, anahtar parametrelerin tanımlanabildiği durumlarda farklılık ve tercih eşik değerlerinin tanımlanması ile PROMETHEE, farklılık, tercih ve ret eşik değerlerinin tanımlanması ile ELECTRE, anahtar parametrelerin tanımlanamadığı durumlarda ideal ve ideal olmayan seçeneklerin belirlenmesi için TOPSIS ve bağımlı ölçütlerin olduğu durumlarda ANP yöntemi kullanılması önerilmektedir (Ishizaka ve Nemery, 2013).

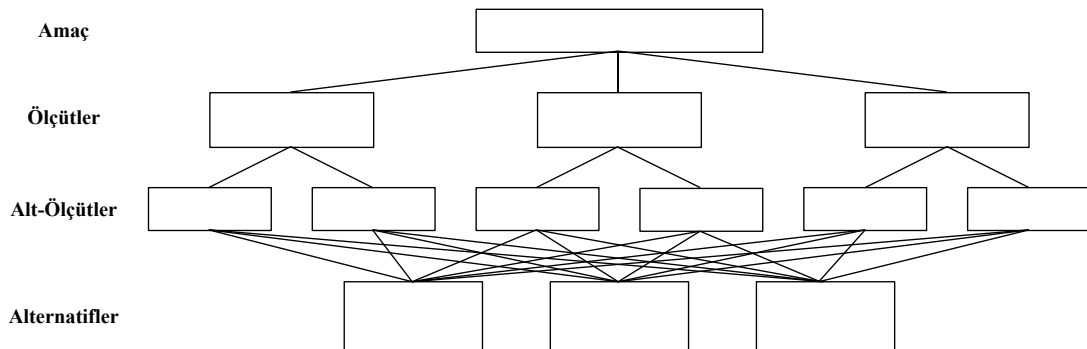
Yapım sürecinin çevresel performansı söz konusu olduğunda, başlıca karar probleminin tasarım alternatiflerinin çevresel performans ölçütlerine göre sınıflandırılması ve en iyi alternatifin seçilmesi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, tasarım ve yapım teknolojisi alternatiflerinin çokluğu ile anahtar parametrelerin ve fayda fonksiyonunun belirlenmesindeki zorluklar, seçilecek yöntemin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken diğer konular olarak göze çarpmaktadır. ÇÖKV yöntemleri kapsamında yapılan analiz çalışmaları sonrasında, inşaat sektöründe hem tekil hem de bütünleşik olarak yaygın kullanım alanı bulan AHP (Analytic Hierarchy Process) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemlerinin ortaya konan karar problemi için en uygun yöntemler olduğu tespit edilmiştir. AHP Yöntemi ölçütlerin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde kullanılırken, TOPSIS yöntemi alternatiflerin değerlendirme ölçütlerine göre sıralamasını ortaya koymakta ve bu yöntemlerin bütünleşik olarak kullanılması ile az sayıda matematiksel hesaplama ile sonuçlar elde edilebilmektedir. Son olarak, problemin çözümünde elde edilebilen veri türlerinin analiz edilmesi ile Bulanık AHP (BAHP), TOPSIS ve Bulanık TOPSIS (BTOPSIS)

yöntemleri geliştirilen model kapsamında bütünleşik olarak kullanılmıştır. Takip eden bölümlerde BAHF yönteminin temellerini oluşturan AHP ile ilgili temel bilgiler verildikten sonra model kapsamında kullanılan BAHF, TOPSIS ve BTOPSIS yöntemleri açıklanmaktadır.

4.2.1 AHP yöntemi

En temel karar verme yaklaşımı olarak tanımlanan AHP yöntemi, çok sayıda alternatif arasından, belli ölçütlere göre en iyisinin seçilmesinde hem akılcı hem sezgisel kararlar vermeye olanak sağlamak üzere tasarlanmıştır (Saaty ve Vargas, 2012). Alternatiflerin sıralanmasında gerekli olan önceliklerin belirlenmesi için, karar vericiler tarafından ikili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi esasına dayanan yöntem, karar vericilerin yargılarındaki tutarsızlığı göz önüne alarak tutarlılığı artırmaya olanak sağlamaktadır (Saaty ve Vargas, 2012). AHP yöntemi, temel olarak aşağıdaki sıralanan aşamalardan oluşmaktadır (Önder ve Önder, 2015):

- Karar probleminin tanımlanması, amacın belirlenmesi
- Amacı gerçekleştirmek için gerekli karar ölçütlerinin tanımlanması
- Karar hiyerarşisinin yukarıdan aşağıya amaç, ölçütler, varsa alt-ölçütler ve alternatifler düzeninde kurulması (Şekil 4.1).
- Hiyerarşinin her seviyesi için ikili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi
- Ölçütlerin göreceli önceliklerinin hesaplanması
- Göreceli öncelik değerleri kullanılarak alternatiflerin sıralanması



Şekil 4.1 : AHP yönteminde karar hiyerarşisi.

Ölçütlerin göreceli önceliklerinin belirlenmesi ve alternatiflerin sıralanması, karar vericinin tek seferde tek bir ikili karşılaştırma ile düşüncelerini ifade etmesi temeline

dayanmakta; bu ikili karşılaştırmalar sözel ifadeler ya da sayısal ölçekler aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir (Triantaphyllou, 2000). İkili karşılaştırmaların kullanıldığı her yöntem, karar vericinin sözel ifadeler ya da sayısal ölçekler kullanarak ifade ettiği nitel değerlerin hesaplamalar sırasında sayılara dönüştürülmesini gerektirmektedir (Triantaphyllou, 2000). AHP yönteminde ikili karşılaştırmalar, karşılaştırma ölçütü temelinde bir unsurun diğerine göre ne kadar daha önemli ya da baskın olduğunu ifade etmek üzere geliştirilmiş sayısal bir ölçek kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Saaty, 2008). Çizelge 4.2’de Saaty (2008), tarafından ikili karşılaştırmalar için geliştirilen sayısal ölçeğin ifade ettiği önem dereceleri ve ifade ettikleri değerlendirme aralıkları gösterilmektedir.

Ölçütlerin göreceli öncelikleri ve alternatiflerin sıralanması; ikili karşılaştırmalara dayanan Karar Matrislerinin oluşturulması, Normalize Edilmiş Matrislerin düzenlenmesi, Öncelikler Vektörlerinin hesaplanması, Tüm Öncelikler Matrislerinin oluşturulması ve Uyum Oranlarının hesaplanması aşamalarından oluşan matematiksel bir altyapıya dayanmaktadır (Önder ve Önder, 2015; Timor, 2011).

Çizelge 4.2 : İkili karşılaştırmalar için kullanılan sayısal ölçek (Saaty, 2008).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Amaç için iki eylem de eşit derecede katkı sağlamaktadır.
3	Orta derecede önemli	Deneyim ya da karar verme yetisi bir eylemi diğerine göre biraz daha tercih edilir yapmaktadır.
5	Kuvvetli derecede önemli	Deneyim ya da karar verme yetisi bir eylemi diğerine göre kuvvetli derecede tercih edilir yapmaktadır.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir eylem diğerine göre çok kuvvetli derecede tercih edilmekte, baskınlığı uygulamada görülebilmektedir.
9	Mutlak derecede önemli	Bir eylemin diğerine tercih edilmesi için gerekli olan kanıtlar en yüksek düzeydedir.
2	Zayıf ya da hafif	Ara değer
4	Orta derecenin üzerinde önemli	Ara değer
6	Kuvvetli derecenin üzerinde önemli	Ara değer
8	Çok kuvvetli derecenin üzerinde önemli	Ara değer

AHP yöntemi ile bireysel kararların yanı sıra grup kararları verilmesi de mümkün olmaktadır. Grup kararı, gruptaki karar vericilerin her birinin görüşleri alınarak belirlenebileceği gibi, grup üyelerinin ortak bir karar vermek üzere bir araya gelmesi ile de oluşturulabilir (Timor, 2011). Ortak grup kararı alınamadığı durumlarda, gruptaki her bir karar vericinin yargılarının tüm grubun yargılarını kapsayan tek bir grup kararına dönüştürülmesi için önerilen yöntem, her bir bireyin yargıları sonucu elde edilen değerlerin geometrik ortalamasının alınmasıdır (Saaty, 2008).

AHP, büyük ölçekli karar problemlerini çözümünde kullanılabilecek esnek bir yöntem olması, objektif ve subjektif ölçütler içeren problemleri çözmedeki başarısı ve çok geniş bir kullanım alanına sahip olması gibi olumlu özelliklere sahiptir (Timor, 2011). Bununla birlikte, yöntemin karar vericilerin yargılarına dayanması ve sonuçların doğrulanamaması, ölçütlerin göreceliliği dolayısıyla ölçütlere mutlak ölçekler verilememesi ve hiyerarşiye yeni bir ölçüt eklendiğinde tüm sürecin baştan tekrarlanması zorunluluğu gibi konular yöntemin olumsuz özellikleri olarak tanımlanmaktadır (Timor, 2011).

4.2.2 Bulanık AHP (BAHP) yöntemi

Karar verme problemlerinde kullanılan verilerin çoğunlukla belirsiz ve bulanık olması, karar verme süreçlerinde klasik ÇÖKV yöntemlerinin kullanılmasında çeşitli zorluklarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır (Kahraman, 2008). Belirsiz ve bulanık durumlarda karar verme; amaçların, kısıtların ve olası eylemlerin sonuçlarının doğal olarak bulanık olduğu, bir başka deyişle sınırlarının kesin olarak tanımlanamadığı bir karar verme sürecini gerektirmektedir (Bellman ve Zadeh, 1970). Bir eylemin her bir ölçüt üzerindeki etkisinin tam olarak bilinemediği karar verme süreçlerinde, sebepler ve sonuçlar arasındaki ilişkileri tanımlayan parametrelerin her zaman tarafsız olmaması ve karar vericinin öznel algısını ve düşüncelerini yansıtması, kişiden kişiye ve zaman içinde değişen algıların ve düşüncelerin matematiksel kesinlikle ve nesnellikle ifade edilmesinin karar vericiler için zor olması, karşılaşılan başlıca problemlerdir (Sengupta ve Pal, 2009). Bellman ve Zadeh (1970), bu soruna çözüm olarak, amaçlar ve kısıtlar bulanıkken, karar verme sisteminin belirleyici ya da olasılıksal olabildiği “Bulanık Karar Verme” yaklaşımını geliştirmişlerdir. Bulanık ÇÖKV yöntemlerinin temelini oluşturan bu yaklaşım, Zadeh (1965) tarafından geliştirilen ve çeşitli nesnelerden oluşan bir sınıfın o sınıfa aitlik derecesinin

sürekliliği olarak ifade edilen “Bulanık Kümeler (Fuzzy Sets) Teoremi”ne dayanmaktadır. Bu teoreme göre, bir elemanın bir kümeye aitliğinin kesin olarak ifade edilemediği durumlarda, bulanık kümelerin her bir üyesine sıfır ile bir arasında değişen üyelik dereceleri atanmaktadır (Zadeh, 1965). Böylece, klasik kümelerde “a alternatifi x kümesine ya aittir ya değildir” olarak ifade edilen aitlik derecesi, bulanık kümelerde “a alternatifi x kümesine kısmen aittir ya da kısmen ait değildir” olarak ifade edilmektedir (Doumpos ve Zopounidis, 2002). Bulanık Kümeler Teoreminin temel özellikleri belirsizliği modelleme, çift yönlü mantık yerine dereceli mantık kullanma, sözel değişkenler ve bulanık veri analizi ile veri karmaşıklığının azaltılması, semboller yerine anlamlı sözel ifadeler ve üyelik fonksiyonları kullanımı ile bilginin işlenmesi ve yaklaşık çözümler için etkin karar verme olarak tanımlanmaktadır (Zimmermann, 2001).

Bulanık Kümeler Teoremine dayanarak geliştirilen BAHP yöntemlerinde kullanılan matematiksel altyapı, klasik AHP yönteminden farklı olarak bulanık sayıların kullanılmasını gerektirmektedir. Bulanık sayı, matematiksel olarak, gerçek doğrunun yakınsak ve bulanık alt kümesi olarak ifade edilmektedir (Sengupta ve Pal, 2009). Bulanık sayılar, kesin olmayan ya da klasik matematiksel mantığa uygun düşmeyen verilerin “yaklaşık olarak”, “aşağı yukarı”, “hemen hemen” gibi dilsel ifadelerle dile getirilmesi ile insanlar arası iletişim, algı ve akıl yürütme açısından daha anlamlı hale getirilmesine ve böylece gerçekle ilgili belirsizliğin modellenmesi ve hesaplamalar aracılığıyla anlaşılmasına olanak sağlamaktadır (Bede, 2013; Sengupta ve Pal, 2009). Bulanık ÇÖKV yöntemlerinde, temsil ettiği aralığa bağlı olarak üçgen veya yamuk bulanık sayılar olarak adlandırılan bulanık sayılar kullanılabilmektedir (Ecer, 2007). Bulanık kümelerde üyelik derecesini gösteren bu sayılardan üçgen bulanık sayılar en basit üyelik fonksiyonu olup, a, b ve c gibi üç değer tarafından ifade edilirken; yamuk bulanık sayılar a, b, c ve d gibi dört değer tarafından temsil edilmektedir (Şen, 2009).

Literatürde, Bulanık Kümeler Teoreminin Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemine uygulanması ile geliştirilmiş çok sayıda Bulanık AHP (BAHP) yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak bilinenleri van Laarhoven ve Pedrycz (1983), Buckley (1985) ve Chang (1996) tarafından geliştirilen yöntemlerdir.

Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından geliştirilen BAHP yöntemi, Saaty’nin AHP yönteminin doğrudan uzantısı olan bir algoritma önermektedir. Ağırlıkların

belirlenmesi ve matematiksel işlemlerin yapılması klasik AHP işlemleri aracılığıyla gerçekleştirilmekte; hesaplamalarda üçgen bulanık sayılar kullanılmaktadır (Demirel ve diğ., 2008). Yöntem temel olarak karar ölçütlerinin ve her bir ölçüt için alternatiflerin bulanık ağırlıklarının elde edilmesini amaçlamakta; bu sonuçların birleşimi ile alternatifler için bulanık puanlar elde edilmektedir (van Laarhoven ve Pedrycz, 1983).

Buckley, van Laarhoven ve Pedrycz tarafından geliştirilen yöntemin iki temel problemi olan her zaman tek bir sonuç elde edilememesi ve ağırlıklar için üçgen bulanık sayılar elde edilmesi konularına dikkat çekerek, klasik Saaty AHP yönteminin uzantısı olan ve bulanık karşılaştırma oranlarını da içeren bir BAHP yöntemi geliştirmiştir (Demirel ve diğ., 2008). Bulanık oranlar kullanılarak karar hiyerarşisindeki ölçütler ve alternatifler için ikili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi ile bulanık pozitif ters matrisler, bu matrislere geometrik ortalama yöntemi uygulanması ile bulanık ağırlıklar hesaplanmaktadır (Buckley, 1985).

Chang (1996) tarafından geliştirilen Genişletilmiş BAHP yöntemi, üçgen bulanık sayılar kullanılarak ikili karşılaştırmaların yapılması ve sentetik genişletilmiş değerlerin elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Hesaplamalarda klasik AHP yöntemi adımlarının kullanılması yöntemin olumlu bir özelliği olarak ifade edilirken; yöntemde sadece üçgen bulanık sayıların kullanılabilmesi eleştirilmektedir (Göksu ve Güngör, 2008).

Tez çalışması kapsamında geliştirilen yöntemde, ağırlıklar için bulanık değerler yerine tek bir sonuç elde edilmesine olanak sağlaması ile sonuçların karar vericiler tarafından algılanmasını ve yorumlanmasını kolaylaştırması ile bulanık sayıların kullanımı konusunda sağladığı esneklik gibi temel özellikleri nedeniyle Buckley (1985) tarafından geliştirilen BAHP yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin adımları ve matematiksel altyapısı aşağıda açıklanmaktadır (Ayhan, 2013; Önder ve Önder, 2015):

BA-1: Karar verici(ler) tarafından, sözel ölçek kullanılarak ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilir. İkili karşılaştırmalar için kullanılan sözel ölçek ve bunların üçgen bulanık sayı karşılıkları Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak Denklem (4.1)'de gösterildiği şekilde karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$\tilde{A}^s = \begin{bmatrix} \tilde{k}_{11}^s & \tilde{k}_{12}^s & \dots & \tilde{k}_{1n}^s \\ \tilde{k}_{21}^s & \dots & \dots & \tilde{k}_{2n}^s \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{k}_{n1}^s & \tilde{k}_{n2}^s & \dots & \tilde{k}_{nn}^s \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

($\tilde{k}_{ij}^s$: s'inci karar vericinin, i ölçütüne ilişkin j ölçütü üzerindeki tercihi)

Karşılaştırma matrisinde köşegen üzerindeki elemanların değeri her zaman 1'e eşittir. İkili karşılaştırmalar sadece köşegen üzerinde yer alan elemanlar için gerçekleştirilmekte, köşegen altında kalan elemanların değeri Çizelge 4.4'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.3 : BAHP yönteminde ikili karşılaştırmalar için kullanılan sözel ölçek.

Saaty Ölçeği	Sözel Ölçek	Üçgen Bulanık Sayılar
1	Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)
3	Orta derecede önemli	(2, 3, 4)
5	Kuvvetli derecede önemli	(4, 5, 6)
7	Çok kuvvetli derecede önemli	(6, 7, 8)
9	Mutlak derecede önemli	(9, 9, 9)
2	Zayıf ya da hafif	(1, 2, 3)
4	Orta derecenin üzerinde önemli	(3, 4, 5)
6	Kuvvetli derecenin üzerinde önemli	(5, 6, 7)
8	Çok kuvvetli derecenin üzerinde önemli	(7, 8, 9)

Çizelge 4.4 : BAHP yönteminde karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

Ölçütler	Ö-1	Ö-2	Ö-3
Ö-1	(1, 1, 1)	(x, y, z)	(w, t, s)
Ö-2	(1/z, 1/y, 1/x)	(1, 1, 1)	(l, m, n)
Ö-3	(1/s, 1/t, 1/w)	(1/n, 1/m, 1/l)	(1, 1, 1)

BA-3: Birden fazla karar verici olması durumunda, her bir karar vericinin değerlendirmesi sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerindeki bulanık sayıların Denklem (4.2) aracılığıyla geometrik ortalamaları hesaplanır ve Denklem (4.3)'te gösterildiği gibi tek bir karşılaştırma matrisi elde edilir.

$$\sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} \quad (4.2)$$

$$\widetilde{A} = \begin{bmatrix} \widetilde{k}_{11} & \cdots & \widetilde{k}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{k}_{n1} & \cdots & \widetilde{k}_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

BA-4: Elde edilen karşılaştırma matrisindeki her bir ölçüt için bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalaması Denklem (4.4) kullanılarak hesaplanır.

$\widetilde{r}_i$: Üçgen bulanık sayıları ifade etmek üzere (4.4)

$$\widetilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \widetilde{k}_{ij} \right)^{1/n}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıkları Denklem (4.5) kullanılarak üç aşamada hesaplanır. İlk olarak her bir $\widetilde{r}_i$ için vektörel toplam değerleri hesaplanır. Daha sonra vektörel toplamın tersi alınarak, elde edilen bulanık sayılar artan sırada olacak şekilde yerleri değiştirilir. Son olarak i ölçütüne ait bulanık ağırlığı $\widetilde{w}_i$ bulmak için her bir $\widetilde{r}_i$ değeri bu ters vektör ile çarpılır.

$$\widetilde{w}_i = \widetilde{r}_i \times (\widetilde{r}_1 + \widetilde{r}_2 + \cdots + \widetilde{r}_n)^{-1} \quad (4.5)$$

$$\widetilde{w}_i = (lw_i, mw_i, uw_i)$$

BA-6: Üçgen bulanık sayı halindeki $\widetilde{w}_i$ değeri Denklem (4.6) kullanılarak durulaştırılır.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (4.6)$$

BA-7: Son olarak M_i Denklem (4.7) kullanılarak normalize edilir.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (4.7)$$

4.2.3 TOPSIS yöntemi

Alternatiflerin belirlenen ölçütler doğrultusunda sıralanmasında kullanılan, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by

Similarity to Ideal Solution) yöntemi, seçilen alternatifin ideal çözümden en kısa uzaklıkta ve negatif ideal çözümden en uzakta olması prensibine dayanmaktadır. Karar matrisindeki her bir elemanın azalan ya da artan faydaya sebep olduğu varsayımına dayanan yöntemle göre; amacın fayda olduğu durumlarda ideal çözüme yakınlık faydanın maksimizasyonunu, negatif ideal çözüme uzaklık ise maliyetin en minimizasyonunu ifade etmektedir (Hwang ve Yoon, 1981; Özdemir, 2015). Kompleks algoritmalar ve karmaşık matematiksel modeller içermemesi, az sayıda girdi parametresi ile çıktıların elde edilmesi ve sonuçların yorumlanmasında sağladığı kolaylıklar yöntemin olumlu özellikleri olarak tanımlanırken; alternatiflerin sıralanmasında kullanılan ölçütlerin göreceli önceliklerinin belirlenmesi yöntemin öznel yönünü ortaya koymaktadır (Özdemir, 2015). TOPSIS yönteminin adımları ve matematiksel altyapısı aşağıda açıklanmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981; Olson, 2004; Özdemir, 2015):

T-1: Alternatifler için her bir ölçüt ile ilgili performans verileri elde edilir.

T-2: Her bir ölçütün göreceli öncelikleri belirlenir.

T-3: Karar verici(ler) tarafından Denklem (4.8)'de gösterildiği şekilde karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{matrix} & \text{Alternatifler} & \\ & & (4.8) \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mp} \end{bmatrix} & \text{Ölçütler} \end{matrix}$$

T-4: Karar matrisinde yer alan her bir a_{ij} değeri için Denklem (4.9) kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilir ve Denklem (4.10)'da gösterilen normalize matris elde edilir.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (4.9)$$

$$i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, p$$

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1p} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mp} \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

T-5: Normalize matriste yer alan değerler, ölçütlerin göreceli öncelik değerleri kullanılarak w_i gibi bir değerle ağırlıklandırılır. Bunun için, normalize matriste yer alan n_{ij} değerlerinin her biri w_i ağırlıkları ile çarpılır ve Denklem (4.11)'de gösterildiği şekilde ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 n_{11} & w_2 n_{12} & \dots & w_n n_{1p} \\ w_1 n_{21} & w_2 n_{22} & \dots & w_n n_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 n_{m1} & w_2 n_{m2} & \dots & w_n n_{mp} \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1p} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mp} \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

T-6: Amaç maksimizasyon ise, Denklem (4.12) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize matrisin her bir sütununa ait maksimum değerlerin belirlenmesi ile pozitif ideal çözüm değerleri (PIC) ve Denklem (4.13) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize matrisin her bir sütununa ait minimum değerlerin belirlenmesi ile negatif ideal çözüm değerleri (NIC) elde edilir. Amacın minimizasyon olduğu durumlarda tam tersi uygulanmaktadır.

$$PIC(A^*) = \left\{ \max_j v_{ij} \right\} ; j = 1, \dots, p \text{ ve } i = 1, \dots, m \quad (4.12)$$

$$PIC(A^*) = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

$$NIC(A^-) = \left\{ \min_i v_{ij} \right\} ; j = 1, \dots, p \text{ ve } i = 1, \dots, m \quad (4.13)$$

$$NIC(A^-) = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

T-7: İdeal ve ideal olmayan noktalara uzaklık, koordinat düzlemi esas alınarak hesaplanmaktadır. Denklem (4.14) ile ideal uzaklık hesaplanırken; Denklem (4.15) ile negatif ideal uzaklık hesaplanmaktadır. Sonuçta karar noktası kadar S_i^* ve S_i^- değeri elde edilmektedir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (4.14)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4.15)$$

T-8: Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığı Denklem (4.16) kullanılarak hesaplanır. C_i^* ideal çözüme göreli yakınlığı ifade ederken; $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer almaktadır. $C_i^*=1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme mutlak çözüm yakınlığını, $C_i^* = 0$ ise negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını göstermektedir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (4.16)$$

4.2.4 Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemi

İlk olarak S.-J. Chen ve Hwang (1992) tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yönteminin temel amacı, karar vericilerin yetersiz ya da ulaşılamayan verileri karar süreçlerine dahil etmelerine olanak sağlamaktır (Shukla ve diğ, 2014). TOPSIS yönteminde olduğu gibi, ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifi belirlemeye olanak sağlayan BTOPSIS yöntemi, sözel ifadeleri bulanık sayılara dönüştürerek karar vermeye olanak sağlayan Bulanık Kümeler Teoremine dayanmaktadır (Shukla ve diğ, 2014). Literatürde klasik TOPSIS yöntemini temel alarak geliştirilmiş ve birçok alanda uygulanmış çok sayıda BTOPSIS yöntemi bulunmaktadır. Bunların öncülerinden biri olan C.-T. Chen (2000) tarafından geliştirilen BTOPSIS yönteminin temel adımları ve matematiksel altyapısı aşağıda açıklanmaktadır (C.-T. Chen, 2000; Shukla ve diğ, 2014):

BT-1: Değerlendirmede kullanılacak ölçütler belirlenir.

BT-2: Her bir ölçütün göreli öncelikleri karar vericiler tarafından belirlenir.

BT-3: Alternatiflerin tanımlanan ölçütler kapsamında değerlendirilmesinde kullanılacak uygun sözel ifadeler ve bunların üçgen bulanık sayı karşılıkları belirlenir.

BT-4: Karar vericiler belirlenen sözel ifadeleri kullanarak alternatifleri her bir ölçüt için değerlendirir. Karar vericilerin sözel değerlendirme ifadeleri, Denklem (4.17)'de gösterildiği şekilde bulanık üçgen sayı karşılıklarına dönüştürülür.

$$\tilde{R}_k = (a_k, b_k, c_k) \quad (4.17)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots K$$

BT-5: Birden fazla karar verici olması durumunda, her bir karar vericinin değerlendirmesi sonucu elde edilen bulanık üçgen sayıların her bir ölçüt için toplam ağırlığı Denklem (4.18) kullanılarak hesaplanır.

$$R: \text{Bulanık üçgen sayıyı ifade etmek üzere} \quad (4.18)$$

$$R = (a, b, c) \text{ ve } k = 1, 2, 3, \dots K$$

$$a = \min_k(a_k) \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k \quad c = \max_k(c_k)$$

BT-6: Elde edilen değerler kullanılarak bulanık karar matrisi oluşturulur.

BT-7: Denklem (4.19) kullanılarak ölçüt değerlerinin karşılaştırılabilir değerlere dönüştürülmesi ile normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{R} = [r_{ij}]_{m \times n} \quad (4.19)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}^*}{c_j}, \frac{b_{ij}^*}{c_j}, \frac{c_{ij}^*}{c_j^*} \right); C_j^* = \max_i C_{ij}$$

BT-8: Denklem (4.20) kullanılarak ölçütlerin görelî öncelik değerlerinin normalize bulanık karar matrisindeki değerlerle çarpılması ile ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (4.20)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

W = Değerlendirme ölçütünün ağırlıklandırılmış vektörünü ifade etmek üzere

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} W$$

BT-9: Bulanık pozitif ideal çözüm (BPIC) değerleri Denklem (4.21) ve bulanık negatif ideal çözüm (BNIC) değerleri Denklem (4.22) kullanılarak belirlenir.

$$BPIC(P^*) = (\widetilde{V}_1^*, \widetilde{V}_2^*, \widetilde{V}_3^*, \dots, \widetilde{V}_n^*) \quad (4.21)$$

$$\widetilde{V}_j^* = \max_i \{v_{ijk}\}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$BNIC(P^-) = (\widetilde{V}_1^-, \widetilde{V}_2^-, \widetilde{V}_3^-, \dots, \widetilde{V}_n^-) \quad (4.22)$$

$$\widetilde{V}_j^- = \min_i \{v_{ijk}\}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

BT-10: Her bir alternatifin BPIC değerlerine olan uzaklığı Denklem (4.23), BNIC değerlerine olan uzaklığı Denklem (4.24) kullanılarak hesaplanır. BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıkların hesaplanmasında, Chen (2000) tarafından iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanması için geliştirilen ve Denklem (4.25)'te gösterilen Vertex Yöntemi kullanılmaktadır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\widetilde{v}_{ij} \cdot v_j^*) \quad (4.23)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

d_v : iki bulanık sayı arasındaki uzaklık

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\widetilde{v}_{ij} \cdot v_j^-) \quad (4.24)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\widetilde{m} \text{ ve } \widetilde{n} \text{ iki bulanık sayı olmak üzere;} \quad (4.25)$$

$$\widetilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$$

$$\widetilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$$

$$d(\widetilde{m}, \widetilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]}$$

BT-11: Her bir alternatif için BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerleri Denklem (4.26) kullanılarak hesaplanır. Bu değerler, alternatiflerin sıralamalarını ifade etmektedir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*} \quad (4.26)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

BT-12: Alternatifler yakınlık katsayısı değerlerine göre sıralanır.

4.3 Karar Vericilerin Özellikleri

ÇÖKV problemlerinin çözümünde güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi, ölçütlerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin değerlendirilmesi gibi sürecin iki önemli aşamasında karar verme eylemini gerçekleştiren karar vericilerin doğru bir şekilde belirlenmesi ile yakından ilişkilidir. Karar vericilerin deneyim, duygular ve sezgi yoluyla muhakeme edebilme yeteneğine ve karar verme problemi ile ilişkili olarak toplanan ve analiz edilen bilgiye sahip olması, karar verme sürecinin iki önemli bileşenidir (Shepard, 2005). Karar verme, karar verilmesi gereken alanda uzmanlığı, başka bir deyişle, belirli bir alanda özelleşmiş bilgi, yetenek ve deneyime sahip olmayı, gerekli düşünsel seviyeye ulaştıracak eğitimi almayı ve profesyonel bir oluşumun üyesi olarak kararlar üzerinde söz sahibi olacak yetkiye sahip olmayı gerektirmektedir (Armstrong ve diğ, 1999). Bunlara ek olarak, karar vericinin bireysel doğası, istekleri ve içinde bulunduğu toplumun alışkanlıkları ile doğrudan ilişkililikten, karar vericinin verdiği kararların yalnızca kendisi üzerindeki değil, toplum ve çevre üzerindeki etkisinin de farkında olmasını gerektiren karmaşık bir süreçtir (Armstrong ve diğ, 1999). ÇÖKV problemleri söz konusu olduğunda, bir alternatifi temsil eden değerlerin belirlenmesi için karar verme, alternatifle ilgili sonuçlar ve belirsiz değişkenler hakkında sahip olunan bilgi ile olduğu kadar, karar vericinin karar verme sürecindeki tutumu, içinde bulunduğu koşullar, ve sahip olduğu düşünsel ve teknolojik kaynaklar ile de etkileşim halindedir (Kárný ve Guy, 2015; Yager, 2009).

Karar verme sürecinin başlıca aktörü olan karar verici, tek bir kişi olabildiği gibi bireylerden oluşan bir grup da karar verici olabilmektedir (Grünig ve Kühn, 2005). Karmaşık karar verme süreçlerinde, karar vermeye ilişkin görevlerin kişiler arasında

paylaştırılması kaçınılmaz olsa da, bu paylaşım sonunda bilginin bir araya getirilmesi ve birbiri ile benzeşmeyen bireysel kararlarda uzlaşma sağlanması gerekmektedir (Kárný ve Guy, 2015). Özellikle bir grup insanın birlikte karar vermesi gerektiği durumlarda, amaçlar ve problemin ne olduğu konusunda yaşanan fikir ayrılıkları, ve problemin çözümüne ilişkin farklı fikirlerin varlığı karar verme sürecini zorlaştırmaktadır (Grünig ve Kühn, 2005). Karar vericiler, karar verme süreçlerinde çoğunlukla deneyimlerinden yararlanmaktadır (Xu ve Zeng, 2014). Bu nedenle, grup kararı söz konusu olduğunda, karar vericilerin firmanın farklı yönetim kademelerinden seçilmesi ve bir grubun üç ile yirmi kişi arasında değişen sayıda üyeye sahip olması önerilmektedir (Chan ve diğ, 2000; Grünig ve Kühn, 2005).

Binalarda çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiş yöntemlerde, tasarım ve yapım süreçlerinde, olası tasarım alternatiflerinin karşılaştırılması, hedeflerin değerlendirilmesi ve müşteri ile mimar arasında iletişimin sağlanması gibi amaçlarla müşteri, mimar, yüklenici, tedarikçi ve ilgili resmi kurumlar karar verici olarak yer alabilmektedir (ISO 21931-1, 2010). Karar vericilerin belirlenmesinde, bu yöntemlerin bina üretim sürecinin hangi aşamasında kullanıldığı ve hangi proje teslim türü kullanılarak gerçekleştirildiği belirleyici olmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan dört temel proje yönetim sistemi, Tasarım-İhale-Yapım, Yapım Yönetimi, Tasarım-Yapım ve Bütünleşik Proje Teslimi sistemleridir (CMAA, 2012; Cox ve diğ, 2011). *Tasarım-İhale-Yapım* proje teslim sisteminde, işveren, mimar ve yüklenici başlıca karar vericilerdir. Bu sistemde tasarım, ihale ve yapım olmak süreçleri sırayla veya eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilmekle birlikte yaygın olarak sırayla gerçekleştirilmektedir (Cox ve diğ, 2011). Bu sistemde ilk olarak işveren mimarla anlaşmaktadır. Mimar tasarım aşamasında proje tasarımını gerçekleştirerek tüm yapım dokümanlarını hazırladıktan sonra ihale gerçekleştirilerek yüklenici seçilmekte ve bu yüklenicinin belirlediği alt yükleniciler tarafından yapım süreci gerçekleştirilmektedir (CMAA, 2012; J.H. Findorff & Son Inc., 2014).

Yapım Yönetimi sisteminde, işveren ve mimarın yanı sıra bina üretimine ilişkin riskleri yöneten bir proje yöneticisi karar verici olarak yer almaktadır (Cox ve diğ, 2011). Tasarım ve yapım süreçlerinin eş zamanlı olarak ilerlediği bu sistemde, proje yöneticisi proje geliştirme ve tasarım süreçlerinde işverenin danışmanı görevini üstlenirken, yapım sürecinde yasal olarak eşit haklara sahip olarak genel yüklenicinin

yerini almaktadır (CMAA, 2012; Cox ve diğ, 2011). Bu sistemde ilk olarak işveren bir mimar ve bir proje yöneticisi ile anlaşmaktadır. Mimar ve proje yöneticisi birlikte çalışarak tasarımı gerçekleştirmekte ve ihale yoluyla alt yükleniciler seçilmektedir (J.H. Findorff & Son Inc., 2014).

Tasarım-Yapım proje teslim sisteminde, işveren ve bir tasarım organizasyonu karar verici olarak yer almaktadır. Mimarlık ve mühendislik servislerini bir arada yürüten ve çok sayıda kişiden oluşan bir tasarım ekibi olan tasarım organizasyonu, bir mimar ya da yüklenici tarafından yönetilmektedir. Bu sistemde, tasarım ve yapım süreçleri eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilirken, yapım ile ilgili bazı kararlar yapım süreci başladıktan sonra da verilebilmektedir (CMAA, 2012; Cox ve diğ, 2011). Bu sistemde ilk olarak işveren bir tasarım organizasyonu ile anlaşmaktadır. Tasarım organizasyonu hem tasarım hem de yapım sürecini gerçekleştirmekte; yapım sürecinde tasarım organizasyonu tarafından belirlenen çok sayıda alt yüklenici yer almaktadır (J.H. Findorff & Son Inc., 2014).

Bütünleşik Proje Teslimi sisteminde, işveren, mimar ve yüklenici en temel düzeyde bulunması zorunlu karar vericilerken, bir bina üretimi sürecinde yer alan tüm paydaşlar eşit düzeyde sorumluluğa sahip olarak karar verici rolünü üstlenmektedir. Tüm karar vericilerin bina üretim sürecinin tamamında rol alması, karar süreçlerinde iş birliğini mümkün kılmaktadır. Tasarım ve yapım süreçleri eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilirken, yapım ile ilgili bazı kararlar yapım süreci başladıktan sonra da verilebilmektedir (Cox ve diğ, 2011). Bu sistemde işveren proje yöneticisi ve tasarım ekibini seçmekte, ve bu üç karar verici eşit düzeyde sorumluluğa sahip olarak projeyi gerçekleştirmektedir (J.H. Findorff & Son Inc., 2014).

4.4 Bölüm Sonucu

Önceki bölümlerde elde edilen bilgiler, bina yapım sürecinin çevresel performansının çok sayıda ölçüt ve alternatif temelinde değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Bu bilgiden yola çıkılarak, bu bölümde ilk olarak çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) problemleri için geliştirilmiş yöntemler analiz edilmiş; daha sonra tez çalışması kapsamında kullanılması öngörülen yöntemler açıklanmıştır.

ÇÖKV yöntemleri incelendiğinde, literatürde çok sayıda yöntem bulunduğu göze çarpmaktadır. Temel olarak karar probleminin ve karar vermede kullanılan verinin

türü ile karar verici sayısı gibi özelliklere göre sınıflandırılan bu yöntemler, birçok alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut ÇÖKV yöntemleri, karar verme probleminin çözümünde sundukları olanaklar ve kısıtlar kapsamında analiz edildiğinde, AHP ve TOPSIS yöntemlerinin tez çalışması kapsamında tanımlanan karar probleminin çözümü için en uygun yöntemler oldukları görülmektedir. Belirsiz ve bulanık durumlarda karar vermeye olanak sağlaması ve değerlendirme sürecinde sözel ifadelerin kullanılmasının karar vericilere sağladığı kolaylıklar nedeniyle bu yöntemlerin bulanık kümeler teorisine dayanarak geliştirilmiş versiyonları olan BAHP ve BTOPSIS yöntemlerinin tez çalışması kapsamında kullanılabileceği öngörülmüştür. TOPSIS yönteminin en çok eleştirilen yönü olan, değerlendirme ölçütlerinin ağırlıklarının belirlenmesinin öznel yapısına çözüm olarak, ölçütlerin ağırlıklarının BAHP yöntemi ile karar vericiler tarafından belirlenmesi önerilmiştir. Sonuç olarak, yapım teknolojilerine ilişkin sayısal verilerin elde edilebildiği durumlarda kullanılmak üzere BAHP-TOPSIS ve elde edilemediği durumlarda kullanılmak üzere BAHP-BTOPSIS bütünleşik yöntemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Süreçte yer alacak karar vericilerin belirlenmesinde ise modelin bina üretim sürecinin hangi aşamasında kullanıldığı, projenin hangi teslim sistemi ile gerçekleştirildiği, süreçte rol alan paydaşların uzmanlık alanları, alanlarında sahip oldukları deneyim, karar problemi ile ilişkili bilgi birikimi ve eğitim seviyesi gibi konular göz önünde bulundurulacaktır.

5. BİNA YAPIM SÜRECİNDE ÇEVRESEL PERFORMANS DEĞERLENDİRME MODELİ (BiYSÇeP)

Çalışmanın “(A4) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performans Değerlendirme Modelinin Geliştirilmesi” aşamasını ele alan bu bölümde, bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesi için geliştirilen model önerisi (BiYSÇeP) tanıtılmaktadır. BiYSÇeP, yapı elemanları sistemleri tasarım alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinde kullanılabilecek yapım teknolojileri seçeneklerinin, çevresel performans ölçütlerine göre değerlendirilmesi ve analiz edilmesi temeline dayanmaktadır. Bu amaçla, BiYSÇeP’in geliştirilme sürecinde ilk olarak yapım teknolojileri sınıflandırılmış; daha sonra yapım süreci ile ilişkili çevresel performans ölçütleri belirlenmiştir. Daha sonra bu ikisi arasındaki ilişkilerin analiz edilmesi ile çeşitli varsayımlar ortaya konmuş ve bu varsayımlar temelinde BiYSÇeP çok ölçütlü bir karar verme modeli olarak tasarlanmıştır.

5.1 Modelin Geliştirilme Süreci

Modelin geliştirilmesi sürecinde gerçekleştirilen aşağıda açıklanan çalışmalar, BiYSÇeP’in temelini oluşturmaktadır:

- Modelin kapsamını oluşturan yapı elemanı sistemleri mevcut literatür temel alınarak tanımlanmıştır.
- Yapım süreci ve yapım teknolojilerine ilişkin mevcut literatür temel alınarak, yapım sürecinin analiz edilmesini kolaylaştırmak üzere yapı elemanları sistemlerini ele alan Yapım Teknolojileri (YT) Sınıflandırması geliştirilmiştir.
- Çevresel değerlendirme ve yönetim ile ilgili uluslararası standartlar, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, ulusal mevzuat ve önceki araştırmalar temel alınarak, yerinde yapım süreci ile ilişkili Çevresel Performans Ölçütleri (ÇPÖ) belirlenmiştir.

- Yapım Teknolojileri Sınıflandırmasında yer alan bileşenler ve Çevresel Performans Ölçütleri arasındaki ilişkiler tanımlanarak modelin geliştirilmesine temel oluşturan varsayımlar açıklanmıştır.

5.1.1 Yapı elemanı sistemlerinin tanımlanması

Çeşitli kaynaklarda yapı elemanları arasında ele alınan mekanik donanımlar ve elektrik sistemleri gibi servis sistemleri bileşenleri ve temeller gibi taşıyıcı sistem bileşenleri BiYSÇeP kapsamı dışında bırakılmıştır. Temel yapı elemanları olarak aşağıda sıralanan sistemler tanımlanmıştır:

- (YE1) Dış Duvar Sistemleri
- (YE2) Çatı Sistemleri
- (YE3) Döşeme Sistemleri
- (YE4) İç Bölme Sistemleri
 - (YE4a) İç bölme duvarlar
 - (YE4b) Yükseltilmiş döşemeler
 - (YE4c) Asma tavanlar
- (YE5) Düşey Sirkülasyon Sistemleri
 - (YE5a) Merdivenler
 - (YE5b) Rampalar
- (YE6) Doğrama Sistemleri

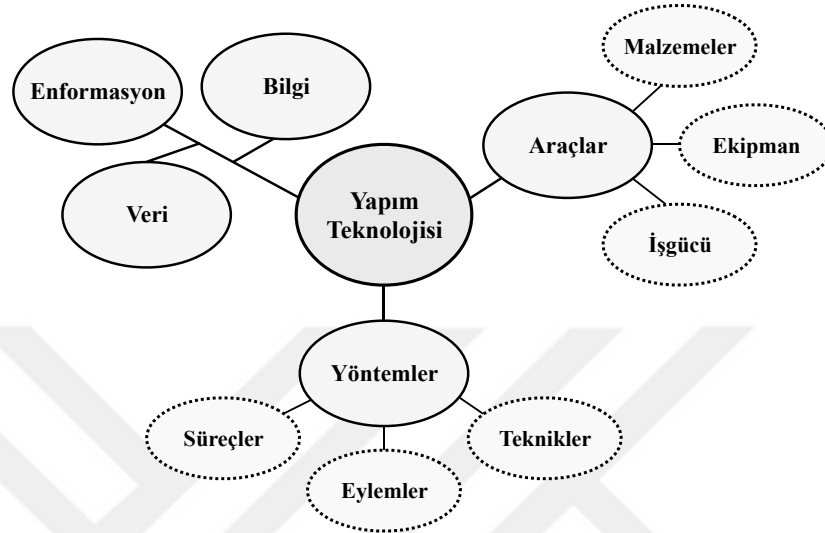
5.1.2 Yapım teknolojilerinin (YT) sınıflandırılması

Yapım Teknolojileri, bina yapım süreci kapsamında ele alındığında, yapım sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli *veri*, *enformasyon* ve *bilgi*, süreçte kullanılan *araçlar* (*malzemeler*, *ekipman* ve *işgücü*) ve süreçte kullanılan *yöntemler* (*takip edilen alt süreçler*, *gerçekleştirilen eylemler* ve *kullanılan yapım teknikleri*) yapım teknolojilerinin başlıca bileşenlerini oluşturmaktadır (Şekil 5.1).

Yapı elemanı yapım süreci ve yapımda kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin (VEB) Veri / Enformasyon / Bilgi aşağıda sıralanan kaynaklardan elde edilecektir:

- Uygulama projesi
- Mimari Teknik Şartname

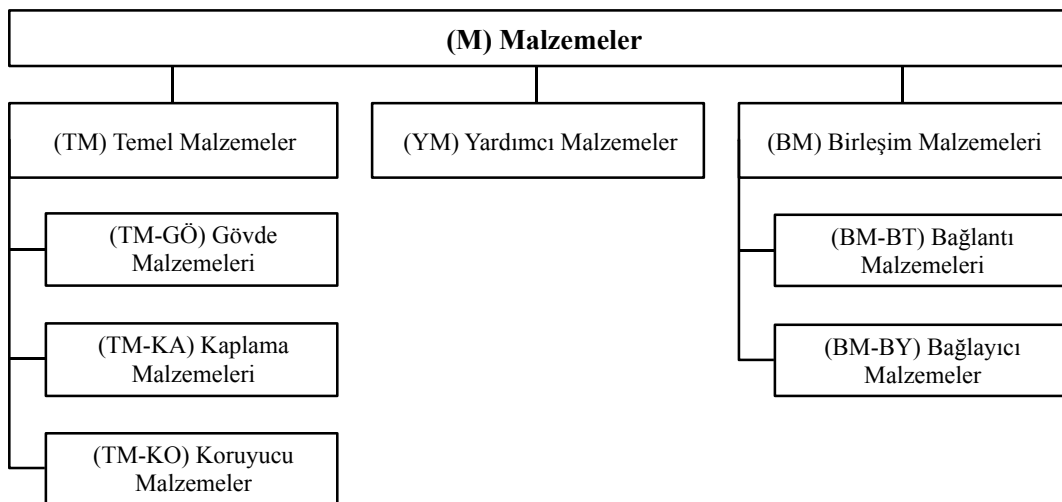
- Metraj dokümanları
- Birim fiyat analizleri
- Malzeme ve ekipman katalogları
- Yüklenici ve alt yüklenicinin önceki benzer yapım işlerine ilişkin raporlar



Şekil 5.1 : Yapım teknolojisi bileşenleri.

(A) Araçlar, bir yapı elemanı sisteminin gerçekleştirilmesi için yapım sürecinde kullanılan malzeme, ekipman ve işgücünü ifade etmektedir.

(M) Malzemeler, çevresel performansı etkileyen başlıca bileşen olan yapım teknikleri ile ilişkileri ve veri elde ve değerlendirme süreçlerinde kolaylık sağlamak amacıyla bir yapı elemanı sisteminde üstlendikleri görevlere göre sınıflandırılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 : (M) Malzemeler sınıflandırması.

(TM) Temel Malzemeler, bir yapı elemanı sisteminin karşılaması gereken performans gereksinimlerini yerine getiren malzemeleri kapsamaktadır.

(TM-GÖ) Gövde Malzemeleri, yapı elemanına etki eden yükleri ve kendi ağırlığını taşımak üzere oluşturulan yapı elemanı çekirdeğini ifade etmektedir. Duvar sisteminde kullanılan gaz beton paneller bölme duvarlarda kullanılan konstrüksiyonlar bu gruba girmektedir.

(TM-KA) Kaplama Malzemeleri, yapı elemanlarının iç ve dış ortamla temas eden yüzeylerinde bitiş sağlamak ve bulunduğu yapı bölümüne göre çeşitli performans gereksinimleri ile birlikte görsel ihtiyaçları da karşılamak üzere kullanılan malzemelerdir. Duvar kaplama panelleri (alüminyum, seramik vb.), boyalar, çatı kaplama malzemeleri (kiremitler, metal paneller vb.) kaplama malzemelerine örnek olarak verilebilir.

(TM-KO) Koruyucu Malzemeler, yapı elemanı bünyesinde çevresel etmenlere ve kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak kullanılan ve böylece ısı, su, ses, hava, yangın vb. etmenlerin kontrol edilmesini sağlayan malzemeleri ifade etmektedir. Isı yalıtımı malzemeleri (genleştirilmiş polistren, taş yünü ve cam yünü levhalar vb.); su yalıtımı ve buhar geçirimsizlik örtüleri (bitümlü örtüler, EPDM örtüler vb.); ses yalıtımı malzemeleri (cam yünü levhalar vb.); yangın yalıtımı malzemeleri (camyünü ve taş yünü levhalar, alçı panolar, özel mastikler, özel kapı ve cam fitilleri vb.) bu gruba girmektedir.

(YM) Yardımcı Malzemeler, bir yapı elemanı sisteminin tamamlanması ve malzemelerin birlikte performans gösterebilmesi için gerekli olan malzemelerdir. Kaplama malzemelerinin montajı için kullanılan ikincil konstrüksiyonlar, ayırıcı örtüler, yağmur suyu iniş boruları vb. yardımcı malzemeler olarak tanımlanabilir.

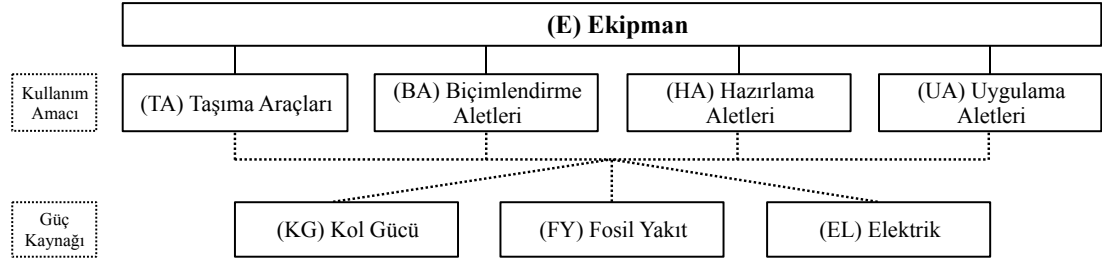
(BM) Birleşim Malzemeleri, temel ve yardımcı malzemelerin bir araya getirilmesi için kullanılan malzemelerdir.

(BM-BT) Bağlantı Malzemeleri, temel ve yardımcı malzemelerin mekanik (kuru) birleşim yoluyla bir araya getirilmesinde kullanılan çivi, vida, cıvata, somun vb. malzemelerdir.

(BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler, temel ve yardımcı malzemelerin plastik (ıslak) birleşim yoluyla bir araya getirilmesinde kullanılan hazır yapıştırıcılar, yerinde

hazırlanan yapıştırıcılar / harçlar vb. ile hazır veya yerinde hazırlanan sıva, şap vb. yardımcı malzemeleri ifade etmektedir.

(E) Ekipman, kullanım amaçlarına ve kullanım sırasında gerekli olan güç kaynağına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : (E) Ekipman sınıflandırması.

(TA) Taşıma Araçları, bir yapı elemanı sisteminin yapım sürecinde kullanılan malzemelerin yapım alanı içinde taşınması ve yükseltilmesi gibi amaçlar için kullanılan taşıtları ve iş makinelerini ifade etmektedir. Kol gücüyle çalışan el arabaları, fosil yakıtla çalışan kamyonlar, elektrikle çalışan forkliftler bu araçlara örnek olarak gösterilebilir.

(BA) Biçimlendirme Aletleri, biçimlendirilmiş yapı malzemelerinin, gerekli olduğu hallerde, yapı alanı içinde yeniden boyutlandırılması, yeni bir biçim verilmesi vb. amaçlarla gerçekleştirilen eylemler sırasında kullanılan aletlerdir. Kol gücüyle çalışan kesme makineleri, elektrikle çalışan testereler biçimlendirme aleti örnekleridir.

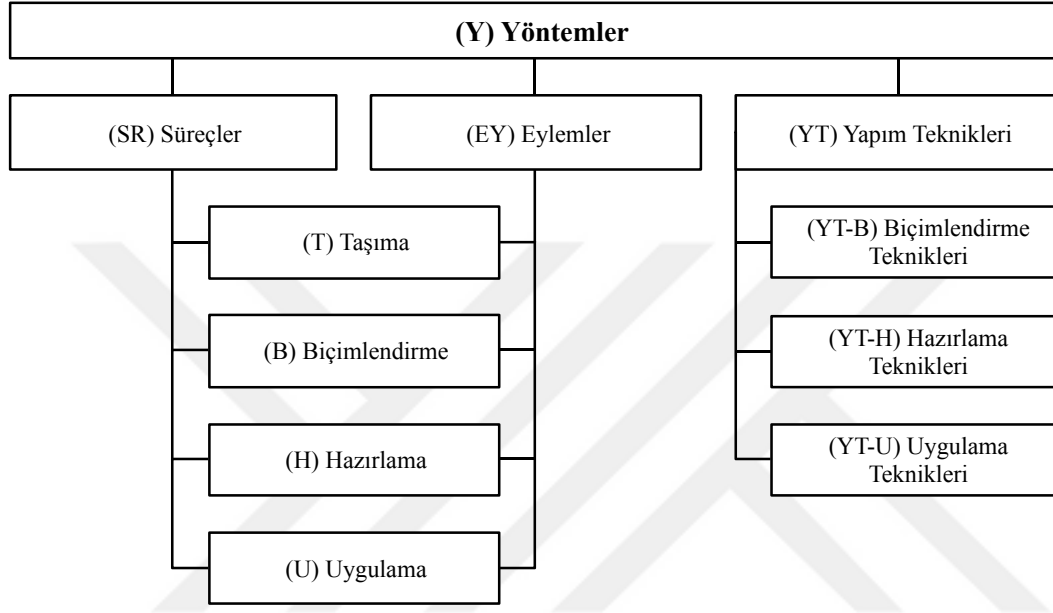
(HA) Hazırlama Aletleri, biçimlendirilmemiş yardımcı malzemelerin (sıva vb.) ve yerinde hazırlanan bağlayıcı malzemelerin (seramik yapıştırıcısı vb.) hazırlanması sırasında kullanılan aletlerdir. Elektrik gücüyle çalışan karıştırıcı matkaplar bu gruba girmektedir.

(UA) Uygulama Aletleri, bir yapı elemanını oluşturacak malzemelerin bir araya getirilmesi sırasında kullanılan aletleri kapsamaktadır. Kol gücüyle çalışan çekiç, fosil yakıtla çalışan şap makinaları ve elektrik gücüyle çalışan matkaplar bu aletlere örnek olarak gösterilebilir.

(İ) İşgücü, yapı elemanlarının yerinde yapım sürecini gerçekleştiren işgücü, yapım sürecine ilişkin bilgi düzeyi temel alınarak Düz İşçi ve Uzmanlaşmış İşçi olmak üzere iki temel düzeyde ele alınmıştır. Düz İşçi, yapım sürecine ilişkin bilgi ve

deneyim düzeyi daha düşük olan işgücünü; Uzmanlaşmış İşçi ise belirli uygulama süreçlerine ilişkin eğitim almış, yapımına ilişkin belli bir bilgi ve deneyim düzeyine sahip işgücünü ifade etmektedir.

(Y) Yöntemler, bir yapı elemanı sisteminin oluşturulması için yapım sürecinde takip edilen süreçleri, gerçekleştirilen eylemleri ve kullanılan yapım tekniklerini ifade etmektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : (Y) Yöntemler sınıflandırması.

(SR) Süreçler, bir yapı elemanın sisteminin oluşturulması sırasında gerçekleştirilen temel aşamaları; (EY) Eylemler, bu süreçlerde yerine getirilen aktiviteleri ifade etmektedir.

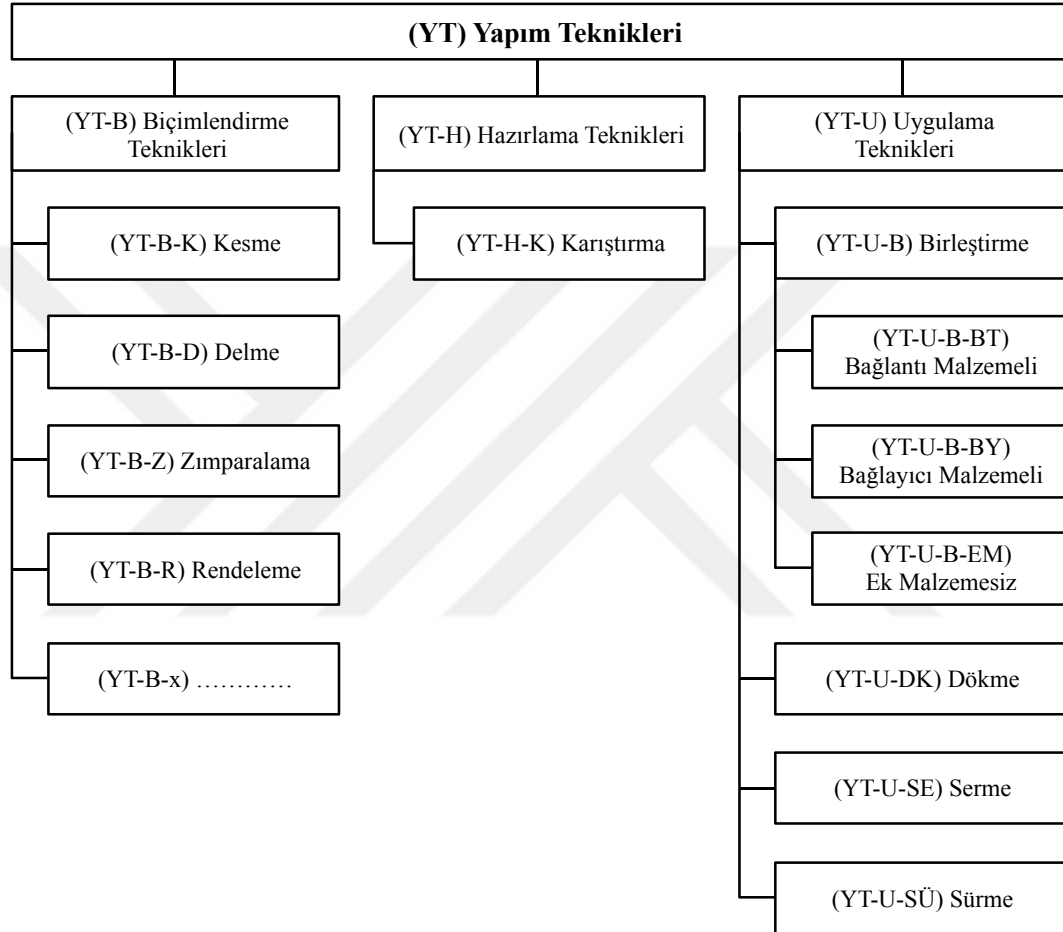
(T) Taşıma, bir yapı elemanını oluşturmak için gerekli olan her türlü malzemenin yapım alanı (şantiye) sınırları içinde depolardan yapımın gerçekleştiği alana taşınması, gerekli olduğu hallerde yükseltilmesi vb. süreçleri ve bu amaçlarla gerçekleştirilen eylemleri temsil etmektedir.

(B) Biçimlendirme, malzemelere yapım alanı içinde, gerekli olduğu hallerde, yeni bir biçim vermek, yeniden boyutlandırmak vb. amaçlarla gerçekleştirilen eylemleri ve süreci ifade etmektedir.

(H) Hazırlama, özellikle toz / parçacık halinde yapım alanına getirilen bağlayıcı malzemelerin ya da bileşenlerin uygulama için hazırlanması sırasında takip edilen süreçleri ve yerine getirilen eylemleri temsil etmektedir.

(U) Uygulama, malzemelerin bir yapı elemanı sistemini oluşturmak üzere bir araya getirilmesinde takip edilen süreçleri ve gerçekleştirilen eylemleri ifade etmektedir.

(YT) Yapım Teknikleri, bir yapı elemanını oluşturmak için gerçekleştirilmesi gereken süreçlerde ve eylemlerde kullanılan çeşitli teknikleri ifade etmektedir. Çalışma kapsamında, yerinde yapım sürecinde kullanılan yapım teknikleri ele alınarak sınıflandırılmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : (YT) Yapım teknikleri sınıflandırması.

(YT-B) Biçimlendirme Teknikleri, biçimlendirilmiş olarak yapım alanına getirilen malzemelerin, gerekli olduğu hallerde yapım alanında tekrar biçimlendirilmesi sırasında uygulanan tekniklerdir.

(YT-B-K) Kesme, malzemelere yeni bir form vermek ya da boyutlandırmak için uygulanan tekniktir.

(YT-B-D) Delme, bağlantı malzemeli birleşim kullanıldığı durumlarda, bağlantı malzemelerinin özelliklerine bağlı olarak yapı elemanını oluşturan temel ya da

yardımcı malzemelerin uygulama için hazırlanmasında kullanılan tekniktir.

(YT-B-Z) Zımparalama, temel ya da yardımcı malzemelerde biçimlendirme süreçleri sonunda oluşan bozulmaların düzeltilmesi için kullanılmaktadır.

(YT-B-R) Rendeleme, özellikle ahşap malzemelerin yüzeylerinin düzeltilmesi için kullanılmaktadır.

(YT-H) Hazırlama Teknikleri, özellikle yerinde hazırlanan bağlayıcı malzemelerin uygulamaya hazır hale getirilmesi için kullanılmaktadır.

(YT-H-K) Karıştırma, yerinde hazırlanan bağlayıcı malzemelerin bünyesinde bulunan bağlayıcı malzeme, su, agrega vb. tüm bileşenlerin karıştırılarak hazırlanmasını ifade etmektedir.

(YT-U) Uygulama Teknikleri, bir yapı elemanının oluşturan temel ve yardımcı malzemelerin bir araya getirilmesinde kullanılan tekniklerdir.

(YT-U-B) Birleştirme, malzemelerin bağlantı malzemeleri ve bağlayıcı malzemeler kullanımıyla ya da herhangi ek bir malzeme kullanımına gerek olmaksızın bir araya getirilmesinde kullanılan tekniklerdir.

(YT-U-B-BT) Bağlantı Malzemeli Birleştirme, temel ya da yardımcı malzemelerin bağlantı malzemeleri kullanılarak mekanik (kuru) birleşim yoluyla bir araya getirilmesini ifade etmektedir.

(YT-U-B-BY) Bağlayıcı Malzemeli Birleştirme, temel ya da yardımcı malzemelerin yerinde hazırlanan ya da hazır (sıvı kıvamlı) bağlayıcı malzemeler kullanılarak plastik (ıslak) birleşim yoluyla bir araya getirilmesini ifade etmektedir.

(YT-U-B-EM) Ek Malzemesiz Birleştirme, malzemelerin bağlantı malzemesi ya da bağlayıcı malzeme gibi herhangi ek bir malzemeye gereksinim olmadan bir araya getirilmesinde kullanılan; kaynak, lehim, ısıtılabilir kaynak (şalümo alevi vb.), lamba-zıvana birleşim vb. tekniklerle bir araya getirilmesini ifade etmektedir.

(YT-U-DK) Dökme, yerinde hazırlanan ya da hazır (sıvı kıvamlı) bağlayıcı malzemelerin bir kalıp içine dökülerek yapı elemanı bünyesine uygulanmasında kullanılan bir tekniktir.

(YT-U-SE) Serme, biçimlendirilmiş ya da biçimlendirilmemiş (tanecikli formda) malzemelerin bir yüzeye serbest olarak serilmesini ifade etmektedir.

(YT-U-SÜ) Sürme, yerinde hazırlanan ya da hazır (sıvı kıvamlı) bağlayıcı malzemelerin ya da bitirme amaçlı kullanılan boya, vernik vb. kaplama malzemelerinin bir yüzey üzerine sürülerek uygulanmasını ifade etmektedir.

5.1.3 Çevresel performans ölçütlerinin (ÇPÖ) belirlenmesi

Çevresel performans değerlendirme yöntemlerinin ortak ve doğrulanabilir kaynaklara atıfta bulunması, çevresel performansın geliştirilmesi için ilgili paydaşların etkin stratejiler ortaya koymasına olanak sağlaması, detaylı bilgi sağlaması ve anahtar çevresel performans göstergeleri olarak ele alınan etmenlerin ve onların göreceli önemlerinin açıkça tanımlanması ile tasarım sürecini desteklemesi temel özelliklerini karşılaması beklenmektedir (ISO 21931-1, 2010). Bu amaçlara erişebilmek için, çevresel performans değerlendirme yöntemlerinin sınırlı sayıda ölçütlere referans vermesi ve kesinlik ile uygulanabilirlik arasında bir denge sağlaması gerekmektedir (ISO 21931-1, 2010). Yapım sürecinin çevresel performansını belirleyen ölçütler, bu koşullar göz önünde bulundurularak belirlenmiş ve binaların çevresel değerlendirmesi için gerekli ölçütlerin tanımlandığı standartlar temel alınarak Çevresel Zarar Kategorileri (ÇZ), Çevresel Koşullar (ÇK) ve onlarla ilişkili Çevresel Göstergeler (ÇG) olmak üzere üç düzeyde ortaya konmuştur.

Çevresel Koşullar, yapım sürecinin çevre üzerinde değişikliğe sebep olan faaliyetlerine bağlı olarak oluşan olumsuz etkileri ifade ederken; Çevresel Göstergeler çevresel koşulları açıklayarak, koşulların ölçülebilir temsilini sağlamakta ve yapım sürecinin çevresel performansı hakkında bilgi vermektedir. Çevresel Zarar Kategorileri ise Çevresel Koşulların üst ölçekte etkisini tanımlamaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifikasyon sistemleri, ulusal mevzuat temel ve bu alanda yapılmış önceki araştırmaların analiz edilmesiyle belirlenen yapım süreci ile ilişkili Çevresel Zarar Kategorileri, Çevresel Koşullar ve Çevresel Göstergeler Çizelge 5.1’de gösterilmektedir.

Başlıca Çevresel Zarar Kategorileri, YDD yöntemlerinde tanımlanan son nokta kategorileri temel alınarak, (ÇZ1) Kaynaklar, (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı olarak tanımlanmıştır. Kaynaklar zarar kategorisi, mineral ve fosil yakıt kaynaklarının çıkarılması; Ekosistem Kalitesi zarar kategorisi, belli bir zamanda ve belli bir alanda türlerin kaybı; İnsan Sağlığı zarar kategorisi ise çeşitli çevresel etkiler yüzünden ortaya çıkan hastalıklarla ilişkisi çerçevesinde ele alınmıştır (Eco-indicator

99 Manual for Designers, 2000). Yapım süreci ile ilgili Çevresel Koşullar ve bu koşullarla ilişkili Çevresel Göstergeler referans kaynaklar temel alınarak belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.1 : Yapım süreci çevresel performans ölçütleri.

Çevresel Zarar Kategorileri (ÇZ)	Çevresel Koşullar (ÇK)	Çevresel Göstergeler (ÇG)
(ÇZ1) Kaynaklar	(ÇK1) Yenilenemeyen Enerji Tüketimi	(ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi
		(ÇG2) Elektrik Tüketimi
(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi	(ÇK2) Doğal Kaynaklara Zarar	(ÇG3) Su Tüketimi
	(ÇK3) Karada Zehirlilik	(ÇG4) Katı Atık Oluşumu
	(ÇK4) Suda Zehirlilik	
(ÇZ3) İnsan Sağlığı	(ÇK5) Solunum Yolları Hasarları	(ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu
	(ÇK6) İşitsel Problemler	(ÇG6) Gürültü Oluşumu
	(ÇK7) İskelet / Kas Sistemi Hasarları	(ÇG7) Titreşim Oluşumu

(ÇK1) Yenilenemeyen Enerji Tüketimi, insan zaman ölçeğinde yenilenemeyecek sabit bir miktarda bulunan kaynaklar ile ilişkilidir (ISO 21931-1, 2010). Bu konuda yapılan çok sayıda istatistiksel çalışma, kolaylıkla ulaşılabilen ve elde edilebilen fosil yakıt kaynaklarının zaman içinde azaldığını ve azalmaya devam edeceğini ortaya koymaktadır (Eco-indicator 99 Manual for Designers, 2000). Bu nedenle, (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır. Buna ek olarak, elektrik enerjisi de üretimi sürecinde kullanılan yenilenemeyen enerji kaynağının türüne bağlı olarak, değişen düzeylerde sera gazı emisyonları açığa çıkmasına sebep olmaktadır (Özcan ve Öztürk, 2015). Bu nedenle, (ÇG2) Elektrik Tüketimi bu çevresel koşulun bir diğer göstergesi olarak tanımlanmıştır.

(ÇK2) Doğal Kaynaklara Zarar, ekosistem kalitesi ile ilişkili olarak, belirli bir alanda, belirli bir zaman boyunca ekosisteme ait türlerin ve bileşenlerin kaybını ifade etmektedir (Eco-indicator 99 Manual for Designers, 2000). Su kaynaklarının çekilmesi, kaynağın bulunduğu bölgeye bağlı olarak, ekosistem kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Humbert ve diğ., 2002). Yapım sürecinde yerinde uygulamalar sırasında kullanılan su miktarı, doğal kaynaklar ve ekosistem kalitesi

üzerinde oluşan yükler dolayısıyla önem kazanmaktadır (ISO 21931-1, 2010). Bu nedenle, (ÇG3) Su Tüketimi bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

(ÇK3) Karada Zehirlilik ve (ÇK4) Suda Zehirlilik, toprağa ve suya zararlı maddelerin karışması ile oluşmakta ve ekosistem kalitesi üzerinde yük yaratmaktadır (Humbert ve diğ, 2002; Eco-indicator 99 Manual for Designers, 2000). Yapım süresince açığa çıkan malzeme ambalajları ve fireleri, bu etkilere sebep olan atıklar olarak ele alınmaktadır (ISO 21931-1, 2010). Bu nedenle, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu bu çevresel koşulların ortak göstergesi olarak tanımlanmıştır.

(ÇK5) Solunum Yolları Hasarları, havaya yayılmış, zararlı olduğu belirlenmiş inorganik bileşenlere maruz kalma sonucunda açığa çıkmaktadır (Humbert ve diğ, 2002; ISO/DIS 21930, 2016). Yapım süresince açığa çıkan bu bileşenler, özellikle işgücünün sağlığı üzerinde etkili olmaktadır (USGBC, 2014). Yapım alanlarında çalışanların tozun etkilerinden korunmaları ve tozdan kaynaklı ortaya çıkabilecek risklerin önlenmesi sağlanmalıdır (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 2013). Bu nedenle, (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

(ÇK6) İşitsel Problemler, yapım işleri sırasında açığa çıkan gürültü ve çalışanların gürültü kaynaklı sağlık problemlerinden korunması ile ilişkilidir (BRE, 2016; (Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013). Gürültü oluşturan işlerin belirlenmesi ve sınırlandırılması, çalışanların işitme ile ilgili risklerle karşılaşmasının önlenmesi için önemlidir (Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013). Bu nedenle, (ÇG6) Gürültü Oluşumu bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

(ÇK7) İskelet / Kas Sistemi Hasarları, yapım işleri sırasında oluşan titreşim ve çalışanların titreşim kaynaklı sağlık problemlerinden korunması ile ilişkilidir (BRE, 2016; Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013). Titreşim oluşturan işlerin belirlenmesi ve sınırlandırılması, çalışanların mekanik titreşim dolayısıyla karşılaşabileceği iskelet ve kas sistemi hasarlarının önlenmesi için önemlidir (Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013). Bu nedenle, (ÇG7) Titreşim Oluşumu bu çevresel koşulun göstergesi olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 5.2 : Çevresel koşullar ve ilişkili çevresel göstergelerin tanımlanmasında yararlanılan referans kaynaklar.

Çevresel Koşullar (ÇK)	Çevresel Göstergeler (ÇG)	Uluslararası Standartlar	YDD Araçları ve Yöntemleri	Yeşil Bina Sertifika Sistemleri	Ulusal Mevzuat	Önceki Araştırmalar
(ÇK1) Yenilenemeyen Enerji Tüketimi	(ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi	ISO 21931-1 ISO/DIS 21930 BS EN ISO 14001	ATHENA Impact Estimator, ATHENA EcoCalculator, Envest, LCAid, LISA, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, ReCiPe 2008	BREEAM	-	Cole, (2000), Pollo ve Rivotti (2004), Z. Chen ve diğ. (2005), Shen ve diğ. (2005), Bilec ve diğ. (2006), Guggemos ve Horvath (2006), Y. Chen ve diğ. (2010), Li ve diğ. (2010), Waris ve diğ. (2014), Zou ve Moon (2014), Dong ve Ng (2015)
	(ÇG2) Elektrik Tüketimi	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001	-	BREEAM	-	Cole (2000), Pollo ve Rivotti (2004), Z. Chen ve diğ. (2005), Shen ve diğ. (2005), Bilec ve diğ. (2006), Guggemos ve Horvath (2006), Y. Chen ve diğ. (2010), Waris ve diğ. (2014), Zou ve Moon (2014)
(ÇK2) Doğal Kaynaklara Zarar	(ÇG3) Su Tüketimi	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001	ATHENA Impact Estimator, Envest, LCAid, LISA, IMPACT 2002+, ReCiPe 2008	BREEAM	-	Chen ve diğ. (2005), Bilec ve diğ. (2006), Gangolels ve diğ. (2009), Y. Chen ve diğ. (2010), Li ve diğ. (2010), Zou ve Moon (2014)

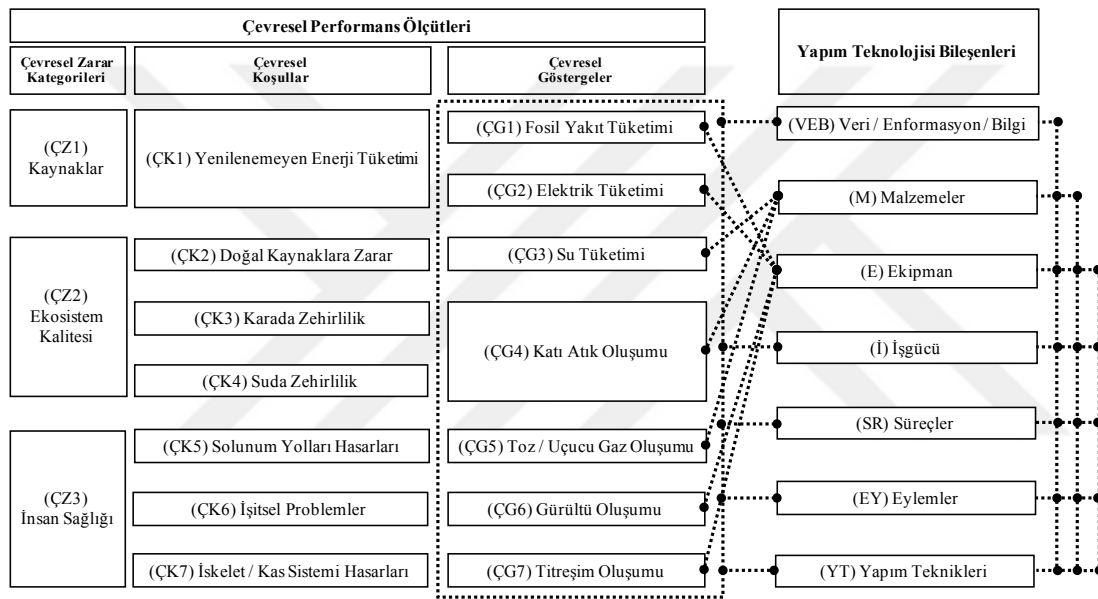
Çizelge 5.2 (devam) : Çevresel koşullar ve ilişkili çevresel göstergelerin tanımlanmasında yararlanılan referans kaynaklar.

Çevresel Koşullar (ÇK)	Çevresel Göstergeler (ÇG)	Uluslararası Standartlar	YDD Araçları ve Yöntemleri	Yeşil Bina Sertifika Sistemleri	Ulusal Mevzuat	Önceki Araştırmalar
(ÇK3) Karada Zehirlilik	(ÇG4) Atık Oluşumu	ISO 21931-1 ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001 BS EN ISO 14031	ATHENA Impact Estimator, ATHENA EcoCalculator, Eco-Quantum, Envest, LCAid, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, ReCiPe 2008	BREEAM LEED	Atık yönetimi Yönetmeliği	Cole (2000), Pollo ve Rivotti (2004), Z. Chen ve diğ. (2005), Shen ve diğ. (2005), Guggemos ve Horvath (2006), Y. Chen ve diğ. (2010), Li ve diğ. (2010), Zou ve Moon (2014), Dong ve Ng (2015)
(ÇK4) Suda Zehirlilik						
(ÇK5) Solunum Yolları Hasarları	(ÇG5) Toz/Uçucu Gaz Oluşumu	ISO/DIS21930 BS EN ISO 14001 BS EN ISO 14031	ATHENA Impact Estimator, Eco-Quantum, Envest, LCAid, LISA, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, ReCiPe 2008	LEED	Tozla Mücadele Yönetmeliği	Cole (2000), Pollo ve Rivotti (2004), Shen ve diğ. (2005), Guggemos ve Horvath (2006), Gangolels ve diğ. (2009), Li ve diğ. (2010), Waris ve diğ. (2014), Zou ve Moon (2014), Dong ve Ng (2015)
(ÇK6) İşitsel Problemler	(ÇG6) Gürültü Oluşumu	ISO 21931-1	-	BREEAM	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	Cole (2000), Shen ve diğ. (2005), Gangolels ve diğ. (2009), Waris ve diğ. (2014), Zou ve Moon (2014)
(ÇK7) İskelet / Kas Sistemi Hasarları	(ÇG7) Titreşim Oluşumu	-	-	BREEAM	Çalışanların Titreşim ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	Gangolels ve diğ. (2009), Waris ve diğ. (2014), Zou ve Moon (2014)

5.1.4 YT ve ÇPÖ arasındaki ilişkilerin tanımlanması

Yapım Teknolojisi ile Çevresel Performans Ölçütlerini temel alan ilişkiler ağı, modelin geliştirilmesi için gerekli olan altyapıyı sağlamakla birlikte; veri elde etme örüntülerinin de temelini oluşturmaktadır. Bu ilişkiler ağı, iki düzeyde ele alınmaktadır (Şekil 5.6):

- Yapım teknolojisi bileşenleri arasındaki ilişkiler
- Yapım teknolojisi bileşenleri ile çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler



Şekil 5.6 : Yapım teknolojisi bileşenleri ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler.

Yapım teknolojisi bileşenleri arasındaki ilişkiler, bu bileşenlerin çevresel performans ve karar verme süreci üzerinde oynadığı rolü ifade etmesi açısından önemlidir. Bu ilişkiler ve gerekçeleri aşağıda açıklanmaktadır:

- (VEB) Veri / Enformasyon / Bilgi, diğer yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin karar sürecinin her aşamasında en önemli girdi olması dolayısıyla, tüm bileşenlerle doğrudan bir ilişkiye sahiptir. Yapım sürecinde kullanılacak (M) Malzeme, (E) Ekipman, (İ) İşgücü ve (YT) Yapım Tekniklerinin seçilmesi; her yapım sürecine özgü (SR) Süreçler ve (EY) Eylemlerin tanımlanması ve planlanması, çok çeşitli (VEB) Veri / Enformasyon / Bilgi kaynağının kullanılması ile mümkün olmaktadır.

- (M) Malzeme seçimi (T) Taşıma, (B) Biçimlendirme ve (H) Hazırlama (SR) Süreçlerinde kullanılacak (E) Ekipmanların tanımlanması; (B) Biçimlendirme ve (H) Hazırlama (SR) Süreçlerine olan ihtiyacın belirlenmesi; (YT) Yapım Tekniklerinin seçilmesi; tüm (SR) Süreçlerde gerçekleştirilecek (EY) Eylemlerin tanımlanması; (E) Ekipman kullanımından ve (SR) Süreçler ile (EY) Eylemlerin gerçekleştirilmesinden sorumlu (İ) İşgücünün belirlenmesi üzerinde etkilidir.
- (YT) Yapım Teknikleri, (U) Uygulama (SR) Sürecinde kullanılacak (E) Ekipmanların ve gerçekleştirilecek (EY) Eylemlerin tanımlanması; (E) Ekipman kullanımından ve (EY) Eylemlerin gerçekleştirilmesinden sorumlu (İ) İşgücünün belirlenmesi üzerinde etkilidir.

Yapım Teknolojisi bileşenleri ile yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi için Çevresel Zarar Kategorileri ve Çevresel Koşulların ölçülebilir temsili olarak tanımlanan Çevresel Göstergeler arasındaki ilişkiler ve gerekçeleri aşağıda açıklanmaktadır:

- (VEB) Veri / Enformasyon / Bilgi, ilişkili olduğu yapım teknolojisi bileşenleri dolayısıyla, tüm çevresel göstergeler ile dolaylı bir ilişkiye sahiptir.
- (M) Malzeme, kullanılan birleşim malzemesinin özelliklerine bağlı olarak (ÇG3) Su tüketimi ile ilişkilidir. Bağlantı malzemesi, hazır bağlayıcı malzeme ya da yerinde hazırlanan bağlayıcı malzeme kullanımı, yapım sürecindeki su tüketim miktarını etkilemektedir.
- (M) Malzeme, malzemelerin ambalajlanma özelliklerine ve biçimlendirme gereksinimlerine bağlı olarak (ÇG4) Katı Atık Oluşumu ile ilişkilidir. Malzeme ambalajları ve biçimlendirme sırasında açığa çıkan malzeme parçaları katı atık oluşumuna sebep olmaktadır.
- (M) Malzeme, bağlayıcı malzemenin türü, malzemelerin biçimlendirme gereksinimi ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu ile ilişkilidir. Bağlayıcı malzemenin yapım yerinde hazırlanması ve malzemelerin biçimlendirilmesi eylemleri toz oluşumuna sebep olurken; zehirli bileşen içerikli malzeme kullanımı biçimlendirme ve hazırlama eylemleri sırasında uçucu gaz oluşumuna sebep olmaktadır.

- (E) Ekipman, kullanım sırasında gerekli olan enerji kaynağı türüne bağlı olarak (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi ile ilişkilidir. Yenilenemeyen bir yakıt türü olan fosil yakıtların kullanımı, doğadan elde edilmesi sırasında çevre üzerinde olumsuz etkilere ve kullanım sürecinde karbondioksit emisyonlarının açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılarak üretilen elektrik enerjisi ise benzer şekilde üretimine kullanılan yenilenemeyen enerji kaynaklarının doğadan elde edilmesi sırasında ve üretim sürecinde açığa çıkan karbondioksit emisyonlarına bağlı olarak çevresel etkilere sebep olmaktadır.
- (E) Ekipman, kullanım sırasında açığa çıkan gürültü seviyesi nedeniyle (ÇG6) Gürültü Oluşumu ile ilişkilidir. Araçlar ve aletler, sebep oldukları gürültü seviyelerine ve kullanım sürelerine bağlı olarak, başta kullanan işgücü olmak üzere, yapım alanı çevresinde yaşayanlar üzerinde de işitsel problemlere sebep olmaktadır.
- (E) Ekipman, kullanım sırasında oluşan titreşim seviyesi nedeniyle (ÇG7) Titreşim Oluşumu ile ilişkilidir. Özellikle enerji ile çalışan ekipmanların titreşim seviyesi, uzun süreli kullanımlarda işgücünde iskelet ve kas sistemi hasarlarına sebep olmaktadır.
- (İ) İşgücü, sahip olunan bilgi ve deneyim düzeyi ile tüm çevresel göstergeler üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir.
- (SR) Süreçler, bu süreçlerde gerçekleştirilen (EY) Eylemler ve kullanılan (YT) Yapım Teknikleri tüm çevresel göstergeler üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir.

5.2 BiYSÇeP Modeli

BiYSÇeP modeli, yapı elemanı sistemlerine ait tasarım alternatiflerinin yerinde yapım sürecinin çevresel performansını değerlendirmek üzere, yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin seçeneklerin çevresel performans ölçütlerine göre analiz edilmesi temeline dayanmaktadır. Özellikle çevresel performans ölçütleri ile doğrudan ilişkili yapım teknolojisi bileşenleri olan (M) Malzeme ve (E) Ekipman seçeneklerinin bu ilişkiler kapsamında sahip oldukları özellikler modelin temelini oluşturmakta; dolaylı ilişkilere sahip yapım teknolojisi bileşenleri de analiz sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Çok sayıda alternatif ve

ölçüt temelinde karar vermeyi gerektiren bu durum nedeniyle BiYSÇeP, çok ölçütlü bir karar verme modeli olarak geliştirilmiştir. Yapım Teknolojisi sınıflandırması, Çevresel Performans Ölçütleri ve bunlar arasındaki ilişkiler modelin kuramsal altyapısını; Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemleri ise matematiksel temellerini oluşturmaktadır.

BiYSÇeP, yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin kararların verildiği uygulama projesinin geliştirildiği yapısal tasarım aşamasında ve yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin planlamanın yapıldığı yapım öncesi planlama aşamasında farklı kullanıcılar tarafından kullanılabilir. Böylelikle, yapısal tasarım aşamasında yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin tahminlerde bulunmak ve tasarımda yapılacak güncellemelerle yapım sürecinin çevresel etkilerini azaltmak; yapım planlama aşamasında yapılacak değerlendirme ve analizlerle yüklenicinin çevresel performansını iyileştirmek ve çevresel performanslarına göre alt-yüklenicilerin seçimi mümkün olmaktadır.

5.2.1 Modelin genel yapısı

Çok ölçütlü bir karar verme modeli olan BiYSÇeP'in geliştirilmesinde ortaya konan temel kabuller aşağıda açıklanmaktadır:

Karar problemi, bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi olarak tanımlanmıştır.

Amaç, yapı elemanı sistemlerine ilişkin tasarım alternatiflerinin yerinde yapım sürecindeki çevresel performanslarına göre değerlendirilmesi ve yapım teknolojisi bileşenlerinde yapılabilecek iyileştirmeler için çıkarımlar yapmaktır.

Karar ölçütleri, Çevresel Performans Ölçütleri temel alınarak tanımlanmıştır. Buna göre, Çevresel Zarar Kategorileri (ÇZ) karar hiyerarşisinde başlıca ölçütleri, Çevresel Göstergeler ise alt ölçütleri ifade etmektedir. Çevresel Göstergelerin Çevresel Koşulların ölçülebilir temsili olmaları nedeniyle Çevresel Koşullara modelde yer verilmemiştir.

Değerlendirilecek alternatifler, yapı elemanı sistemlerine ait tasarım seçenekleri, olarak tanımlanmıştır.

Karar hiyerarşisi, modelin amacı, Çevresel Zarar Kategorileri, iki düzeyde Çevresel Göstergeler ve değerlendirilecek n sayıda alternatiften oluşmaktadır (Şekil 5.7).

Karar verici(ler), genel olarak işveren(ler), mimar(lar), yüklenici, tasarım-yapım ekibi, alt yüklenici(ler) ve proje yöneticisi olarak tanımlanmıştır. Karar vericilerin binaların çevresel performansı ile ilgili temel düzeyde bilgi birikimine ve deneyime sahip olması beklenmektedir.

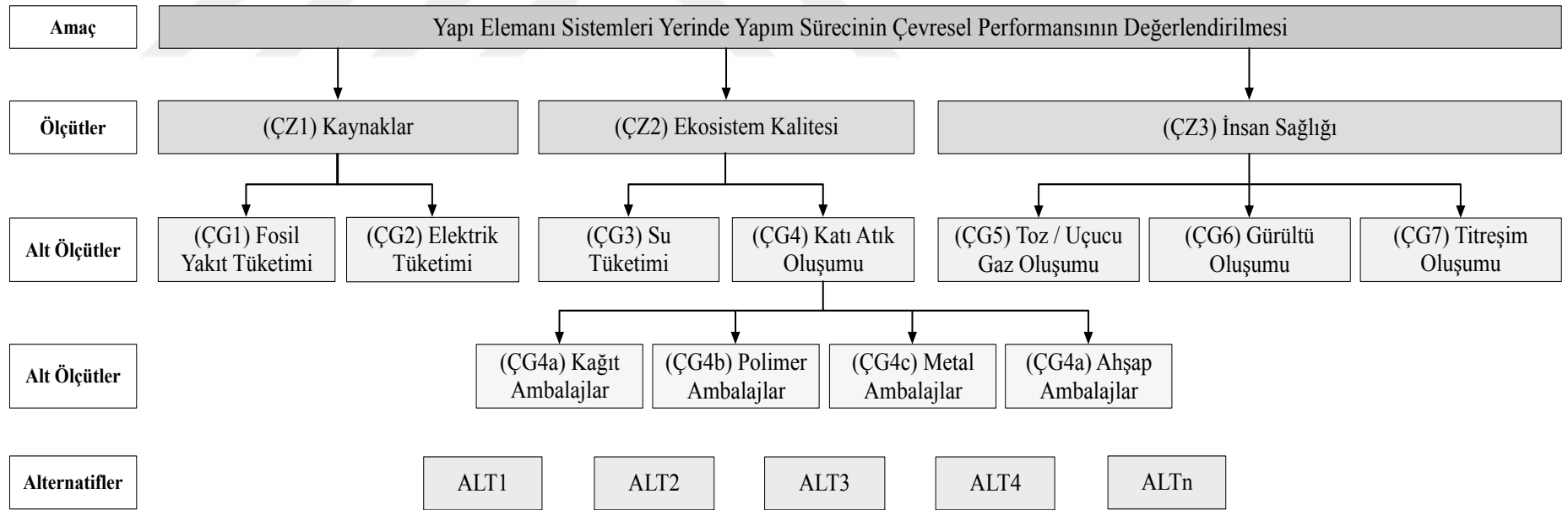
Karar ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması, karar vericiler tarafından ölçütlerin ikili karşılaştırmalar ile değerlendirilmesi esasına dayanan BAHF yöntemi ile gerçekleştirilmektedir (Bkz. Bölüm 4.2.2).

Alternatiflerin sıralanması, TOPSIS ve BTOPSIS yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Bkz. Bölüm 4.2.3 ve Bölüm 4.2.4). Tasarım alternatiflerinin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilebildiği durumlarda TOPSIS; sayısal verilerin elde edilemediği durumlarda, karar vericilerin tasarım alternatiflerini kullanılan yapım teknolojisi bileşenleri temelinde yorumlayarak çevresel performans ölçütleri kapsamında değerlendirmesi temeline dayanan BTOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

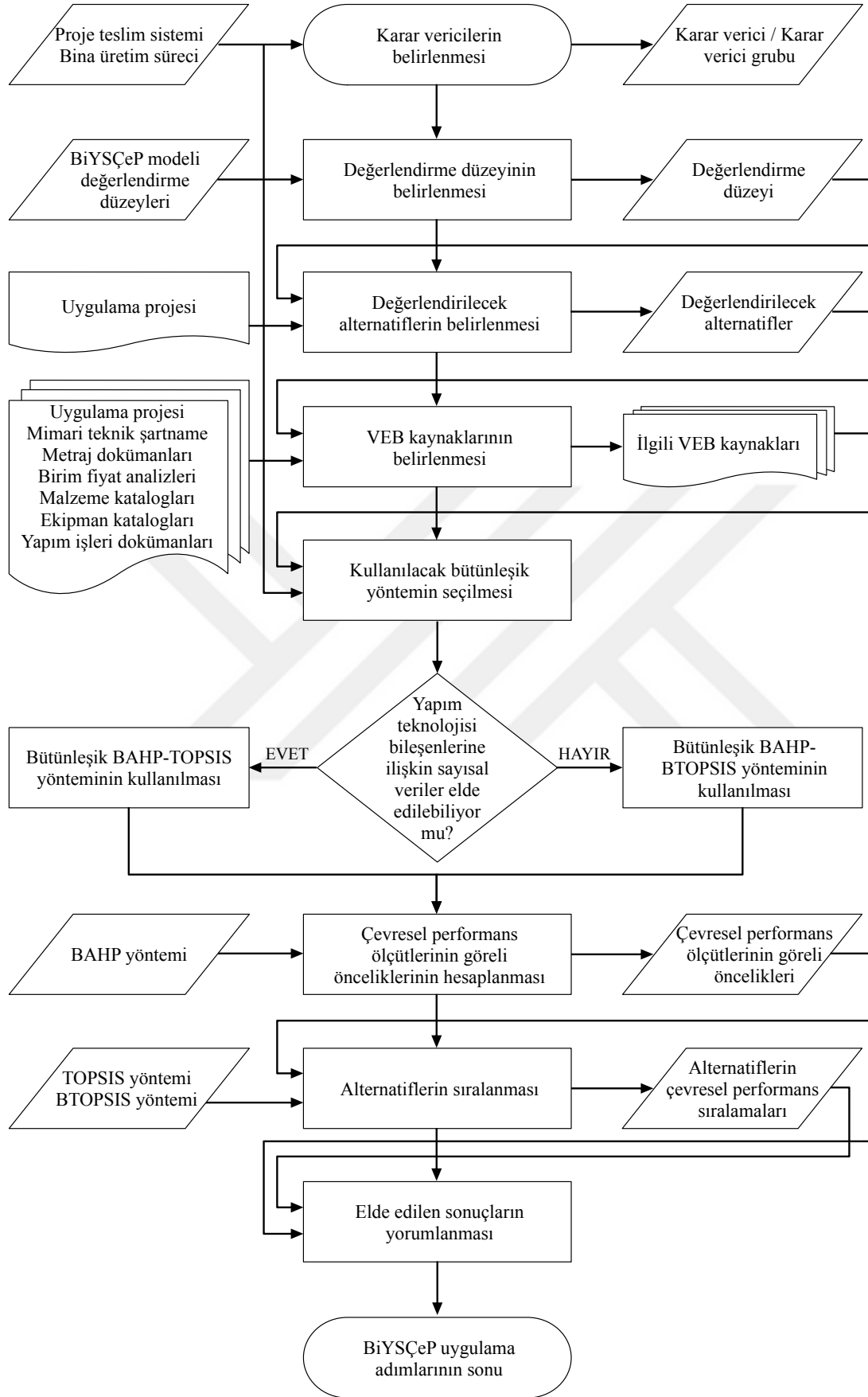
5.2.2 Modelin uygulama adımları

BiYSÇeP modelinin kullanılması sırasında izlenmesi gereken adımlar aşağıda açıklanmaktadır (Şekil 5.8).

1. Karar vericilerin belirlenmesi: BiYSÇeP, değerlendirmeye söz konusu alternatiflerin ait olduğu projenin gerçekleştirilmesinde kullanılan proje teslim sisteminin türüne bağlı olarak, tasarım ve yapım planlama süreçlerinde farklı karar vericiler tarafından kullanılmaktadır (CMAA, 2012; Cox ve diğ, 2011; J.H. Findorff & Son Inc., 2014) (Çizelge 5.3). Karar verici tek bir kişi olabileceği gibi, karar verici rolü üstlenebilecekler arasından seçilenlerden oluşturulan bir grup da karar verici olabilmektedir. Karar verici olarak bir grubun kullanılması halinde, grubun en az üç, en fazla yirmi kişiden oluşması gerekmektedir. Karar vericilerin, binaların çevresel performansı ile ilgili temel düzeyde bilgi birikimine ve deneyime sahip olması beklenmektedir. Bu nedenle bu konuda eğitim almış ya da daha önce en az bir proje gerçekleştirmiş kişiler arasından seçilmeleri önerilmektedir. Daha sonra karar vericiler BiYSÇeP ve uygulama adımları hakkında bilgilendirilmelidir.



Şekil 5.7 : BiYSÇeP modeli karar hiyerarşisi.



Şekil 5.8 : BiYSÇeP modelinin uygulama adımları.

Çizelge 5.3 : Bina üretim süreci ve proje teslim sistemine göre karar vericiler.

BÜS PTS	Tasarım-İhale-Yapım	Yapım Yönetimi	Tasarım-Yapım	Bütünleşik
Yapısal Tasarım	İşveren ¹²			
	Mimar		Tasarım-Yapım Ekibi	Mimar
		Proje Yöneticisi		Proje Yöneticisi
Yapım Planlama	İşveren			
	Mimar		Tasarım-Yapım Ekibi	Mimar
		Proje Yöneticisi		Proje Yöneticisi
	Yüklenici	Alt yükleniciler		Yüklenici

PTS: Proje Teslim Sistemi; BÜS: Bina Üretim Süreci

2. Değerlendirme düzeyinin belirlenmesi: BiYSÇeP, yapı elemanı sistemlerinin yerinde yapım sürecinin çevresel performansının, temel olarak yapı elemanı, bileşen ve malzeme düzeyinde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Değerlendirme düzeyinin karar verici ya da karar verici grubu tarafından tanımlanması gerekmektedir. Bu kapsamda, Sekil 5.9’da gösterilen ve aşağıda açıklanan dört düzeyde değerlendirme yapılmaktadır:

- Farklı yapı elemanı sistemlerinin değerlendirilmesi: Bir binada yer alan tüm yapı elemanı sistemlerinin değerlendirilmesine ve bütüncül bir yaklaşımla bina yapım sürecinin çevresel performansı hakkında çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- Bir yapı elemanı sistemine ait alternatiflerin değerlendirilmesi: Bir yapı elemanı sistemine ait farklı alternatiflerin değerlendirilmesine, yapım sürecinde çevresel performansı en iyi alternatifin belirlenmesine ve diğer alternatiflerde yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin yapılabilecek iyileştirmelere ilişkin çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- Bir yapı elemanı sistemini oluşturan bileşenlerin değerlendirilmesi: Bir yapı elemanı sistemini oluşturan bileşenlerin değerlendirilmesine ve yapım

¹² İşveren, karar verici olma koşullarını sağladığı takdirde, çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesi sürecinde karar verici olarak yer alabilmekte, ancak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sözel çıkarımlar yapılması ya da sayısal verilerin elde edilmesini gerektiren alternatiflerin sıralanması sürecinde yer almamaktadır.

teknolojisi bileşenlerine ilişkin yapılabilecek iyileştirmeler hakkında çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır.

- Bir bileşene ait farklı malzeme alternatiflerinin değerlendirilmesi: Bir bileşene ait farklı malzeme alternatiflerinin değerlendirilmesine ve yapım sürecinde çevresel performansı en iyi seçeneğin belirlenmesine; diğer yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin olası iyileştirmeler hakkında çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır.

3. Değerlendirilecek alternatiflerin belirlenmesi: Değerlendirme düzeyinin tanımlanmasından sonra, değerlendirilecek alternatiflerin belirlenmesi gerekmektedir. BiYSÇeP ile aşağıda sıralanan alternatifler değerlendirilebilmektedir:

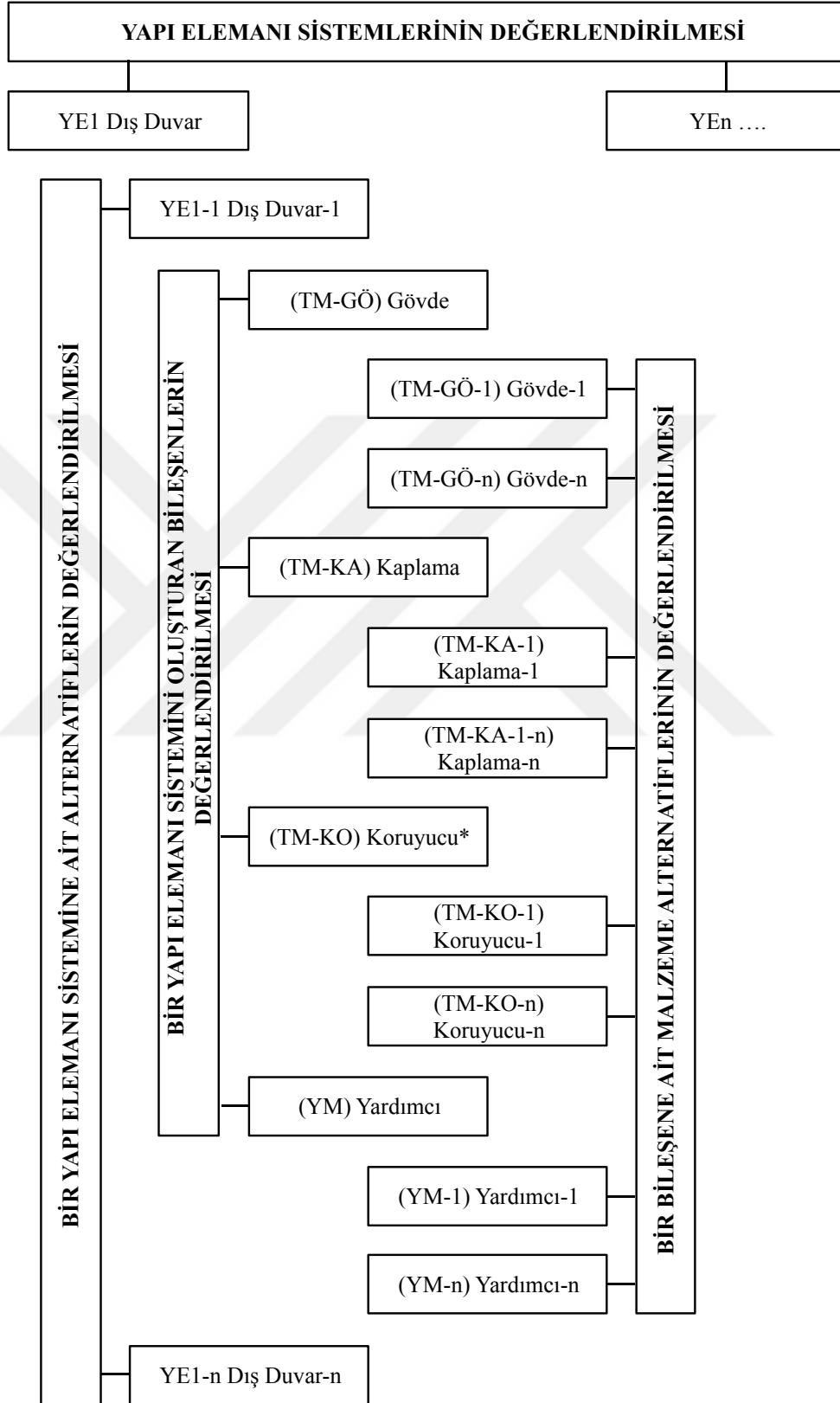
- Farklı yapı elemanı sistemleri
- Bir yapı elemanı sistemine ilişkin seçenekler
- Bir yapı elemanı sistemini oluşturan bileşenlere ilişkin alternatifler
- Bir yapı elemanı sisteminin parçası olan bir bileşene ilişkin alternatifler

Tüm alternatifler için, 1/5 ya da 1/10 ölçekli ilişkin teknik çizimlerin, bir başka deyişle tip detayların, ortaya konması gerekmektedir. Bunun için uygulama projesinin eki olan tip detaylar kataloğundan yararlanılabilir.

4. VEB kaynaklarının belirlenmesi: Alternatiflerin ortaya konmasından sonra, yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin veri, enformasyon ve bilginin elde edilebileceği kaynakların belirlenmesi gerekmektedir. Yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin VEB'e ulaşılabilecek başlıca kaynaklar aşağıda sıralanmaktadır:

- Uygulama projesi
- Mimari teknik şartname
- Metraj dokümanları
- Birim fiyat analizlerinden yararlanılarak elde edilen tanımlar / veriler
- Tedarikçilerden elde edilecek malzeme ve ekipman katalogları
- Tasarım-yapım ekibinin, proje yöneticisinin, yüklenicinin ya da alt yüklenicilerin önceki yapım işlerine ait dokümanlar

Bunlara ek olarak karar vericilerin bilgi ve deneyimlerine dayanarak sezgisel yollarla ortaya koydukları bilgiler de VEB kaynağı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5.9 : BiYSÇeP modelinin değerlendirme düzeyleri.

5. Kullanılacak bütünleşik yöntemin seçilmesi: Elde edilen verinin türü, değerlendirme aşaması ya da karar vericinin seçimine bağlı olarak iki farklı bütünleşik yöntemle çevresel performans değerlendirmesi yapılabilmektedir. BiYSÇeP kapsamında, çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde sözel çıkarımlar, değerlendirilen alternatiflerin yapım sürecindeki çevresel performanslarının sıralanmasında sayısal veriler ya da sözel çıkarımlar kullanılabilmektedir. Buna göre değerlendirme için iki bütünleşik yöntem kullanılmaktadır:

- Değerlendirilen alternatiflerin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin kullanıldığı Bütünleşik BAHP-TOPSIS Yöntemi
- Karar vericilerin değerlendirilen alternatifleri yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenleri temelinde yorumlayarak çevresel performans ölçütleri kapsamında değerlendirmesi temeline dayanan Bütünleşik BAHP-BTOPSIS Yöntemi

6. Çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması: Karar verici(ler) tarafından, Çizelge 5.4'te gösterilen sözel ölçek kullanılarak, Çizelge 5.5'te gösterilen karşılaştırma çizelgesi üzerinde, çevresel performans ölçütleri her düzeyde ikili olarak karşılaştırılarak değerlendirilir (Bkz. Bölüm 4.2.2, BA-1 adımı).

Değerlendirme sırasında karar vericilerin, yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin hedeflerini ve önceki deneyimlerini göz önünde bulundurarak önceliklerini belirlemeleri beklenmektedir. Bu öncelikler, değerlendirilen alternatiflere ilişkin yapım süreçlerinin çevresel performansı üzerinde olumsuz etkisi olan, önlem alınması ve iyileştirme yapılması gereken konuları ifade etmektedir. Bu nedenle karşılaştırmalar sırasında temel olarak, *“Söz konusu yerinde yapım sürecinin çevresel performansı değerlendirildiğinde, bu iki ölçütten hangisi diğerine göre ve ne düzeyde önemlidir?”* sorusuna cevap aranmaktadır. Birden fazla karar verici bulunması halinde, her bir karar vericinin bireysel olarak değerlendirme yapması ya da grup kararı yoluyla tek bir değerlendirme yapması seçeneklerinden biri kullanılmalıdır. Karar verici(ler) tarafından ikili karşılaştırmalar tamamlandıktan sonra, karşılaştırmada kullanılan sözel ölçeğin Çizelge 5.4'te gösterilen üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak BAHP yönteminin matematiksel hesaplamaları

yapılmakta (Bkz. Bölüm 4.2.2, BA-2 ve takip eden adımlar) çevresel performans ölçütlerinin her düzeyde görelî öncelikleri hesaplanmaktadır. Birden çok karar vericinin bireysel olarak değerlendirme yapması halinde, her bir karar verici için hesaplamalar yapıldıktan sonra, elde edilen görelî önceliklerin geometrik ortalaması alınmalı (Bkz. Bölüm 4.2.2, BA-3 adımı, Denklem 4.2) ve çevresel performans ölçütlerinin her biri için tek bir görelî öncelik değeri elde edilmelidir.

Çizelge 5.4 : BAHP yönteminde ikili karşılaştırmalar için kullanılan sözel ölçek ve üçgen bulanık sayı karşılıkları.

Sözel Ölçek	Üçgen Bulanık Sayılar
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)
Orta derecede önemli	(2, 3, 4)
Kuvvetli derecede önemli	(4, 5, 6)
Çok kuvvetli derecede önemli	(6, 7, 8)
Mutlak derecede önemli	(9, 9, 9)

Çizelge 5.5 : Çevresel performans ölçütlerinin ikili karşılaştırmalarında kullanılan çizelge.

		MUTLAK DERECEDE ÖENMLİ	ÇOK KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	ORTA DERECEDE ÖNEMLİ	EŞİT DERECEDE ÖNEMLİ	ORTA DERECEDE ÖNEMLİ	KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	ÇOK KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	MUTLAK DERECEDE ÖENMLİ		
ÇZ NO	ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİ										ÇZ NO	
ÇZ1	Kaynaklar										Ekosistem Kalitesi	ÇZ2
ÇZ1	Kaynaklar										İnsan Sağlığı	ÇZ3
ÇZ2	Ekosistem Kalitesi										İnsan Sağlığı	ÇZ3
ÇG NO	ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇZ1 KAYNAKLAR								ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇGNO	
ÇG1	Fosil Yakıt Tüketimi										Elektrik Tüketimi	ÇG2
ÇG NO	ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇZ2 EKOSİSTEM KALİTESİ								ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇG NO	
ÇG3	Su Tüketimi										Katı Atık Oluşumu	ÇG4
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu										Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4b
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu										Metal Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4c
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu										Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4d
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu										Metal Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4c
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu										Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4d
ÇG4c	Metal Ambalaj Atığı Oluşumu										Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4d
ÇG NO	ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇZ3 İNSAN SAĞLIĞI								ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇG NO	
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu										Gürültü Oluşumu	ÇG6
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu										Titreşim Oluşumu	ÇG7
ÇG6	Gürültü Oluşumu										Titreşim Oluşumu	ÇG7

7. Alternatiflerin sıralanması: Karar verici(ler) tarafından belirlenen çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelik değerleri kullanılarak, değerlendirilen alternatifler yapım sürecindeki çevresel performanslarına göre sıralanmaktadır. Alternatiflerin sıralanması TOPSIS ya da BTOPSIS yöntemleri ile gerçekleştirilebilmektedir.

7a. TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması: TOPSIS yöntemi kullanılarak alternatiflerin sıralanması, değerlendirilecek alternatiflerin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal veriler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bunun için, yapım teknolojisi bileşenleri ile çevresel göstergeler arasındaki ilişkiler temel alınarak, BiYSÇeP karar hiyerarşisindeki her bir ölçüt (Çevresel Zarar Kategorileri) ve alt ölçüt (Çevresel Göstergeler) için sayısal verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Sayısal veriler, değerlendirilecek alternatife ait her bir malzeme için, daha önce belirlenen VEB kaynaklarının kullanılmasıyla ya da gerekli aşamalarda çeşitli hesaplamaların yapılmasıyla elde edilmektedir. Sayısal verilerin elde edilmesinde, değerlendirilecek alternatifin 1 m² uygulamasının referans olarak alınması önerilmekle birlikte; BiYSÇeP modeli, bu verinin elde edilemediği durumlarda, tüm malzemeler ve yapım teknolojisi bileşenleri için karar verici(ler) tarafından ortaya konulacak kabullere dayalı sınırlamalar yapılması esnekliğini de sağlamaktadır. Sayısal verilerin elde edilmesinde Ek A'da verilen Şekil A.1'de gösterilen ve aşağıda açıklanan aşamalar takip edilmektedir:

7a-1: Değerlendirme düzeyine bağlı olarak değerlendirilecek alternatife ilişkin tüm (TM) Temel ve (YM) Yardımcı Malzemeler tanımlanmalıdır. Daha sonra, takip eden aşamalar her bir malzeme için gerçekleştirilmelidir.

7a-2: Malzemenin yapı alanı içinde yapım yerine taşınması için kullanılan (TA) Taşıma Aracı ve bu aracın kullanımı için gerekli enerji türü bilgisi tanımlanmalıdır.

7a-3: (TA) Taşıma Aracı fosil yakıt kullanımı gerektiriyorsa, aracın 1 km mesafede / 1 saatte tükettiği yakıt miktarı lt cinsinden; elektrik kullanımı gerektiriyorsa 1 saatte tükettiği elektrik enerjisi miktarı kWh cinsinden elde edilmelidir¹³.

¹³ Yapım alanı içinde, malzeme depolama alanlarından yapım yerine olan uzaklığın hesaplanmasının zorluğu göz önünde bulundurularak, (TA) Taşıma Aracı enerji tüketim miktarı verisi olarak 1 km mesafede/1 saatte tüketilen enerji miktarının kullanılması kabulü yapılmıştır.

7a-4: (TA) Taşıma Aracının kullanımı sırasında açığa çıkan gürültü düzeyi dB cinsinden elde edilmelidir¹⁴.

7a-5: (TA) Taşıma Aracının kullanımı sırasında oluşan mekanik titreşim düzeyi m/s^2 cinsinden elde edilmelidir¹⁵.

7a-6: Malzemenin biçimlendirilmesi gerekiyorsa (YT-B) Biçimlendirme Tekniği tanımlanmalıdır.

7a-7: (B) Biçimlendirme süresi bilgisi saat cinsinden elde edilmelidir¹⁶.

7a-8: (YT-B) Biçimlendirme Tekniğine bağlı olarak kullanılan (BA) Biçimlendirme Aleti ve bu aletin kullanımı için gerekli enerji türü bilgisi tanımlanmalıdır.

7a-9: (BA) Biçimlendirme Aleti fosil yakıt kullanımı gerektiriyorsa, aletin 1 saatte tükettiği yakıt miktarı lt cinsinden; elektrik kullanımı gerektiriyorsa 1 saatte tükettiği elektrik enerjisi miktarı kWh cinsinden elde edilmelidir.

7a-10: (B) Biçimlendirme süresine bağlı olarak (BA) Biçimlendirme Aletinin enerji tüketimi miktarları hesaplanmalıdır¹⁷.

7a-11: (BA) Biçimlendirme Aletinin kullanımı sırasında açığa çıkan gürültü düzeyi dB cinsinden elde edilmelidir.

7a-12: (B) Biçimlendirme sürecinde (BA) Biçimlendirme Aleti kullanımına bağlı olarak maruz kalınan gürültü düzeyi, Denklem (5.1) kullanılarak hesaplanmalıdır¹⁸.

8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, günlük gürültü maruziyet seviyesinin hesaplanması (TS EN ISO 9612, 2009):

¹⁴ (T) Taşıma süresinin elde edilmesinin zorluğu göz önünde bulundurularak, sadece (TA) Taşıma Aracı gürültü düzeyinin değerlendirme verisi olarak kullanılacağı kabulü yapılmıştır.

¹⁵ (T) Taşıma süresinin elde edilmesinin zorluğu göz önünde bulundurularak, sadece (TA) Taşıma Aracı titreşim düzeyinin değerlendirme verisi olarak kullanılacağı kabulü yapılmıştır.

¹⁶ (B) Biçimlendirme süresi verisi, (BA) Biçimlendirme Aleti kullanımına bağlı olarak oluşan enerji tüketim miktarı ile gürültü ve titreşime maruz kalma değerlerinin hesaplanmasının yanı sıra, toz / uçucu gaz vb. etkilere maruz kalma süresi değerlendirme verisi olarak kullanılmaktadır.

¹⁷ (B) Biçimlendirme süresinin elde edilemediği durumlarda, (BA) Biçimlendirme Aleti enerji tüketim miktarının hesaplanmasında 1 saatte tüketilen enerji miktarı (7a-9 adımıyla elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

¹⁸ (B) Biçimlendirme süresinin elde edilemediği durumlarda, sadece (BA) Biçimlendirme Aleti gürültü düzeyi (7a-11 adımıyla elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

$L_{EX,8H}$: Mesleki gürültü seviyesi, dB

$L_{p,A,eqTe}$: T_e için A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi (kullanılan ekipmanın ses basınç seviyesi), dB

T_e : Saat olarak çalışma günü içerisindeki etkin olunan süre, saat

T_0 : 8 saatlik referans süre (günlük çalışma süresi), saat

$$L_{EX,8H} = L_{p,A,eqTe} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \quad (5.1)$$

7a-13: (BA) Biçimlendirme Aletinin kullanımı sırasında oluşan mekanik titreşim düzeyi m/s^2 cinsinden elde edilmelidir.

7a-14: (B) Biçimlendirme sürecinde (BA) Biçimlendirme Aleti kullanımına bağlı olarak maruz kalınan titreşim düzeyi, Denklem (5.2) kullanılarak m/s^2 cinsinden hesaplanmalıdır¹⁹.

Belirli bir i işi için günlük titreşime maruz kalmanın m/s^2 cinsinden hesaplanması (TS EN ISO 5349-2, 2004):

A_i : i çalışmasına bağlı olarak günlük titreşime maruz kalma, m/s^2

a_{hvi} : Toplam titreşim değeri (kullanılan ekipmanın titreşim değeri), m/s^2

T_i : Titreşim kaynağına maruz kalınan süre, saat

T_0 : 8 saatlik referans süre (günlük çalışma süresi), saat

$$A_i(8) = a_{hvi} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \quad (5.2)$$

7a-15: Malzemenin uygulanması için kullanılan (YT-U) Uygulama Tekniği ve buna bağlı olarak kullanılan (BM) Birleşim Malzemesi türü belirlenmelidir. (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı varsa türü (hazır ya da yerinde hazırlanan) belirtilmelidir.

¹⁹ (B) Biçimlendirme süresinin elde edilemediği durumlarda, sadece (BA) Biçimlendirme Aleti titreşim düzeyi (7a-13 adımıyla elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

7a-16: (BM) Birleşim Malzemesinin yapı alanı içinde yapım yerine taşınması için kullanılan (TA) Taşıma Aracı ve bu aracın kullanımı için gerekli enerji türü bilgisi tanımlanmalıdır.

7a-17: (TA) Taşıma Aracı fosil yakıt kullanımı gerektiriyorsa, aracın 1 km mesafede / 1 saatte tükettiği yakıt miktarı lt cinsinden; elektrik kullanımı gerektiriyorsa 1 saatte tükettiği elektrik enerjisi miktarı kWh cinsinden elde edilmelidir²⁰.

7a-18: (TA) Taşıma Aracının kullanımı sırasında açığa çıkan gürültü seviyesi dB cinsinden elde edilmelidir²¹.

7a-19: (TA) Taşıma Aletinin kullanımı sırasında oluşan mekanik titreşim düzeyi m/s² cinsinden elde edilmelidir²².

7a-20: Yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı varsa (H) Hazırlama süresi bilgisi saat cinsinden elde edilmelidir²³.

7a-21: (H) Hazırlama sürecinde kullanılan (HA) Hazırlama Aleti ve bu aletin kullanımı için gerekli enerji türü bilgisi tanımlanmalıdır.

7a-22: (HA) Hazırlama Aleti fosil yakıt kullanımı gerektiriyorsa, aletin 1 saatte tükettiği yakıt miktarı lt cinsinden; elektrik kullanımı gerektiriyorsa 1 saatte tükettiği elektrik enerjisi miktarı kWh cinsinden elde edilmelidir.

7a-23: (H) Hazırlama süresine bağlı olarak (HA) Hazırlama Aletinin enerji tüketimi miktarları hesaplanmalıdır²⁴.

7a-24: (HA) Hazırlama Aletinin kullanımı sırasında açığa çıkan gürültü seviyesi dB cinsinden elde edilmelidir.

²⁰ Yapım alanı içinde, malzeme depolama alanlarından yapım yerine olan uzaklığın hesaplanmasının zorluğu göz önünde bulundurularak, (TA) Taşıma Aracı enerji tüketim miktarı verisi olarak 1 km mesafede/1 saatte tüketilen enerji miktarının kullanılması kabulü yapılmıştır.

²¹ (T) Taşıma süresinin elde edilmesinin zorluğu göz önünde bulundurularak, sadece (TA) Taşıma Aracı gürültü düzeyinin değerlendirme verisi olarak kullanılacağı kabulü yapılmıştır.

²² (T) Taşıma süresinin elde edilmesinin zorluğu göz önünde bulundurularak, sadece (TA) Taşıma Aracı titreşim düzeyinin değerlendirme verisi olarak kullanılacağı kabulü yapılmıştır.

²³ (H) Hazırlama süresi verisi, (HA) Hazırlama Aleti kullanımına bağlı olarak oluşan enerji tüketim miktarı ile gürültü ve titreşime maruz kalma değerlerinin hesaplanmasının yanı sıra, toz / uçucu gaz vb. etkilere maruz kalma süresi değerlendirme verisi olarak da kullanılmaktadır.

²⁴ (H) Hazırlama süresinin elde dilemediği durumlarda, (HA) Hazırlama Aleti enerji tüketim miktarının hesaplanmasında 1 saatte tüketilen enerji miktarı (7a-18 adımıyla elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

7a-25: (H) Hazırlama sürecinde (HA) Hazırlama Aleti kullanımına bağlı olarak maruz kalınan gürültü düzeyi, 7a-12 adımımda açıklanan Denklem (5.1) kullanılarak dB cinsinden hesaplanmalıdır²⁵.

7a-26: (HA) Hazırlama Aletinin kullanımı sırasında oluşan mekanik titreşim düzeyi m/s^2 cinsinden elde edilmelidir.

7a-27: (H) Hazırlama sürecinde (HA) Hazırlama Aleti kullanımına bağlı olarak maruz kalınan titreşim düzeyi, 7a-14 adımımda açıklanan Denklem (5.2) kullanılarak m/s^2 cinsinden hesaplanmalıdır²⁶.

7a-28: (BM-BY) Bağlayıcı Malzemenin (H) Hazırlanması sırasında kullanılan su miktarı, m^3 cinsinden elde edilmelidir.

7a-29: (U) Uygulama süresi bilgisi saat cinsinden elde edilmelidir²⁷.

7a-30: (U) Uygulama sürecinde kullanılan (UA) Uygulama Aleti ve bu aletin kullanımı için gerekli enerji türü bilgisi tanımlanmalıdır.

7a-31: (UA) Uygulama Aleti fosil yakıt kullanımı gerektiriyorsa, aletin 1 saatte tükettiği yakıt miktarı lt cinsinden; elektrik kullanımı gerektiriyorsa 1 saatte tükettiği elektrik enerjisi miktarı kWh cinsinden elde edilmelidir.

7a-32: (U) Uygulama süresine bağlı olarak (UA) Uygulama Aletinin enerji tüketimi miktarları hesaplanmalıdır²⁸.

7a-33: (UA) Uygulama Aletinin kullanımı sırasında açığa çıkan gürültü seviyesi dB cinsinden elde edilmelidir.

7a-34: (U) Uygulama sürecinde (UA) Uygulama Aleti kullanımına bağlı olarak maruz kalınan gürültü düzeyi, 7a-12 adımımda açıklanan Denklem (5.1) kullanılarak dB cinsinden hesaplanmalıdır²⁹.

²⁵ (H) Hazırlama süresinin elde edilemediği durumlarda, sadece (HA) Hazırlama Aleti gürültü düzeyi (7a-20 adımımda elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

²⁶ (H) Hazırlama süresinin elde edilemediği durumlarda, sadece (HA) Hazırlama Aleti titreşim düzeyi (7a-22 adımımda elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

²⁷ (U) Uygulama süresi verisi, (UA) Uygulama Aleti kullanımına bağlı olarak oluşan enerji tüketim miktarı ile gürültü ve titreşime maruz kalma değerlerinin hesaplanmasının yanı sıra, toz / uçucu gaz vb. etkilere maruz kalma süresi değerlendirme verisi olarak da kullanılmaktadır.

²⁸ (U) Uygulama süresinin elde edilemediği durumlarda, (UA) Uygulama Aleti enerji tüketim miktarının hesaplanmasında 1 saatte tüketilen enerji miktarı (7a-27 adımımda elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

7a-35: (UA) Uygulama Aletinin kullanımı sırasında oluşan mekanik titreşim düzeyi m/s^2 cinsinden elde edilmelidir.

7a-36: (U) Uygulama sürecinde (UA) Uygulama Aleti kullanımına bağlı olarak maruz kalınan titreşim düzeyi, 7a-14 adımımda açıklanan Denklem (5.2) kullanılarak m/s^2 cinsinden hesaplanmalıdır³⁰.

7a-37: Malzeme ambalajının türü tanımlanmalıdır³¹.

7a-38: 1 m^2 uygulama için kullanılan malzeme miktarı temel alınarak açığa çıkan ambalaj atığı miktarı kg cinsinden hesaplanarak elde edilmelidir³².

Bu bilgilerin elde edilmesinden sonra, her bir Çevresel Zarar Kategorisi ve ilgili Çevresel Göstergeler için toplam sayısal veriler hesaplanmakta ve Ek A'da verilen Çizelge A.2 kullanılarak kayıt altına alınmaktadır.

(ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi göstergeleri için sayısal veriler; (TA) Taşıma Aracı, (BA) Biçimlendirme Aleti, (HA) Hazırlama Aleti ve (UA) Uygulama Aletinin özelliklerine bağlı olarak elde edilen fosil yakıt ve elektrik enerjisi tüketim miktarlarının toplanması ile elde edilmektedir. Bu iki verinin toplanması ile (ÇZ1) Kaynaklar kategorisi için toplam değerlendirme verisi elde edilmektedir (Şekil 5.10).

(ÇG3) Su Tüketimi göstergesi için, kullanılan tüm (BM-BY) Bağlayıcı Malzemelerin yerinde hazırlanması için gerekli olan su miktarı toplamı hesaplanmalıdır. Türlerine göre malzeme ambalaj atıklarının hesaplanması için (M) Kağıt Malzeme Ambalajı, (M) Polimer Malzeme Ambalajı, (M) Metal Malzeme Ambalajı ve (M) Ahşap Malzeme Ambalajı miktarların hesaplanmasının yanı sıra; (ÇG4) Katı Atık Oluşumu göstergesi için, tüm malzeme ambalajı atık miktarlarının toplamı hesaplanmalıdır (Şekil 5.11).

²⁹ (U) Uygulama süresinin elde edilemediği durumlarda, sadece (UA) Uygulama Aleti gürültü düzeyi (7a-29 adımımda elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

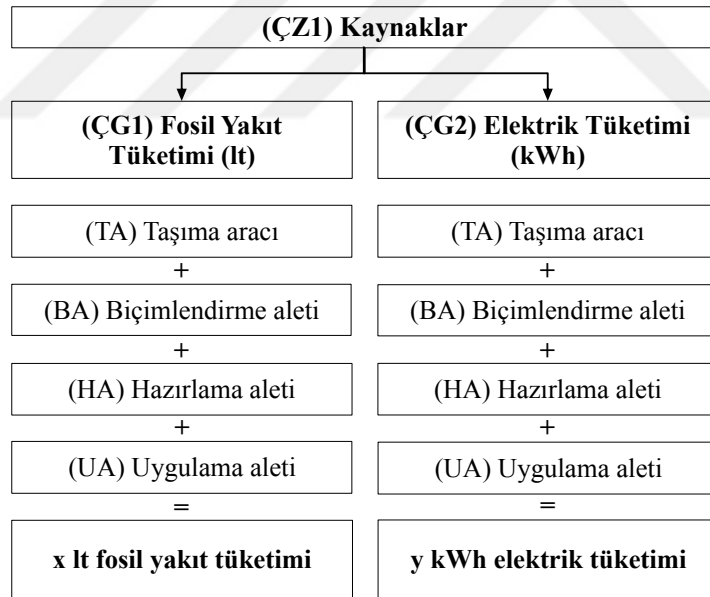
³⁰ (U) Uygulama süresinin elde edilemediği durumlarda, sadece (UA) Uygulama Aleti titreşim düzeyi (7a-31 adımımda elde edilen veri) değerlendirme verisi olarak kullanılabilir.

³¹ Malzemelerin biçimlendirme gereksinimlerine bağlı olarak açığa çıkan katı atık miktarı, hesaplama zorluğu nedeniyle kapsam dışında bırakılmıştır.

³² Malzeme ambalaj atıklarının miktarının hesaplanmasında malzeme tedarikçilerinden malzeme türüne göre ağırlık bilgileri elde edilmelidir. Elde edilemediği durumlarda, VEB kaynakları kullanılarak değerlendirilen tüm alternatifler için ortak kabuller yapılmalıdır.

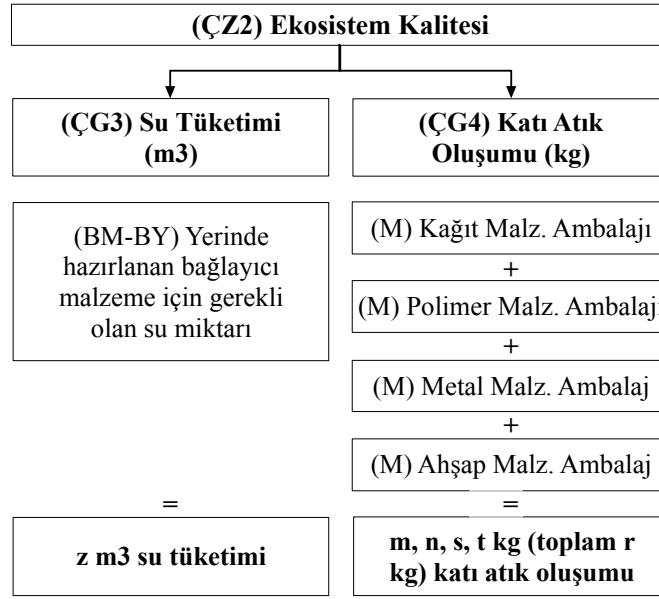
(ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi için (B) Biçimlendirme, (H) Hazırlama ve (U) Uygulama süreleri toplanmaktadır. (ÇG6) Gürültü Oluşumu göstergesi için (TA) Taşıma Aracı, (BA) Biçimlendirme Aleti, (HA) Hazırlama Alet ve (UA) Uygulama Aletine ait gürültü maruziyet düzeyleri toplanırken; (ÇG7) Titreşim Oluşumu göstergesi için (TA) Taşıma Aracı, (BA) Biçimlendirme Aleti, (HA) Hazırlama Alet ve (UA) Uygulama Aletine ilişkin titreşim maruziyet düzeyleri toplanmaktadır. Tüm bu verilerin toplanması ile (ÇZ3) İnsan Sağlığı kategorisi için toplam değerlendirme verisi elde edilmektedir (Şekil 5.12).

Sayısal verilerin elde edilmesinden sonra, karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır (Bkz. Bölüm 4.2.3, T-3 adımı, Denklem 4.8). Çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri için BAHF hesaplamaları aracılığıyla elde edilen değerler (Bkz. Bölüm 5.2.2, Modelin Uygulama adımları, 6. madde) kullanılmaktadır. Daha sonra Bölüm 4.2.3'te anlatılan TOPSIS yönteminin diğer adımlarının (T-4 ve takip eden adımlar) uygulanmasıyla alternatiflerin çevresel performans ölçütlerine göre sıralaması elde edilmektedir.



Şekil 5.10 : (ÇZ1) Kaynaklar zarar kategorisi için elde edilmesi gereken sayısal verilerin yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi³³.

³³ Elde edilebilen verilere bağlı olarak sayısal veri elde etme adımlarında belirtilen kabullerin yapılması halinde, hesaplar bu değerler üzerinden yapılmaktadır.



Şekil 5.11 : (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi zarar kategorisi için elde edilmesi gereken sayısal verilerin yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi³⁴.



Şekil 5.12 : (ÇZ3) İnsan Sağlığı zarar kategorisi için elde edilmesi gereken sayısal verilerin yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi³⁶.

7b. BTOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması: BTOPSIS yöntemi kullanılarak alternatiflerin sıralanması, karar vericilerin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenleri ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkileri temel olarak alternatifleri değerlendirmesi esasına dayanmaktadır. Bunun için karar

³⁴ Elde edilebilen verilere bağlı olarak sayısal veri elde etme adımlarında belirtilen kabullerin yapılması halinde, hesaplar bu değerler üzerinden yapılmaktadır.

vericilerin sözel çıkarımlar aracılığıyla alternatifleri her bir çevresel performans ölçütü için değerlendirmesi ve Çizelge 5.6’da gösterilen sözel ölçekten uygun olanını Çizelge 5.7’de ilgili alana kaydetmesi gerekmektedir (Bkz. Bölüm 4.2.4, BT-4 adımı).

Çizelge 5.6 : BTOPSIS yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan sözel ölçek ve üçgen bulanık sayı karşılıkları.

Sözel Ölçek	Üçgen Bulanık Sayılar
Az derecede etkili (ADE)	(1, 1, 1)
Orta derecede etkili (ODE)	(2, 3, 4)
Kuvvetli derecede etkili (KDE)	(4, 5, 6)
Çok kuvvetli derecede etkili (ÇKDE)	(6, 7, 8)
Mutlak derecede etkili (MDE)	(9, 9, 9)

Çizelge 5.7 : BTOPSIS yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan çizelge.

Çevresel Performans Ölçütleri		Alternatifler			
		ALT1	ALT2	ALT3	ALTn
ÇZ1	Kaynaklar				
ÇZ2	Ekosistem Kalitesi				
ÇZ3	İnsan Sağlığı				
ÇG1	Fosil Yakıt Tüketimi				
ÇG2	Elektrik Tüketimi				
ÇG3	Su Tüketimi				
ÇG4	Katı Atık Oluşumu				
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu				
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu				
ÇG4c	Metal Ambalaj Atığı Oluşumu				
ÇG4d	Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu				
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu				
ÇG6	Gürültü Oluşumu				
ÇG7	Titreşim Oluşumu				

Az derecede etkili: ADE; Orta derecede etkili: ODE; Kuvvetli derecede etkili: KDE; Çok kuvvetli derecede etkili: ÇKDE; Mutlak derecede etkili: MDE

Daha sonra BAHF hesaplamaları aracılığıyla elde edilen çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelik değerlerinin (Bkz. Bölüm 5.2.2, Modelin Uygulama adımları, 6. madde) kullanılması ve Bölüm 4.2.4’te anlatılan BTOPSIS yönteminin

diğer adımlarının (BT-4 ve takip eden adımlar) uygulanmasıyla alternatiflerin çevresel performans ölçütlerinin her düzeyi için çevresel performans sıralamaları elde edilmektedir. Bu sıralamalara göre, yapım sürecinin çevresel performansı üzerinde en fazla olumsuz etkiye sebep olan alternatif ilk sırada yer alırken, en az olumsuz etkiye sebep olan alternatif son sırada yer almaktadır.

8. Elde edilen sonuçların yorumlanması: Alternatiflerin sıralanmasından sonra, elde edilen sonuçlar, çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelik değerleri ve yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkisi kapsamında yorumlanmalı ve yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi için yapım teknolojisi bileşenlerinde yapılabilecek güncellemelere ilişkin çıkarımlar ortaya konmalıdır.

5.2.3 Modelin kullanım olanakları

BiYSÇeP modeli, kullanıldığı bina üretim süreci aşaması, kullanılan verinin türü, elde edilebilen VEB kaynaklarının niteliği ve süreçte rol alan karar vericilerin bina üretim süreci ile ilişkisine bağlı olarak, değerlendirme süreci sonunda farklı düzeylerde ve nitelikte çıktılar ve olanaklar sunmaktadır (Çizelge 5.8). BiYSÇeP, temel olarak aşağıda açıklanan dört temel senaryo kapsamında kullanılabilmektedir:

Senaryo-1: Tasarım aşamasında, alternatiflerin sözel çıkarımlar aracılığıyla değerlendirilmesi yoluyla yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Alternatiflerin çevresel performans sıralamasının belirlenmesi ile sonuçları etkileyen çevresel performans ölçütleri ve ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin *tahminler* yapılabilmektedir. Bu tahminler aracılığıyla tasarım aşamasında yapılacak güncellemeler ile yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Bu senaryoda elde edilen sonuçların hassaslığı / güvenilirliği, karar vericilerin yapım süreci, yapım teknolojisi ve çevresel performans konularında sahip olduğu bilgi ve deneyim düzeyi ile doğru orantılıdır. Yapım Yönetimi, Tasarım-Yapım ve Bütünleşik proje teslim sistemlerinin kullanıldığı projelerde, karar vericiler arasında yapım sürecinden sorumlu kişilerin (proje yöneticisi, tasarım-yapım ekibi) yer alması, sonuçların güvenilirlik düzeyini arttırmaktadır. Bu karar vericilerin yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin beklentilerini / amaçlarını deneyimlerine dayanarak tanımlamaları ile, çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesi

ve alternatiflerin değerlendirmesi sreclerinde daha hassas sonuçlar elde edilmektedir.

Çizelge 5.8 : BiYSÇeP modelinin kullanım olanakları.

	Senaryo-1	Senaryo-2	Senaryo-3	Senaryo-4
Bina Üretim Süreci	Yapısal Tasarım		Yapım planlama	
Veri Türü*	Sözel çıkarımlar	Sayısal veriler	Sözel çıkarımlar	Sayısal veriler
Ara çıktılar	Çevresel performans ölçütlerinin görelî önceliklerinin belirlenmesi			
	Alternatiflerin çevresel performans sıralamasının belirlenmesi			
	Yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi			
Son çıktılar				Yüklenicilerin değerlendirilmesi
				Alt-yüklenicilerin değerlendirilmesi
Olanaklar	Sonuçları etkileyen çevresel performans ölçütlerinin analiz edilmesi			
	Sonuçları etkileyen yapım teknolojisi bileşenlerinin analiz edilmesi			
	Tasarımda güncellemeler yapılmasıyla performansta iyileştirmeler yapılması			
			Yapım teknolojisi bileşenlerinde güncellemeler yapılmasıyla performansta iyileştirmeler yapılması	
				Yüklenicilerin seçilmesi
				Alt-yüklenicilerin seçilmesi
Çıktıların Niteliği	Çevresel performansa ilişkin tahminler			Çevresel performansa ilişkin olgular

* Yapım teknolojisi bileşenleri ile ilişkili verinin türünü ifade etmektedir. Çevresel performans ölçütlerinin görelî önceliklerinin belirlenmesinde modelde yalnızca sözel çıkarımlar kullanılmaktadır (Bkz. Bölüm 5.2.2, Modelin Uygulama adımları, 5. ve 6. maddeler).

Senaryo-2: Tasarım aşamasında, alternatiflerin sayısal veriler aracılığıyla değerlendirilmesi yoluyla yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Alternatiflerin çevresel performans sıralamasının belirlenmesi ile sonuçları etkileyen çevresel performans ölçütleri ve ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin *tahminler* yapılabilmektedir. Bu tahminler aracılığıyla tasarım aşamasında yapılacak güncellemeler ile yapım

sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Özellikle Tasarım-Yapım teslim sisteminin kullanıldığı projelerde, yapım sürecinden sorumlu kişilerin değerlendirme sürecinde karar verici olarak yer alması, elde edilen tahminler aracılığıyla yapım teknolojisi bileşenlerinde de iyileştirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu senaryoda elde edilen sonuçların hassaslığı / güvenilirliği, kullanılan sayısal verilerin niteliği ile doğrudan ilişkilidir. Yapım Yönetimi, Tasarım-Yapım ve Bütünleşik proje teslim sistemlerinin kullanıldığı projelerde, karar vericiler arasında yapım sürecinden sorumlu kişilerin yer alması (proje yöneticisi, tasarım-yapım ekibi) ve bu kişilerin önceki yapım işlerine ait VEB kaynakları aracılığıyla sayısal verilerin elde edilmesi sonuçların güvenilirlik düzeyini arttırmaktadır. Bu kişilerin karar verici olarak yer almadığı durumlarda, sayısal verilerin elde edilmesi sürecinde kullanılan VEB kaynaklarına ilişkin karar vericilerin ortak kabuller yapması gerekmektedir. Sayısal verilerin önceki veya benzer yapım işlerine ait olması ya da ortak kabuller aracılığıyla belirlenmesi nedeniyle elde edilen sonuçlar yalnızca *tahminler* ortaya konmasını sağlamaktadır.

Senaryo-3: Yapım planlama aşamasında, alternatiflerin sözel veriler aracılığıyla değerlendirilmesi yoluyla yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Alternatiflerin çevresel performans sıralamasının belirlenmesi ile sonuçları etkileyen çevresel performans ölçütleri ve ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin *tahminler* yapılabilmektedir. Bu tahminler aracılığıyla yapım planlama aşamasında yapım teknolojisi bileşenlerinde yapılacak güncellemeler ile yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Bu aşamada, kullanılan ekipmanda ve biçimlendirme ile hazırlama süreçlerinde güncellemeler / iyileştirmeler yapılması mümkün olmaktadır. Bu senaryoda elde edilen sonuçların hassaslığı / güvenilirliği, kullanılan sayısal verilerin niteliği ile doğrudan ilişkilidir. Karar vericiler arasında yapım sürecinden sorumlu kişilerin (yüklenici, proje yöneticisi, tasarım-yapım ekibi, alt-yükleniciler) yer alması sonuçların güvenilirlik düzeyini arttırmaktadır. Bu karar vericilerin yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin beklentilerini / amaçlarını deneyimlerine dayanarak tanımlamaları ile çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesi ve alternatiflerin değerlendirilmesi süreçlerinde önceki / benzer yapım işlerine ait VEB kaynaklarının kullanılması, alternatiflerin sıralanmasında daha hassas sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Senaryo-4: Yapım planlama aşamasında, alternatiflerin sayısal veriler aracılığıyla değerlendirilmesi yoluyla yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Alternatiflerin çevresel performans sıralamasının belirlenmesi ile sonuçları etkileyen çevresel performans ölçütleri ve ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin *olgular* elde edilmektedir. Bu olgular temel alınarak yapım planlama aşamasında yapım teknolojisi bileşenlerinde (ekipman, biçimlendirme ile hazırlama süreçleri) yapılacak güncellemeler ile yapım sürecinin çevresel performansının iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Bu senaryoda projeye ait sayısal verilerin, yapım işlerini gerçekleştirecek ya da gerçekleştirmesi öngörülen yüklenici ve alt yüklenicilerden temin edilen VEB kaynakları kullanılarak elde edilmesi, sonuçların güvenilirlik düzeyini arttırmaktadır. Karar vericiler arasında yapım sürecinden sorumlu kişilerin yer alması, yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin beklentilerini / amaçlarını deneyimlere dayanarak tanımlanması ile çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde de daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bu senaryoda, Tasarım-İhale-Yapım proje teslim sistemi ile gerçekleştirilen projelerde yüklenicilerin yapım sürecindeki çevresel performanslarının değerlendirilmesi yoluyla seçimi ve tüm proje teslim sistemlerinde alt yüklenicilerin yapım sürecindeki çevresel performanslarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yoluyla seçimi mümkün olmaktadır.

6. BiYSÇeP MODELİNİN UYGULANMASI

Çalışmanın “(A5) Modelin Uygulanması” aşamasını oluşturan bu bölümde, BiYSÇeP’in olası kullanım senaryolarını temsil eden dört uygulama gerçekleştirilerek, modelin kullanımı örneklenmiş ve uygulamalar ile elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Daha sonra, uygulamalar ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak karar vericilerin değerlendirme sürecindeki rolü, veri, enformasyon ve bilgi elde etme süreçleri, kullanım süreci ve sonuçların niteliği kapsamında BiYSÇeP modelinin güçlü ve zayıf yönleri tartışılmıştır.

6.1 Uygulama-1

Uygulama-1 (U1) ile BiYSÇeP’in Senaryo-1 kapsamında kullanımı örneklenmiştir. U1 için Yapım Yönetimi proje teslim sistemi ile gerçekleştirilen ve yapısal tasarım aşamasındaki bir olimpik havuz binası projesi kullanılmıştır. U1 için yerine getirilen uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır:

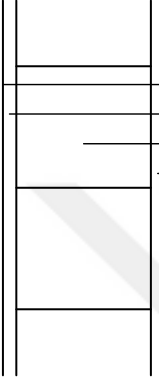
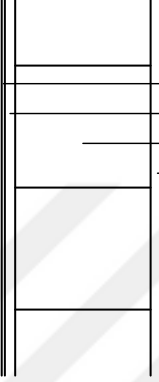
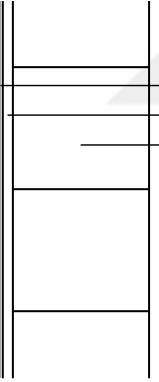
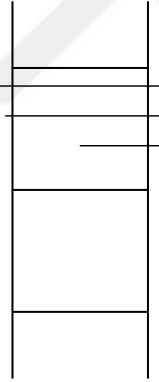
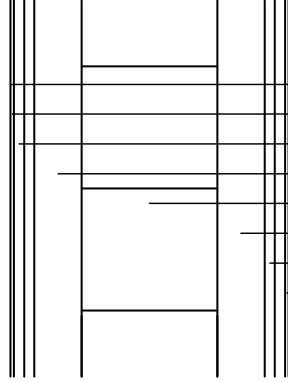
1. Karar vericilerin tanımlanması: U1 için, tasarım ekibinden bir “Mimar” Karar Verici (KV1) olarak seçilmiş; BiYSÇeP ve uygulama adımları hakkında hazırlanan bir el kitabı aracılığıyla bilgilendirilmiştir.

KV1 inşaat sektöründe yedi yıllık deneyime sahiptir. Üç yıl spor binaları ve iki yıl ulaşım binaları projelerinin uygulama projesi aşamalarında ve şantiyelerinde, ayrıca iç mimari projelerinin detay tasarımı aşamalarında görev almıştır. Mimari projelerin yapısal tasarım aşamasında uzmanlaşmış olan KV1, Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlığı sertifikasına ve binaların çevresel performansı ile ilgili temel düzeyde eğitime sahiptir.

2. Değerlendirme düzeyinin belirlenmesi: U1 kapsamında (YE4a) iç bölme duvar sistemi alternatiflerinin değerlendirilmesi amaçlanmış, böylece değerlendirme düzeyi bir yapı elemanı sistemine ait tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir.

3. Değerlendirilecek alternatiflerin belirlenmesi: Değerlendirilmek üzere beş adet iç bölme duvar sistemi alternatifi (ID) belirlenmiştir. Bunun için uygulama projesi dokümanları arasında yer alan tip detay kataloğu kullanılarak alternatiflere ait 1/10 ölçekli çizimler elde edilmiştir. Çizelge 6.1’de değerlendirilecek alternatiflere ilişkin prensip çizimleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.1 : İç bölme duvar sistemi alternatifleri.

ID1	ID2
 - Su bazlı boya - Çimento esaslı sıva - Gaz beton blok - Çimento esaslı sıva - Su bazlı boya	 - Seramik karo - Seramik yapıştırıcısı - Gaz beton blok - Çimento esaslı sıva - Su bazlı boya
ID3*	ID4*
 - Seramik karo - Seramik yapıştırıcısı - Gaz beton blok - Cam yünü levha - Alçı panel - Alçı sıva - Su bazlı boya	 - Su bazlı boya - Çimento esaslı sıva - Gaz beton blok - Cam yünü levha - Alçı panel - Alçı sıva - Su bazlı boya
ID5*	
 - Su bazlı boya - Alçı sıva - Alçı panel - Cam yünü levha - Gaz beton blok - Cam yünü levha - Alçı panel - Alçı sıva - Su bazlı boya	

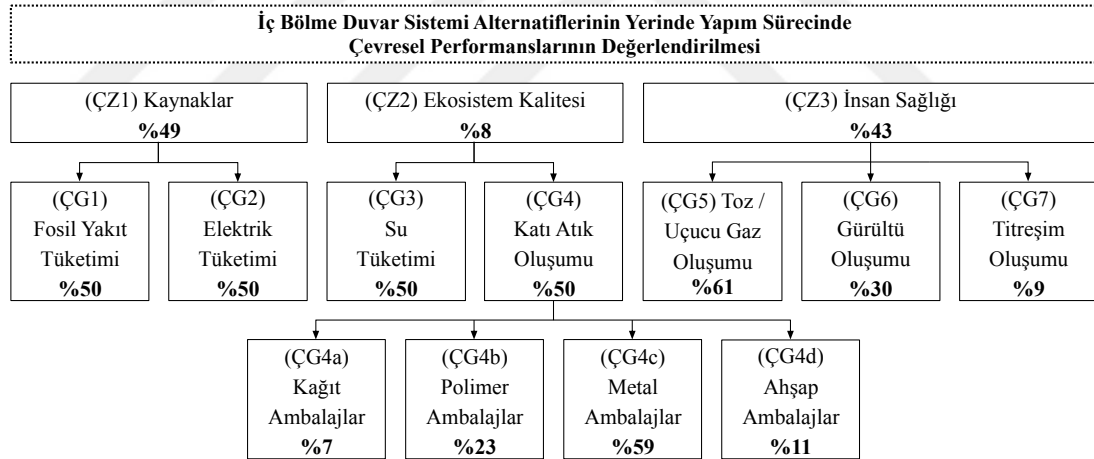
ID: İç bölme duvar sistemi

* ID3, ID4 ve ID5 alternatiflerinde alçı panellerin uygulanmasında hafif çelik konstrüksiyon kullanılmakta ve alçı paneller 2 kat olarak uygulanmaktadır.

4. VEB kaynaklarının belirlenmesi: Değerlendirme yapısal tasarım aşamasında gerçekleştirildiği için, uygulama projesi kullanılarak elde edilen ve KV1'in sahip olduğu anlayışa dayanarak, sezgisel yollarla ortaya koyduğu VEB değerlendirmede kullanılmıştır.

5. Kullanılacak bütünlük yöntemin seçilmesi: Değerlendirmenin yapısal tasarım aşamasında gerçekleştirilmesi ve alternatiflere ilişkin elde edilen verinin sözel çıkarımlara dayanması nedeniyle Bütünlük BAHP-BTOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

6. Çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması: Çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri, BAHP yönteminin Bölüm 4.2.2'de açıklanan adımları takip edilerek, karar hiyerarşisinde yer alan her düzey için hesaplanmıştır. Ek B'de tüm adımları gösterilen matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. Çevresel performans ölçütleri için hesaplanan göreceli öncelik değerleri, her bir düzey için Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1 : U1 için hesaplanan çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri.

7. Alternatiflerin sıralanması: İç bölme duvar sistemi alternatifleri, BTOPSIS yönteminin Bölüm 4.2.4'te açıklanan adımları takip edilerek, karar hiyerarşisinde yer alan her düzey için yerinde yapım süreçlerindeki çevresel performanslarına göre sıralanmıştır. Bunun için KV1, tüm alternatifleri, yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenleri ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkileri temel alarak sözel çıkarımlar aracılığıyla değerlendirmiştir. BTOPSIS hesaplamalarında BAHP hesaplamaları sonucu elde edilen çevresel performans

ölçütlerinin göreceli öncelikleri kullanılmıştır. Ek C’de tüm adımları gösterilen matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin, çevresel performans ölçütlerinin karar hiyerarşisinde temsil ettiği her düzey için sıralamaları, Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2 : İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sözel çıkarımlar sonucu elde edilen çevresel performans sıralamaları.

	Çevresel Zarar Kategorileri	(ÇZ1) Kaynaklar	(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi	(ÇG4) Katı Atık Oluşumu	(ÇZ3) İnsan Sağlığı
ID1	2	2	1	1	1
ID2	2	2	1	1	1
ID3	1	1	1	1	1
ID4	1	1	1	1	1
ID5	1	1	1	1	1

8. Elde edilen sonuçların yorumlanması: Elde edilen sonuçlar, çevresel performans ölçütlerinin her bir düzeyi için aşağıda yorumlanmaktadır:

- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇZ1) Kaynaklar, (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerinin göreceli öncelik değerleri sırasıyla %49, %8 ve %43 olarak belirlenmiştir. ID3, ID4 ve ID5 çevresel zarar kategorileri açısından en fazla olumsuz etkiye sebep olan alternatifler olarak birinci sırada yer alırken; ID1 ve ID2 ikinci sırada yer almaktadır. Bu sonuç üzerinde, ID3, ID4 ve ID5 alternatiflerinin, ID1 ve ID2 alternatiflerine göre daha fazla (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı içermesi ve bu alternatiflerin uygulanması sırasında ikincil bir konstrüksiyon kullanılması belirleyici olmuştur. Yerinde hazırlanan alçı panel derz dolgusu ve alçı sıva uygulamaları, daha fazla (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımına bağlı olarak ek (T) Taşıma ve (H) Hazırlama süreçleri ve eylemleri ile (E) Ekipman kullanımı gerektirmektedir. Bu nedenle, (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı ve (H) Hazırlık süreçlerine ve eylemlerine bağlı olarak (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu ve (ÇG3) Su Tüketimi artarken; (E) Ekipman kullanımına bağlı olarak (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi, (ÇG2) Elektrik Tüketimi, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu artmaktadır. Buna ek olarak, ikincil konstrüksiyon uygulamasına bağlı olarak (YM)

Yardımcı Malzeme kullanımı, (T) Taşıma, (B) Biçimlendirme ve (U) Uygulama süreçleri ve eylemleri ile bunlara bağlı olarak (E) Ekipman kullanımı gerektirmektedir. Bu nedenle, (T) Taşıma, (B) Biçimlendirme ve (U) Uygulama süreçleri ve eylemleri ile ilişkili (E) Ekipman kullanımına bağlı olarak (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi, (ÇG2) Elektrik Tüketimi, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu artmaktadır. Özellikle %43 görelî öncelik değeri ne sahip (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi ile ilişkili (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergeleri ile bunlarla ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerinden (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler, (TA) Taşıma Araçları, (BA) Biçimlendirme Aletleri, (HA) Hazırlama Aletleri ve (UA) Uygulama Aletleri başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi çevresel göstergelerinin her ikisinin de görelî öncelik değeri ne %50 olarak belirlenmiştir. ID3, ID4 ve ID5 (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi açısından en fazla olumsuz etkiye sebep olan alternatifler olarak birinci sırada yer alırken; ID1 ve ID2 ikinci sırada yer almaktadır. Bu sonuç üzerinde de ID3, ID4 ve ID5 alternatiflerinin, ID1 ve ID2 alternatiflerine göre daha fazla (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı içermesi ve ikincil konstrüksiyon kullanımına bağlı olarak (YM) Yardımcı Malzeme gereksinimi belirleyici olmuştur. Daha önce açıklanan gerekçelerle de ilişkili olarak, artan (TA) Taşıma Aracı, (BA) Biçimlendirme Aleti, (HA) Hazırlama Aleti ve (UA) Uygulama Aleti kullanımı dolayısıyla (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi artmaktadır. Bu nedenle, (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi çevresel göstergeleri ile bunlarla ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerinden (TA) Taşıma Araçları, (BA) Biçimlendirme Aletleri, (HA) Hazırlama Aletleri ve (UA) Uygulama Aletleri başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.
- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu (ÇG3) Su Tüketimi ve (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergelerinin her ikisinin de görelî öncelik değeri ne %50 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi çevresel zarar kategorisi için aynı çevresel performansa sahip oldukları ortaya konmuştur. Bu sonuç üzerinde, benzer (TM) Temel ve

(YM) Yardımcı Malzemeler ile (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımının etkili olduğu söylenebilir.

- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesine ait alt göstergeler olan (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4c) Metal Ambalaj Atığı Oluşumu ve (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Oluşum göstergelerinin göreceli öncelik değerleri sırasıyla %7, %23, %59 ve %11 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesi için aynı çevresel performansa sahip oldukları ortaya konmuştur. Tüm alternatiflerin benzer (TM) Temel Malzeme, (YM) Yardımcı Malzeme ve (BM) Birleşim Malzemesi kullanımı gerektirmesi nedeniyle, benzer türlerde ambalaj atığı oluşumunun bu sonuca sebep olduğu söylenebilir. Ancak kullanılan malzeme miktarlarının değerlendirme sırasında göz önünde bulundurulması halinde daha hassas sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir.
- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergelerinin göreceli öncelik değerleri sırasıyla %61, %30 ve %9 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi için aynı çevresel performansa sahip oldukları ortaya konmuştur. Çevresel zarar kategorileri açısından elde edilen sıralamalar ve ilişkili yorumlar göz önüne alındığında, bu kategoride elde edilen sonuçların çelişkili olduğu söylenebilir.

6.2 Uygulama-2

U1 için seçilen proje kullanılarak gerçekleştirilen Uygulama-2 (U2) ile BiYSÇeP'in Senaryo-2 kapsamında kullanımı örneklenmiştir. Bunun için, U1 için seçilen KV1 ile U1 için belirlenen değerlendirme düzeyi ve alternatifleri kullanılmıştır. Modelin U2 için yerine getirilen diğer uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır:

4. VEB kaynaklarının belirlenmesi: Yapısal tasarım aşamasında sayısal veriler kullanılarak değerlendirme yapılması hedeflendiğinden, uygulama projesinin yanı sıra Birim Fiyat Analizleri, Yapım Yönetimi firmasının uygulamalarında sıklıkla

kullandığı malzemelerin üretici ve uygulayıcı firmalarından temin edilen kataloglar ve ekipman katalogları kullanılacak VEB kaynakları olarak belirlenmiştir.

5. Kullanılacak bütünleşik yöntemin seçilmesi: Değerlendirmenin yapısal tasarım aşamasında, alternatiflere ilişkin elde edilen sayısal veriler aracılığıyla gerçekleştirilecek olması nedeniyle Bütünleşik BAHP-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

6. Çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması: U1 için elde edilen ve KV1'in değerlendirmelerine dayanan çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri (Bkz. Bölüm 6.1, Şekil 6.1), bu uygulama için de kullanılmıştır.

7. Alternatiflerin sıralanması: İç bölme duvar alternatiflerinin, yerinde yapım süreçlerindeki çevresel performanslarına göre sıralanması, TOPSIS yönteminin Bölüm 4.2.3'te açıklanan adımları takip edilerek, karar hiyerarşisinde yer alan her düzey için hesaplanmıştır. Bunun için iç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal veriler, modelin uygulama adımlarından 7a'da açıklanan (Bkz. Bölüm 5.2.2 ve Ek A Şekil A.1) adımlar takip edilerek, tüm alternatifler için, belirlenen VEB kaynaklarından elde edilmiş ve Ek D'de gösterilen çizelgeler aracılığıyla kayıt altına alınmıştır. TOPSIS hesaplamalarında BAHP hesaplamaları sonucu elde edilen çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri kullanılmıştır. Ek E'de tüm adımları gösterilen matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin, çevresel performans ölçütlerinin karar hiyerarşisinde temsil ettiği her düzey için sıralamaları, Çizelge 6.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.3 : İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sayısal veriler kullanılarak elde edilen çevresel performans sıralamaları.

	Çevresel Zarar Kategorileri	(ÇZ1) Kaynaklar	(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi	(ÇG4) Katı Atık Oluşumu	(ÇZ3) İnsan Sağlığı
ID1	5	5	1	1	5
ID2	4	2	2	2	2
ID3	2	1	4	4	1
ID4	3	4	3	3	4
ID5	1	3	5	5	3

8. Elde edilen sonuçların yorumlanması: Elde edilen sonuçlar, çevresel performans ölçütlerinin her bir düzeyi için aşağıda yorumlanmaktadır:

- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇZ1) Kaynaklar, (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerinin sırasıyla %49, %8 ve %43 görelî öncelik değerlerine sahip olduğu ortaya konmuş; alternatifler çevresel zarar kategorileri açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru ID5, ID3, ID4, ID2 ve ID1 şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuç üzerinde en yüksek görelî öncelik değerlerine sahip (ÇZ1) Kaynaklar ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerine ait çevresel göstergeler ile ilişkili yapım teknolojisi bileşenleri büyük oranda etkili olmuştur.
- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi çevresel göstergelerinin her ikisinin de %50 görelî öncelik değerine sahip olduğu ortaya konmuş; alternatifler (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru ID3, ID2, ID5, ID4 ve ID1 şeklinde sıralanmıştır. Alternatiflerin yapım sürecinde kullanılan yapım teknolojilerine ilişkin sayısal veriler incelendiğinde, yalnızca (TM-GÖ) Gövde Malzemesi olarak kullanılan gaz beton blokların (T) Taşıma sürecinde (TA) Taşıma Aracı (forklift) kullanımına ve tüm alternatiflerde aynı malzemenin kullanılmasına bağılı olarak eşit miktarda (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi gerçekleştiği görülmektedir. Bununla birlikte, alternatiflerin yapım sürecinde gerçekleştirilen çimento harç, çimento esaslı sıva, alçı sıva, alçı esaslı derz dolgusu ve çimento derz dolgusu (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeleri ile ilişkili (H) Hazırlama sürecinde kullanılan (HA) Hazırlama aletleri (elektrikli karıştırıcı) ile (TM-KA) Kaplama Malzemeleri (alçı panel) ve ilişkili (YM) Yardımcı Malzemelerin (hafif çelik konstrüksiyon) (U) Uygulama süreçlerinde kullanılan (UA) Uygulama Aletleri (el matkabı), çeşitli düzeylerde (ÇG2) Elektrik Tüketimine sebep olmaktadır. Sonuç olarak, (ÇG2) Elektrik Tüketimi ile ilişkili (HA) Hazırlama ve (UA) Uygulama Aletleri ile, (H) Hazırlama süreci ile ilişkili (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler, (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi için başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG3) Su Tüketimi ve (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergelerinin her ikisinin de %50 görelî öncelik değerine sahip olduğu belirlenmiş; alternatifler (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi çevresel zarar kategorisi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru ID1, ID2, ID4, ID3 ve ID5 şeklinde sıralanmıştır. Yapım teknolojilerine ilişkin sayısal veriler incelendiğinde, tüm alternatiflerin benzer nitelikte ve nicelikte (TM) Temel ve (YM) Yardımcı Malzeme kullanımına bağılı olarak birbirine yakın oranlarda (ÇG4) Katı Atık Oluşumuna sebep olduğu; bununla birlikte yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (çimento harç, çimento esaslı sıva, alçı sıva, alçı esaslı derz dolgusu ve çimento derz dolgusu) kullanımına bağılı olarak değışen miktarlarda (ÇG3) Su Tüketiminin gerçekleştirilmesinin sonuçlar üzerinde büyük oranda etkili olduğu görölmektedir. Sonuç olarak, (ÇG3) Su tüketimi ile ilişkili (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi çevresel zarar kategorisi için başlıca iyileştirme / önlem alanı olarak öne çıkmaktadır.
- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesine ait alt göstergeler olan (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4c) Metal Ambalaj Atığı Oluşumu ve (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu göstergelerinin görelî öncelik değeri sırasıyla %7, %23, %59 ve %11 olarak belirlenmiştir. Alternatifler (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru ID1, ID2, ID4, ID3 ve ID5 şeklinde sıralanmıştır. Sayısal veriler incelendiğinde, (ÇG4c) Metal Ambalaj Atığı Oluşumu gerçekleşmediğı, tüm alternatiflerde (TM-GÖ) Gövde Malzemesi olarak gaz beton blok kullanımına bağılı olarak açığa çıkan ahşap paletler nedeniyle eşit miktarda (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu ortaya çıktığı görölmektedir. Bu nedenle, sonuçlar üzerinde (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler (çimento harç, çimento esaslı sıva, alçı sıva, alçı esaslı derz dolgusu ve çimento derz dolgusu) ile (TM-KA) Kaplama Malzemeleri (seramik karo) ambalajlarına bağılı olarak açığa çıkan (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu ile hazır (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (hazır seramik yapıştırıcısı) ve (TM-KA) Kaplama Malzemesi (su bazlı boya) ambalajlarına bağılı olarak açığa çıkan (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu

etkili olmuştur. Sonuç olarak, (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu ve (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu ile ilişkili (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler ile (TM-KA) Kaplama Malzemeleri, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesi için iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV1 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergelerinin sırasıyla %61, %30 ve %9 göreceli öncelik değerlerine sahip olduğu ortaya konmuştur. Alternatifler (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru ID3, ID2, ID5, ID4 ve ID1 şeklinde sıralanmıştır. Tüm alternatifler, yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (çimento harç, çimento esaslı sıva, alçı sıva, alçı esaslı derz dolgusu ve çimento derz dolgusu) kullanımına bağlı olarak (ÇG5) Toz / Uçucu gaz Oluşumuna ve buna bağlı olarak değişen sürelerde toza maruz kalmaya sebep olmaktadır. Bununla birlikte (BM-BY) Bağlayıcı Malzemelerin (H) Hazırlama süreçlerinde kullanılan (HA) Hazırlama aletleri (elektrikli karıştırıcı) ile (TM-KA) Kaplama Malzemeleri (alçı panel) ve ilişkili (YM) Yardımcı Malzemelerin (hafif çelik konstrüksiyon) (U) Uygulama süreçlerinde kullanılan (UA) Uygulama Aletlerinin (el matkabı) enerji kullanımı gerektirmesi, değişen oranlarda (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumuna sebep olmaktadır. Sonuç olarak, yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler ile enerji kullanımı gerektiren (HA) Hazırlama Aletleri ve (UA) Uygulama Aletleri, (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi için başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

6.3 Uygulama-3

Uygulama-3 (U3) ile BiYSÇeP'in Senaryo-3 kapsamında kullanımı örneklenmiştir. U3 için Tasarım-İhale-Yapım proje teslim sistemi ile gerçekleştirilen ve yapım planlama aşamasındaki bir ofis binası projesi kullanılmıştır. U3 için yerine getirilen uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır:

1. Karar vericilerin tanımlanması: U3 için, şantiye mimarı olarak şantiyede görev alacak bir "Mimar" Karar Verici (KV2) olarak seçilmiştir. KV2 BiYSÇeP ve uygulama adımları hakkında ilk olarak hazırlanan el kitabı aracılığıyla

bilgilendirilmiş, daha sonra gerçekleştirilen yüz yüze görüşme aracılığıyla yöntem üzerine soruları cevaplanarak model hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

KV2 inşaat sektöründe sekiz yıllık deneyime sahiptir. İki sene çeşitli mimarlık ofislerinde tasarım projeleri ve sunumu konusunda çalışmış, sonraki çalışmaları uygulama projesi ve disiplinler arası koordinasyon üzerine odaklanmıştır. Türkiye’de ve yurtdışında ofis, konut ve alışveriş merkezi projelerinin uygulama projesi aşamalarında ve şantiyelerde görev almıştır. Binaların çevresel performansı üzerine bir yüksek lisans çalışması bulunan KV2, konu ile ilgili temel düzeyde bilgi birikimine sahiptir.

2. Değerlendirme düzeyinin belirlenmesi: U3 kapsamında (YE3) döşeme sistemi alternatiflerinin değerlendirilmesi amaçlanmış, böylece değerlendirme düzeyi bir yapı elemanı sistemine ait tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir.

3. Değerlendirilecek alternatiflerin belirlenmesi: Değerlendirilmek üzere üç döşeme sistemi alternatifi (DS) belirlenmiştir. Bunun için uygulama projesi dokümanları arasında yer alan tip detay kataloğu kullanılarak alternatiflere ait 1/10 ölçekli çizimler elde edilmiştir. Çizelge 6.4’te değerlendirilecek alternatiflerde kullanılan malzemeler gösterilmektedir.

Çizelge 6.4 : Döşeme sistemi alternatifleri.

DS1	DS2*	DS3
- Suni prekast karo - Yapıştırıcı - Çimento esaslı şap - Betonarme döşeme plağı	- Linolyum kaplı panel - Tozumaz epoksi boya - Betonarme döşeme plağı	- Seramik karo - Seramik yapıştırıcısı - Çimento- akrilik esaslı sürme su yalıtımı - Çelik hasırlı şap - Gaz beton blok dolgu - Betonarme döşeme plağı

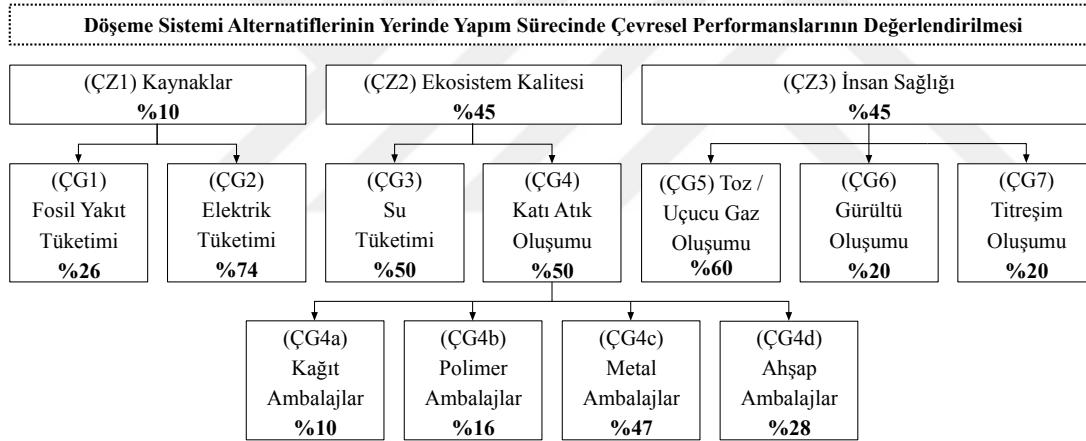
DS: Döşeme sistemi

* DS2 alternatifi bir yükseltilmiş döşeme sistemidir.

4. VEB kaynaklarının belirlenmesi: Değerlendirme için uygulama projesi ve ilişkili dokümanlar kullanılarak elde edilen ve KV2'nin sahip olduğu anlayışa ve deneyime dayanarak, sezgisel yollarla ortaya koyduğu VEB değerlendirmede kullanılmıştır.

5. Kullanılacak bütünleşik yöntemin seçilmesi: Değerlendirmenin yapım planlama aşamasında sözel çıkarımlar aracılığıyla gerçekleştirilmesi hedeflendiğinden Bütünleşik BAHF-BTOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

6. Çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması: Çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri, BAHF yönteminin Bölüm 4.2.2'de açıklanan adımları takip edilerek, karar hiyerarşisinde yer alan her düzey için hesaplanmıştır. Ek F'de tüm adımları gösterilen matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. Çevresel performans ölçütleri için hesaplanan göreceli öncelik değerleri, her bir düzey için Şekil 6.2'de gösterilmektedir.



Şekil 6.2 : U3 için hesaplanan çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri.

7. Alternatiflerin sıralanması: Döşeme sistemi alternatiflerinin, yerinde yapım süreçlerindeki çevresel performanslarına göre sıralanması, BTOPSIS yönteminin Bölüm 4.2.4'te açıklanan adımları takip edilerek, karar hiyerarşisinde yer alan her düzey için hesaplanmıştır. Bunun için KV2, tüm alternatifleri, yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenleri ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkileri temel alarak sözel çıkarımlar aracılığıyla değerlendirmiştir. BTOPSIS hesaplamalarında BAHF hesaplamaları sonucu elde edilen çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri kullanılmıştır. Ek G'de tüm adımları gösterilen matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin,

çevresel performans ölçütlerinin karar hiyerarşisinde temsil ettiği her düzey için sıralamaları, Çizelge 6.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 6.5 : Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sözel çıkarımlar sonucu elde edilen çevresel performans sıralamaları.

	Çevresel Zarar Kategorileri	(ÇZ1) Kaynaklar	(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi	(ÇG4) Katı Atık Oluşumu	(ÇZ3) İnsan Sağlığı
DS1	2	2	1	3	3
DS2	3	1	1	2	2
DS3	1	1	1	1	1

8. Elde edilen sonuçların yorumlanması: Elde edilen sonuçlar, çevresel performans ölçütlerinin her bir düzeyi için aşağıda yorumlanmaktadır:

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇZ1) Kaynaklar, (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerinin göreceli öncelik değerleri sırasıyla %10, %45 ve %45 olarak belirlenmiştir. Çevresel zarar kategorilerine bağlı olarak yerinde yapım sürecinin çevresel performansı üzerinde oluşturdukları olumsuz etkiye göre DS3 ilk sırada yer alırken, DS1 ikinci ve DS2 üçüncü sırada yer almaktadır. Bu sonuçlar üzerinde DS3 ve DS1 alternatiflerinin en fazla göreceli öncelik değerlerine sahip (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerine ait çevresel göstergelerle doğrudan ilişkili olan (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı içermeleri büyük oranda etkili olmuştur. Bu alternatiflerin, suni prekast karo ve seramik karo uygulamaları için kullanılan yapıştırıcıların yanı sıra şap uygulamaları içermeleri (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımına bağlı olarak (T) Taşıma ve (H) Hazırlama süreçleri ve eylemleri ile bu süreçlerde (E) Ekipman kullanımının artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı ile ilişkili (H) Hazırlık süreçlerine ve eylemlerine bağlı olarak (ÇG3) Su Tüketimi ve (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu artarken; (E) Ekipman kullanımına bağlı olarak (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu artmaktadır. DS2 alternatifinde mekanik birleşim tekniklerinin kullanılması, (U) Uygulama sürecinde kullanılan (E) Ekipmana bağlı olarak (ÇG2) Elektrik Tüketimine sebep olmasına rağmen, (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisinin diğer kategorilere göre düşük bir göreceli öncelik değerine sahip olması bu alternatifin yerinde yapım sürecinin

çevresel performansı açısından en iyi alternatif olmasına olanak sağlamıştır. Özellikle %45 görelî öncelik değeriine sahip (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi ile ilişkili (ÇG3) Su Tüketimi, (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergeleri ile bunlarla ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerinden (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler, (TA) Taşıma Araçları ve (HA) Hazırlama Aletleri başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi çevresel göstergelerinin görelî öncelik değeriileri sırasıyla %26 ve %74 olarak belirlenmiştir. DS2 ve DS3 (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi açısından en fazla olumsuz etkiye sebep olan alternatifler olarak birinci sırada yer alırken; DS1 ikinci sırada yer almaktadır. Bu sonuç üzerinde, en yüksek görelî öncelik değeriine sahip olması dolayısıyla (ÇG2) Elektrik Tüketimi çevresel göstergesi belirleyici olmaktadır. DS2 alternatifi (BM-BT) Bağlantı Malzemesi kullanımı ve tekrar eden çok sayıda uygulama için (UA) Uygulama Aleti kullanımına bağlı olarak (ÇG2) Elektrik Tüketiminin artmasına sebep olmaktadır. DS3 alternatifi, (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı içermesi nedeniyle (H) Hazırlama süreci ve eylemlerine bağlı olarak bu süreçlerde (HA) Hazırlama Aleti kullanımının ve dolayısıyla (ÇG2) Elektrik Tüketiminin artmasına sebep olmakla birlikte, diğer alternatiflerle karşılaştırıldığında çok sayıda (TM) Temel ve (YM) Yardımcı Malzemeler ile (BM) Birleşim Malzemeleri kullanımı gerektirmesi ek (T) Taşıma süreçlerine ve (TA) Taşıma Aracı kullanımına sebep olmaktadır. DS1 ise (H) Hazırlama süreci ve eylemine bağlı olarak (HA) Hazırlama Aleti kullanımı içermesi ve diğer alternatiflere göre daha az sayıda (TA) Taşıma Aracı kullanımı gerektirmesi nedeniyle (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi açısından diğer alternatiflere göre yapım sürecinde daha iyi bir çevresel performans ortaya koymaktadır. Bu ilişkilere bağlı olarak, (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi ile ilişkili iyileştirme / önlem alanlarının (TA) Taşıma araçları, (HA) Hazırlama Aletleri ve (UA) Uygulama Aletleri yapım teknolojisi bileşenleri üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu (ÇG3) Su Tüketimi ve (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergelerinin her ikisinin de görelî öncelik değerleri %50 olarak belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi çevresel zarar kategorisi için aynı çevresel performansa sahip oldukları ortaya konmuştur. DS1 ve DS3 alternatifleri benzer (TM) Temel, (YM) Yardımcı ve (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı içermeleri nedeniyle benzer oranlarda (ÇG3) Su Tüketimine ve benzer türde (ÇG4) Katı Atık Oluşumuna sebep olurken; DS2 alternatifinin çok sayıda bileşen içermesi nedeniyle diğer alternatiflere göre daha fazla miktarda (ÇG4) Katı Atık Oluşumuna sebep olmasının bu sonucu ortaya koyduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, (TM) Temel, (YM) Yardımcı ve (BM-BY) Bağlayıcı Malzemelere ait ambalaj türleri ve (H) Hazırlık sürecinde (ÇG3) Su Tüketimine sebep olan (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler bu çevresel zarar kategorisinin olası iyileştirme / önlem alanlarını oluşturmaktadır.
- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesine ait alt göstergeler olan (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4c) Metal Ambalaj Atığı Oluşumu ve (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Oluşum göstergelerinin görelî öncelik değerleri sırasıyla %10, %16, %47 ve %28 olarak belirlenmiştir. DS3 (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesi açısından en fazla olumsuz etkiye sebep olan alternatif olarak birinci sırada yer alırken; DS2 ikinci sırada ve DS1 üçüncü sırada yer almaktadır. DS3 alternatifi, (TM) Temel Malzeme (seramik karo) kullanımı ve (YM) Yardımcı Malzeme (çelik hasırlı şap) kullanımına bağlı olarak (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumuna, (BM) Birleşim Malzemeleri (seramik yapıştırıcısı ve yarı esnek çimento-akrîlik esaslı sürme su yalıtımı) kullanımına bağlı olarak (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumuna ve (YM) Yardımcı Malzeme (gaz beton blok) kullanımına bağlı olarak (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumuna sebep olmaktadır. DS2 alternatifi (TM) Temel Malzeme (linolyum kaplı yükseltilmiş döşeme paneli) kullanımı ile (YM) Yardımcı Malzeme (panel taşıyıcı ayak) kullanımına bağlı olarak (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumuna ve (YM) Yardımcı Malzeme (tozamaz epoksi boya) kullanımına bağlı olarak (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumuna sebep olmaktadır. DS1 alternatifi (TM) Temel Malzeme (suni

prekast karo) kullanımı ile (YM) Yardımcı Malzeme (şap) kullanımına bağlı olarak (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumuna ve (BM) Birleşim Malzemesi (yapıştırıcı) kullanımına bağlı olarak (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumuna sebep olmaktadır. Bu ambalaj türleri ve olası miktarları sonuçlar üzerinde belirleyici olmuştur. Bu nedenle, kullanılan (TM) Temel ve (YM) Yardımcı Malzemeler ile (BM) Birleşim Malzemelerinin ambalajlanma karakteristikleri olası iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergelerinin görecelik öncelik değerleri sırasıyla %60, %20 ve %20 olarak belirlenmiştir. (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi kapsamında DS3 en fazla olumsuz etkiye sebep olan alternatif olarak ilk sırada yer alırken, DS2 ikinci ve DS1 üçüncü sırada yer almaktadır. DS3 alternatifi diğer alternatiflerle karşılaştırıldığında daha fazla sayıda (T) Taşıma süreci içermesi ve (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımına bağlı olarak gerçekleştirilen (H) Hazırlama süreçleri ve eylemleri dolayısıyla daha fazla (HA) Hazırlama Aleti kullanımı içermektedir. Bu nedenle, (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı dolayısıyla (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz oluşumuna ve (TA) Taşıma Aracı ve (HA) Hazırlama Aleti kullanımlarına bağlı olarak (ÇG6) Gürültü ve (ÇG7) Titreşim Oluşumuna sebep olmaktadır. Bununla birlikte, DS2 alternatifi (T) Taşıma sürecine ek olarak (U) Uygulama sürecinde tekrarlayan (U) Uygulama eylemleri gereksinimi nedeniyle daha uzun süre (UA) Uygulama Aleti kullanımı gerektirmekte; DS1 alternatifi ise diğer alternatiflere göre daha az (T) Taşıma süreci gerektirmesi nedeniyle daha az (TA) Taşıma Aracı kullanımı ve buna ek olarak (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımına bağlı olarak gerçekleştirilen (H) Hazırlama süreci ve eylemi dolayısıyla (HA) Hazırlama Aleti kullanımı gerektirmektedir. Tüm alternatifler için (T) Taşıma süreçleri ve eylemleri ile (H) Hazırlama ve (U) Uygulama süreçlerinin olası miktarı ve süresi göz önünde bulundurulduğunda elde edilen sonuçların tutarlı olduğu düşünülmektedir. Bu çevresel zarar kategorisi için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu çevresel kategorisi ile ilişkili (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme kullanımı ve (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergeleri ile ilişkili (TA) Taşıma Araçları, (HA) Hazırlama Aletleri ve (UA) Uygulama

Aletleri yapım teknolojisi bileşenleri olası iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

6.4 Uygulama-4

U3 için seçilen proje kullanılarak gerçekleştirilen Uygulama-4 (U4) ile BiYSÇeP'in Senaryo-4 kapsamında kullanımı örneklenmiştir. Bunun için, U3 için seçilen KV2 ile U3 için belirlenen değerlendirme düzeyi ve alternatifleri kullanılmıştır. Modelin U4 için yerine getirilen diğer uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır:

4. VEB kaynaklarının belirlenmesi: Yapım planlama aşamasında sayısal veriler kullanılarak değerlendirme yapılması hedeflendiğinden, uygulama projesi ve ilişkili yapım dokümanlarının yanı sıra Birim Fiyat Analizleri, Yüklenici Firmanın uygulamalarında sıklıkla kullandığı malzemelerin üretici ve uygulayıcı firmalarından temin edilen kataloglar ve ekipman katalogları VEB kaynakları olarak kullanılmıştır.

5. Kullanılacak bütünlük yöntemin seçilmesi: Değerlendirmenin yapım planlama aşamasında, alternatiflere ilişkin elde edilen sayısal veriler aracılığıyla gerçekleştirilecek olması nedeniyle Bütünlük BAHP-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

6. Çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması: U3 için elde edilen ve KV2'nin değerlendirmelerine dayanan çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri (Bkz. Bölüm 6.3, Şekil 6.2), bu uygulama için de kullanılmıştır.

7. Alternatiflerin sıralanması: Döşeme sistemi alternatiflerinin, yerinde yapım süreçlerindeki çevresel performanslarına göre sıralanması, TOPSIS yönteminin Bölüm 4.2.3'te açıklanan adımları takip edilerek, karar hiyerarşisinde yer alan her düzey için hesaplanmıştır. Bunun döşeme sistemi alternatiflerinin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal veriler, modelin uygulama adımlarından 7a'da açıklanan (Bkz. Bölüm 5.2.2 ve Ek A Şekil A.1) adımlar takip edilerek, tüm alternatifler için, belirlenen VEB kaynaklarından elde edilmiş ve Ek H'de gösterilen çizelgeler aracılığıyla kayıt altına alınmıştır. TOPSIS hesaplamalarında BAHP hesaplamaları sonucu elde edilen çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri kullanılmıştır. Ek I'da tüm adımları gösterilen matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin,

çevresel performans ölçütlerinin karar hiyerarşisinde temsil ettiği her düzey için sıralamaları, Çizelge 6.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 6.6 : Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin sayısal veriler kullanılarak elde edilen çevresel performans sıralamaları.

	Çevresel Zarar Kategorileri	(ÇZ1) Kaynaklar	(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi	(ÇG4) Katı Atık Oluşumu	(ÇZ3) İnsan Sağlığı
DS1	2	1	2	3	1
DS2	3	3	3	2	3
DS3	1	2	1	1	2

8. Elde edilen sonuçların yorumlanması: Elde edilen sonuçlar, çevresel performans ölçütlerinin her bir düzeyi için aşağıda yorumlanmaktadır:

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇZ1) Kaynaklar, (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerinin sırasıyla %10, %45 ve %45 görelî öncelik değerlerine sahip olduğu ortaya konmuş; alternatifler çevresel zarar kategorileri açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru DS3, DS1 ve DS2 şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuç üzerinde en yüksek ve eşit değerde görelî önceliklere sahip olan (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi ve (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorilerine ait çevresel göstergeler ile ilişkili yapım teknolojisi bileşenleri büyük oranda etkili olmuştur.
- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi çevresel göstergelerinin sırasıyla %26 ve %74 görelî öncelik değerlerine sahip olduğu ortaya konmuş; alternatifler (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru DS1, DS3 ve DS2 şeklinde sıralanmıştır. Alternatiflerin yapım sürecinde kullanılan yapım teknolojilerine ilişkin sayısal veriler incelendiğinde, DS1 alternatifinde (TM-KA) Kaplama Malzemesi olarak kullanılan suni prekast karoların ve DS3 alternatifinde dolgu amaçlı (YM) Yardımcı Malzeme olarak kullanılan gaz beton blokların (T) Taşıma sürecinde aynı nitelikte (TA) Taşıma Aracı (forklift) kullanımına bağlı olarak eşit miktarda (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi gerçekleştiği; bununla birlikte DS2 alternatifinin yapım sürecinde (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimine neden olan bir

araç ya da aletin kullanılmadığı görülmektedir. Bunlara ek olarak, DS1 ve DS3 alternatifleri, (BM-BY) Bağlayıcı Malzemelerin (çimento harç ve çimento derz dolgusu) (H) Hazırlık süreçlerinde (ÇG2) Elektrik Tüketimine neden olan (HA) Hazırlama Aletleri (elektrikli karıştırıcı) kullanımı gerektirirken; DS2 alternatifinde (BM-BT) Bağlantı Malzemesi kullanımına bağlı olarak (U) Uygulama sürecinde (ÇG2) Elektrik Tüketimine neden olan (UA) Uygulama Aleti (el matkabı) kullanılmaktadır. Sonuç olarak, (ÇG2) Elektrik Tüketimi ile ilişkili (HA) Hazırlama ve (UA) Uygulama Aletleri ile (H) Hazırlama süreci ile ilişkili (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler, (ÇZ1) Kaynaklar çevresel zarar kategorisi için başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG3) Su Tüketimi ve (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergelerinin her ikisinin de %50 görelî öncelik değerine sahip olduğu belirlenmiş; alternatifler (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi çevresel zarar kategorisi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru DS3, DS1 ve DS2 şeklinde sıralanmıştır. DS1 ve DS3 alternatifleri, (BM-BY) Bağlayıcı Malzemelerin (çimento harç ve çimento derz dolgusu) (H) Hazırlık süreçlerinde eşit miktarda (ÇG3) Su Tüketimine sebep olurken, DS1 alternatifi yapım sürecinde (ÇG3) Su Tüketimi gerçekleşmemektedir. Bu kategoride sonuçları belirleyen, alternatiflerin yapım sürecinde açığa çıkan (ÇG4) Katı Atık Oluşumu miktarlarıdır. Buna göre, en fazla bileşene sahip DS3 alternatifi en fazla (ÇG4) Katı Atık Oluşumuna sebep olurken, onu sırasıyla DS2 ve DS1 alternatifleri takip etmektedir. Sonuç olarak, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu ile ilişkili (TM) Temel Malzemeler ve (YM) Yardımcı Malzemelerin ambalaj özellikleri ve (ÇG3) Su tüketimi ile ilişkili yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (çimento harç ve çimento derz dolgusu) kullanımı (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi çevresel zarar kategorisi için başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.
- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesine ait alt göstergeler olan (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4c) Metal Ambalaj Atığı Oluşumu ve (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Oluşum göstergelerinin görelî öncelik değerleri sırasıyla %10, %16, %47 ve %28 olarak belirlenmiştir. Alternatifler (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesi açısından çevresel

performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru DS3, DS2 ve DS1 şeklinde sıralanmıştır. Sayısal veriler incelendiğinde, (ÇG4c) Metal Ambalaj Atığı Oluşumu gerçekleşmediği görülmektedir. Her üç alternatifte de (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (çimento harç ve çimento derz dolgusu), (TM-KA) Kaplama Malzemesi (suni prekast karo, linolyum kaplı panel, seramik karo) ve (YM) Yardımcı Malzeme (panel taşıyıcı ayak) kullanımlarına bağlı olarak değişen miktarlarda (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu ortaya çıkmaktadır. (TM-KA) Kaplama Malzemesi (tozumsuz epoksi boya) ve hazır (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (hazır seramik yapıştırıcısı) kullanımlarına bağlı olarak ise değişen miktarlarda (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu gerçekleşmektedir. Bununla birlikte sonuçlar üzerinde belirleyici olan, DS3 alternatifinde dolgu amaçlı (YM) Yardımcı Malzeme olarak kullanılan gaz beton blokların ambalajlanmasında kullanılan ahşap paletler nedeniyle diğer atık türlerine göre çok miktarda (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu açığa çıkmasıdır. Sonuç olarak, (ÇG4d) Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu ile ilişkili (YM) Yardımcı Malzemeler ve (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler ile (TM-KA) Kaplama Malzemeleri ile ilişkili (ÇG4a) Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu ve (ÇG4b) Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu, (ÇG4) Katı Atık Oluşumu çevresel göstergesi için iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

- KV2 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu, (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu çevresel göstergelerinin sırasıyla %60, %20 ve %20 göreceli öncelik değerlerine sahip olduğu ortaya konmuştur. Alternatifler (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi açısından çevresel performansı en düşük olandan en yüksek olana doğru DS1, DS3 ve DS2 şeklinde sıralanmıştır. DS1 ve DS3 alternatifleri, yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzeme (çimento harç ve çimento derz dolgusu) kullanımına bağlı olarak (ÇG5) Toz / Uçucu gaz Oluşumuna ve buna bağlı olarak değişen sürelerde toza maruz kalmaya sebep olurken; DS2 alternatifi (ÇG5) Toz / Uçucu gaz Oluşumuna sebep olan bir süreç içermemektedir. Benzer şekilde, DS1 ve DS3 alternatifleri, yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzemelerle ilişkili çok sayıda (H) Hazırlık süreci ve (HA) Hazırlama Aleti (elektrikli karıştırıcı matkap), kullanımına bağlı olarak DS2 alternatifine göre daha yüksek oranlarda (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve

(ÇG7) Titreşim Oluşumuna sebep olurken; DS2 alternatifi yalnızca (U) Uygulama sürecinde (UA) Uygulama aleti (elektrikli el matkabı) kullanımına bağlı olarak daha düşük oranda (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumuna sebep olmaktadır. Sonuç olarak, yerinde hazırlanan (BM-BY) Bağlayıcı Malzemeler ile enerji kullanımı gerektiren (HA) Hazırlama Aletleri ve (UA) Uygulama Aletleri, (ÇZ3) İnsan Sağlığı çevresel zarar kategorisi için başlıca iyileştirme / önlem alanları olarak öne çıkmaktadır.

6.5 Uygulama Sonuçlarının Tartışılması

BiYSÇeP'in kullanımının örneklendiği olası temel senaryoları temsil eden uygulamalar ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, karar vericilerin değerlendirme sürecindeki rolü, veri, enformasyon ve bilgi elde etme süreçleri, kullanım süreci ve sonuçların niteliği tartışılmıştır.

U1 ve U2 ile, seçilen alternatiflerin yapım sürecindeki çevresel performansları, yapısal tasarım aşamasında sözel çıkarımlar ve sayısal veriler ile sırasıyla Bütünleşik BAHP-BTOPSIS ve Bütünleşik BAHP-TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, alternatiflerin sözel çıkarımlara dayanan sıralamalarında beş alternatifin yalnızca iki düzeyde sıralandığı ve çoğunlukla eşit performanslar ortaya koyduğu belirlenirken; sayısal verilere dayanan sıralamalarda alternatiflerin her düzey için değişen çevresel performanslar ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7 : İç bölme duvar sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin çevresel performans sıralamalarının karşılaştırılması.

	Çevresel Zarar Kategorileri		(ÇZ1) Kaynaklar		(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi		(ÇG4) Katı Atık Oluşumu		(ÇZ3) İnsan Sağlığı	
	SÇ	SV	SÇ	SV	SÇ	SV	SÇ	SV	SÇ	SV
ALT										
ID1	2	5	2	5	1	1	1	1	1	5
ID2	2	4	2	2	1	2	1	2	1	2
ID3	1	2	1	1	1	4	1	4	1	1
ID4	1	3	1	4	1	3	1	3	1	4
ID5	1	1	1	3	1	5	1	5	1	3

ALT: Alternatifler; ID: İç duvar sistemi; SÇ: Sözel çıkarımlar sonucu elde edilen sonuçlar; SV: Sayısal veriler kullanılarak elde edilen sonuçlar

Bu sonuçlar üzerinde, KV1'in sözel çıkarımlarla alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında, alternatiflerin birbirine yakın özelliklere sebep olması nedeniyle değerlendirme sürecinin zorlaştığını ifade etmesinin etkili olduğu düşünülmektedir. KV1 iç bölme duvar sistemlerini oluşturan tüm malzemeler için detaylı bir yapım teknolojisi analizi yapamamış ve alternatiflerin birbirine çok yakın çevresel performanslar ortaya koyduğunun belirlenmesine sebep olmuştur. KV1'in BiYSÇeP hakkında yalnızca hazırlanan el kitabı aracılığıyla bilgilendirilmiş olması nedeniyle yöntem hakkında gerekli bilgi düzeyine ulaşmamış olmasının da bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülebilir. Buna ek olarak, birbiri ile çelişen sonuçlar ortaya çıkmış; yapım teknolojisi bileşenlerinde iyileştirmeler yapmak ve yapım sürecine ilişkin önlemler almak için gerekli çıkarımların yapılması zorlaşmıştır. Ancak, değerlendirmenin bazı düzeyleri için elde edilen sonuçlar genel olarak yorumlanabilmiş ve iyileştirme / önlem alanlarına ilişkin olasılıklar ortaya konabilmiştir. Bununla birlikte, sayısal veriler kullanılarak alternatiflerin değerlendirilmesi ile daha hassas sonuçlar elde edilmiş; yapım teknolojisi bileşenleri ile çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler detaylı olarak analiz edilmiş ve iyileştirme / önlem alanlarına ilişkin olgular ortaya konabilmiştir.

U3 ve U4 ile, seçilen alternatiflerin yapım sürecindeki çevresel performansları, yapım planlama aşamasında sözel çıkarımlar ve sayısal veriler ile sırasıyla Bütünleşik BAHP-BTOPSIS ve Bütünleşik BAHP-TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, alternatiflerin sözel çıkarımlara dayanan sıralamalarında bazı düzeylerde eşit performanslar ortaya koyduğu belirlenirken, bazı düzeylerde üç düzeyde sıralama belirlenmiş ve sayısal verilere dayanan sıralamalarla benzer sıralamalar da ortaya konmuştur (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8 : Döşeme sistemi alternatiflerinin yerinde yapım süreçlerinin çevresel performans sıralamalarının karşılaştırılması.

	Çevresel Zarar Kategorileri		(ÇZ1) Kaynaklar		(ÇZ2) Ekosistem Kalitesi		(ÇG4) Katı Atık Oluşumu		(ÇZ3) İnsan Sağlığı	
	SC	SV	SC	SV	SC	SV	SC	SV	SC	SV
ALT										
DS1	2	2	2	1	1	2	3	3	3	1
DS2	3	3	1	3	1	3	2	2	2	3
DS3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2

ALT: Alternatifler; DS: Döşeme sistemi; SC: Sözel çıkarımlar sonucu elde edilen sonuçlar; SV: Sayısal veriler kullanılarak elde edilen sonuçlar

Bu sonuçlar üzerinde, KV2'nin KV1'e göre daha uzun süre şantiye deneyimine sahip olması ve binaların çevresel performansı üzerine bir yüksek lisans çalışmasına sahip olması nedeniyle, sözel çıkarımlarla alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında detaylı bir yapım teknolojisi analizi yapabilmış olmasının etkili olduğu düşünülebilir. Buna ek olarak, KV1 yüz yüze görüşme aracılığıyla BiYSÇeP hakkında bilgilendirilmiş ve değerlendirme sırasında yöntem ve değerlendirme sistematığı hakkında sorular sorma olanağı bulmuştur. Bu nedenle hem sözel çıkarımlar hem de sayısal veriler aracılığıyla elde edilen çevresel performans sıralamaları, yapım teknolojisi bileşenlerinde iyileştirmeler yapmak ve yapım sürecine ilişkin önlemler almak için gerekli tahminlerin ve olguların ortaya konmasında detaylı analizlerin yapılmasına olanak sağlamıştır.





7. TARTIŞMA

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında geliştirilen BiYSÇeP modeli, araştırma sorularına karşılık elde edilen cevaplar, modelin özgün değeri ve yaygın etkisi çerçevesinde tartışılmıştır.

7.1 Araştırma Soruları

Tez çalışması kapsamında, “*Bina yapım sürecinin çevresel performansı yapısal tasarım ve yapım planlama aşamalarında ilgili karar vericiler tarafından nasıl değerlendirilebilir?*” genel araştırma sorusuna cevap aranmıştır. Genel araştırma sorusu ile ilişkili çeşitli araştırma soruları ortaya konmuş ve çalışmanın ilgili aşamalarında bu sorulara cevaplar aranmıştır. Aşağıda, her bir araştırma aşamasında ele alınan araştırma sorularına karşılık elde edilen cevaplar özetlenmektedir:

(A1) Yapım süreci ve Yapım Teknolojilerinin Analiz Edilmesi:

o *Bina yapım süreci nedir?*

Bina yapım süreci, yeni bir binanın tamamlanması ve yapımına hizmet eden, birbirini takip eden veya eş zamanlı gerçekleştirilen montaj, uygulama ve sökme işlerinden oluşan bina kurma yöntemi ve inşa etme işi olarak tanımlanmaktadır.

o *Bina yapım sürecinin aşamaları nelerdir?*

Bina yapım süreci, yapım alanının hazırlanması, taşıyıcı sistemin inşası, yapı elemanı sistemlerinin inşası, servis sistemlerinin montajı ve yapı çevresinin düzenlenmesi temel aşamalarından oluşmaktadır.

o *Yapım teknolojisi nedir?*

Yapım teknolojisi kavramı, bina denilen somut ürünün gerçekleştirilmesi için gerekli bilgi; bina üretiminde kullanılan teknikler, gerçekleştirilen eylemler ve izlenen süreçleri kapsayan yöntemler; süreçte kullanılan malzeme, ekipman, makine ve iş gücü bileşenlerini içeren araçların oluşturduğu kapsamlı bir ilişkiler ağını ifade etmektedir.

(A2) Yapım Sürecinde Çevresel Performansın Değerlendirilmesinde Kullanılan Ölçütlerin Analiz Edilmesi:

o *Çevresel performans nedir?*

Çevresel performans, yapım işleri, bu işlerin bir bölümü, süreçler ya da hizmetler dolayısıyla çevre üzerinde kısmen ya da tamamen oluşan olumsuz ve faydalı etkiler ile ilişkili olarak ortaya konan ve ölçülebilir sonuçlarla ifade edilen performans olarak tanımlanmaktadır.

o *Bina yapım sürecinde çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler nelerdir?*

Bina yapım sürecinin çevresel performansı; uluslararası standartlar, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları, yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri ile ulusal mevzuat tarafından, tanımlanan çeşitli değerlendirme çerçevelerinin ve ölçütlerin kullanılması ile değerlendirilebilmektedir. Uluslararası standartlarda, anlaşılabilir bir değerlendirme süreci için çevresel koşulların, çevresel yüklerin / etkilerin ve çevresel göstergelerin tanımlanmasına ilişkin açıklamalar yer almaktadır. Yapım sürecini değerlendirme kapsamına alan yaşam döngüsü değerlendirme yöntemleri ve araçları; küresel ısınma, ozon tabakası incilmesi, hava kirliliği, su kirliliği, insanda solunum etkileri, atıklar, su tüketimi ve enerji kullanımı gibi çeşitli çevresel etki kategorileri kapsamında değerlendirme yapmakta; insan sağlığı, ekosistem kalitesi, iklim değişimi ve kaynaklar gibi zarar kategorileri (son nokta kategorileri) tanımlanmaktadır. yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri, binaların sürdürülebilirlik düzeyini bütüncül olarak değerlendirerek derecelendirmekle birlikte; bunlardan Türkiye’de de yaygın olarak kullanılan BREEAM yapım sürecini “Sorumlu Yapım Uygulamaları” kategorisinde yapım süreci ile ilişkili çevresel yönetim koşulları, hava ve su kirliliğini azaltıcı önlemler, ekipman kullanımı ve şantiye binalarından kaynaklanan enerji ve su tüketimi ile yapı malzemelerinin ve atıklarının nakliyesi sırasında açığa çıkan karbon emisyonlarının kayıt altına alınması konuları çerçevesinde ayrıntılı olarak değerlendirmektedir. Türkiye’de yaygın olarak kullanılan ikinci sertifika sistemi olan LEED, yapım süreci için özel bir değerlendirme kategorisi içermemekte; ancak yapım işlerine bağlı kirliliği önleme, yapım atıkları yönetimi, yerel malzeme kullanımı, yapım sürecinde iç hava kalitesi yönetimi ve düşük yayımlı malzeme kullanımı konuları kapsamında

yapım sürecini de ele almaktadır. Ulusal mevzuat, yapım sürecinin çevresel yönetimi kapsamında, temel olarak insan sağlığı ve güvenliği ile atık yönetimine konularına odaklanmaktadır. Yapı alanına ve yapım alanındaki ulaşım, malzeme taşıma ve kullanım şartları, ekipman kullanım koşulları, atık yönetimi, sağlık ve güvenlik planlarının hazırlanması, çalışanların gürültüye ve titreşime mazur kalmaları ile oluşabilecek risklere karşı ekipman yönetimi, iş ekipmanlarının sağlık ve güvenlik kuralları kapsamında kullanımı, toz oluşumuna sebep olabilecek işler ve bunların sebep olabileceği solunum yolları hastalıkları riski, atık oluşumunun azaltılması, mevcut atıkların yeniden kullanım ve geri dönüşüm gibi geri kazanım yöntemleri kapsamında değerlendirilmesi, atıkların depolama ve nakliye şartları ile atık yönetimi planlarının hazırlanması ulusal mevzuat tarafından ele alınan konuları oluşturmaktadır. Yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine odaklanan önceki araştırmalar ağırlıklı olarak enerji tüketimi, hammadde tüketimi, su tüketimi, atık oluşumu, hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği ve kamu sağlığı etkisi ölçütleri kapsamında değerlendirme yapmaktadır.

(A3) Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemlerin Belirlenmesi:

o Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılabilecek yöntemler nelerdir?

Yapım sürecinin girdilerini oluşturan yapım teknolojileri bileşenleri temel alınarak bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinin mümkün olabileceği varsayımı, binayı oluşturan alt sistemlere ait tasarım alternatifleri ile bunların yapım sürecinde kullanılan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin seçeneklerin, belirlenen çevresel performans ölçütleri temelinde değerlendirilmesine olanak sağlayacak bir model geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, “Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)” Yöntemleri, kullanılabilecek başlıca yöntemler olarak belirlenmiştir. Bu yöntemlerin analiz edilmesiyle, inşaat sektöründe de yaygın olarak kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemlerinin çalışmanın amaçları ve ortaya konan karar probleminin çözümü için en uygun özelliklere sahip yöntemler oldukları tespit edilmiştir. Belirsiz ve bulanık durumlarda karar vermeye olanak sağlaması ve değerlendirme sürecinde sözel ifadelerin kullanılmasının karar vericilere sağladığı kolaylıklar nedeniyle bu yöntemlerin bulanık kümeler teorisine dayanarak geliştirilmiş versiyonlarının kullanılabileceği öngörülmüştür. Sonuç olarak, TOPSIS yönteminin en çok eleştirilen yönü olan, değerlendirme ölçütlerinin

ağırlıklarının belirlenmesinin öznel yapısına çözüm olarak, ölçütlerin ağırlıklarının BAHP yöntemi ile karar vericiler tarafından belirlenmesi önerilmiş; yapım teknolojilerine ilişkin sayısal verilerin elde edilebildiği durumlarda kullanılmak üzere BAHP-TOPSIS ve elde edilemediği durumlarda kullanılmak üzere BAHP-BTOPSIS bütünleşik yöntemlerinin geliştirilebileceği ortaya konmuştur.

o *Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemlerin özellikleri nelerdir?*

BAHP yöntemi, belirsiz ve bulanık durumlarda karar vermeye olanak sağlayan; amaçların, kısıtların ve sonuçların kesin olarak tanımlanamadığı karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere Bulanık Kümeler Teoremi temel alınarak geliştirilmiş bir Bulanık Karar Verme yaklaşımıdır. Başlıca özellikleri, belirsizliği modellemeye olanak sağlaması, dereceli mantık ve sözel değişkenlerin kullanımı ile veri karmaşıklığının azaltılması ve böylece karar verme sürecini karar vericiler için kolaylaştırması ve yaklaşık çözümler için etkin karar verme olarak tanımlanmaktadır. BAHP yönteminde klasik AHP yöntemine benzer bir matematiksel altyapı kullanılmakla birlikte, AHP yönteminden farklı olarak hesaplamalarda bulanık sayılar kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında, ağırlıklar için bulanık değerler yerine tek bir sonuç elde edilmesine olanak sağlayarak sonuçların karar vericiler tarafından algılanmasını ve yorumlanmasını kolaylaştıran ve bulanık sayıların kullanımı konusunda esneklik sağlayan Buckley (1985) tarafından geliştirilen BAHP yöntemi kullanılmıştır.

TOPSIS yöntemi, alternatiflerin belirlenen ölçütler temelinde sıralanmasını gerektiren karar problemlerinde yaygın olarak kullanılmakta; ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatifin seçilmesi prensibine dayanmaktadır. Kompleks algoritmalar ve karmaşık matematiksel modeller içermemesi, az sayıda girdi parametresi ile çıktıların elde edilmesi ve sonuçların yorumlanmasında sağladığı kolaylıklar yöntemin olumlu özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

BTOPSIS yöntemi, karar vericilerin yetersiz ya da ulaşılamayan verileri karar süreçlerine dahil etmelerine olanak sağlamaktadır. TOPSIS yönteminde olduğu gibi, ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatifin belirlenmesine

olanak sağlamakta; BAHF yöntemi gibi, sözel ifadeleri bulanık sayılara dönüştürerek karar vermeye olanak sağlayan Bulanık Kümeler Teoremine dayanmaktadır. Tez çalışmasında, TOPSIS yöntemi temel alınarak C.-T. Chen (2000) tarafından geliştirilmiş BTOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Alternatiflerin sıralanmasında kullanılan ölçütlerin göreceli önceliklerinin belirlenmesi TOPSIS ve BTOPSIS yöntemlerinin öznel ve eleştirilen yönünü ortaya koymaktadır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde, BAHF yöntemi TOPSIS ve BTOPSIS yöntemleri ile bütünleşik olarak kullanılmıştır.

o Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde rol alacak karar vericilerin sahip olması gereken özellikler nelerdir?

Bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde rol alacak karar vericilerin, deneyim, duygular ve sezgi yoluyla muhakeme edebilme yeteneğine ve konu ilişkili olarak toplanan ve analiz edilen bilgiye sahip olması gerekmektedir. Karar vericinin, özellikle yapım süreci ve çevresel performans konularında uzmanlığa, yani özelleşmiş bilgi, yetenek ve deneyime sahip olması; bu alanlarda gerekli düşünsel seviyeye ulaştıracak eğitimi almış ve profesyonel bir oluşumun üyesi olarak kararlar üzerinde söz sahibi olacak yetkiye sahip olması gerekmektedir. Karar vericilerin belirlenmesinde, bu özelliklerin yanı sıra, değerlendirmeye söz konusu projenin gerçekleştirilmesinde kullanılan proje teslim sisteminin türü de önemli bir etkidir. İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan proje teslim sistemleri olan tasarım-ihale-yapım, yapım yönetimi, tasarım-yapım ve bütünleşik proje teslimi sistemleri temel alındığında, tasarım ve yapım planlama süreçlerinin farklı aşamalarında rol alan işveren, mimar, tasarım-yapım-ekibi, proje yöneticisi, yüklenici ve alt-yükleniciler bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde karar verici olarak yer alabilmektedir. Bu süreçte rol alacak karar verici(ler), tek bir kişi olabildiği gibi üç ile yirmi kişi arasında değişen sayıda üyeye sahip bir grup da karar verici olabilmektedir.

(A4) Bina Yapım Sürecinde Çevresel Performans Değerlendirme Modelinin Geliştirilmesi:

o *Model kapsamında nasıl bir yapım teknolojisi sınıflandırması geliştirilmelidir?*

Çalışma kapsamında, yapım teknolojisi bileşenleri açısından çok sayıda alternatif sunması nedeniyle yapı elemanı sistemleri yerinde yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılacak bir model geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, yapım sürecinin analiz edilmesini kolaylaştırmak üzere yapı elemanları sistemlerini ele alan bir yapım teknolojileri sınıflandırması geliştirilmiştir. Sınıflandırma, dış duvar sistemleri, çatı sistemleri, döşeme sistemleri, iç bölme sistemleri, düşey sirkülasyon sistemleri ve doğrama sistemleri olarak tanımlanan yapı elemanları sistemlerine odaklanarak; bu sistemlerin yapım sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan yapım teknolojisi bileşenleri olan veri, enformasyon ve bilgi, süreçte kullanılan araçlar (malzemeler, ekipman ve işgücü) ve süreçte kullanılan yöntemler (takip edilen alt süreçler, gerçekleştirilen eylemler ve kullanılan yapım teknikleri) sınıflandırılmıştır.

o *Model kapsamında kullanılacak çevresel performans ölçütleri nelerdir?*

Bina yapım sürecinde çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılacak ölçütler, çevresel performans değerlendirmenin uluslararası standartlarda tanımlanan temel koşullarını sağlamak amacıyla, Çevresel Zarar Kategorileri (ÇZ), Çevresel Koşullar (ÇK) ve onlarla ilişkili Çevresel Göstergeler (ÇG) olmak üzere üç düzeyde ortaya konmuştur. Çevresel Koşullar, yapım sürecinin çevre üzerinde değişikliğe sebep olan faaliyetlerine bağlı olarak oluşan olumsuz etkileri ifade etmektedir. Buna bağlı olarak (ÇZ1) Kaynaklar zarar kategorisi, (ÇK1) Yenilenemeyen Enerji Tüketimi; (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi zarar kategorisi, (ÇK2) Doğal Kaynaklara Zarar, (ÇK3) Karada Zehirlilik ve (ÇK34) Suda Zehirlilik; (ÇZ3) İnsan Sağlığı zarar kategorisi ise (ÇK5) Solunum Yolları Hasarları, (ÇK6) İşitsel Problemler ve (ÇK7) İskelet / Kas Sistemi Hasarları çevresel koşulları çerçevesinde ele alınmıştır. Çevresel koşulları açıklayarak, koşulların ölçülebilir temsilini sağlayan ve yapım sürecinin çevresel performansı hakkında bilgi veren Çevresel Göstergeler ise (ÇZ1) Kaynaklar zarar kategorisi için (ÇG1) Fosil Yakıt Tüketimi ve (ÇG2) Elektrik Tüketimi; (ÇZ2) Ekosistem Kalitesi zarar kategorisi için (ÇG3) Su Tüketimi ve (ÇG4) Katı Atık Oluşumu; (ÇZ3) İnsan Sağlığı zarar kategorisi için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu, (ÇG6) Gürültü Oluşumu ve (ÇG7) Titreşim Oluşumu olarak tanımlanmıştır.

o Yapım teknolojisi ve çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler nelerdir?

Yapım teknolojisi bileşenleri ile çevresel performans ölçütleri temel alındığında, iki düzeyde ilişkiler ağı ortaya çıkmaktadır. Bunlardan yapım teknolojisi bileşenleri arasındaki ilişkiler, bu bileşenlerin çevresel performans ve karar verme süreci üzerinde oynadığı rolü ifade etmesi açısından önemlidir. Veri, enformasyon ve bilgi, diğer yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin karar sürecinin her aşamasında en önemli girdi olması dolayısıyla, tüm bileşenlerle doğrudan bir ilişkiye sahiptir. Malzeme seçimi, ekipmanların, alt süreçlerin ve gerçekleştirilecek eylemlerin tanımlanması, yapım tekniklerinin seçilmesi, ekipman kullanımı ve süreçler ile eylemlerin gerçekleştirilmesinden sorumlu işgücünün tanımlanması üzerinde etkilidir. Benzer şekilde, yapım teknikleri uygulama sürecinde kullanılacak ekipmanların ve gerçekleştirilecek eylemlerin tanımlanması ve ekipman kullanımı ile eylemlerin gerçekleştirilmesinden sorumlu işgücünün belirlenmesi üzerinde etkilidir. Yapım teknolojisi bileşenleri ile çevresel zarar kategorileri ve çevresel koşulların ölçülebilir temsili olarak tanımlanan çevresel göstergeler arasındaki ilişkiler ise bu bileşenlerin yapım sürecinin çevresel performansı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Veri, enformasyon ve bilgi ilişkili olduğu yapım teknolojisi bileşenleri dolayısıyla, tüm çevresel göstergeler ile dolaylı bir ilişkiye sahiptir. Malzeme, kullanılan birleşim malzemesinin özelliklerine bağlı olarak su tüketimi ve malzemelerin ambalajlanma özelliklerine ve biçimlendirme gereksinimlerine bağlı olarak katı atık oluşumu ile ilişkilidir. Ekipman, kullanım sırasında gerekli olan enerji kaynağı türüne bağlı olarak fosil yakıt ve elektrik tüketimi, kullanımı sırasında açığa çıkan gürültü seviyesi nedeniyle gürültü oluşumu ve sebep olduğu titreşim seviyesi nedeniyle titreşim oluşumu ile ilişkilidir. İşgücü, alt süreçler ile bu süreçlerde gerçekleştirilen eylemler ve yapım teknikleri tüm çevresel göstergeler üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir.

o Modelin genel özellikleri nelerdir?

Çok ölçütlü bir karar verme modeli olarak geliştirilen BiYSÇeP modeli, yapı elemanı sistemlerine ait tasarım alternatiflerinin yerinde yapım sürecinin çevresel performansını değerlendirmek üzere, yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin seçeneklerin çevresel performans ölçütlerine göre analiz edilmesi temeline dayanmaktadır. Model kapsamında ortaya konan çevresel performans ölçütleri, karar hiyerarşisinde yer alan karar ölçütlerini, yapı elemanı

sistemlerine ait tasarım seçenekleri veya yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin seçenekler değerlendirilecek alternatifleri temsil etmektedir. Karar ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanmasında BAHF yöntemi kullanılırken, alternatiflerin sıralanması TOPSIS ve BTOPSIS yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. BiYSÇeP, yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin kararlar verilerek uygulama projesinin geliştirildiği yapısal tasarım aşamasında ve yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin planlamanın yapıldığı yapım öncesi planlama aşamasında ilgili süreç paydaşları tarafından kullanılabilir. İşveren(ler), mimar(lar), yüklenici, tasarım-yapım ekibi, alt yüklenici(ler) ve proje yöneticisi karar verme sürecinde yer alabilecek karar verici(ler) olarak tanımlanmıştır.

o Modelin uygulama adımları nelerdir?

BiYSÇeP modeli temel olarak karar vericilerin belirlenmesi, değerlendirme düzeyinin belirlenmesi, değerlendirilecek alternatiflerin belirlenmesi, veri / enformasyon / bilgi kaynaklarının belirlenmesi, kullanılacak bütünsel yöntemin seçilmesi, çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması, alternatiflerin sıralanması ve elde edilen sonuçların yorumlanması adımlarının takip edilmesi ile uygulanmaktadır.

o Model kimler tarafından kullanılabilir?

BiYSÇeP, değerlendirmeye söz konusu alternatiflerin ait olduğu projenin gerçekleştirilmesinde kullanılan proje teslim sisteminin türüne bağlı olarak, tasarım ve yapım planlama süreçlerinde farklı karar vericiler tarafından kullanılmaktadır. Proje teslim sistemi türüne bağlı olarak yapısal tasarım aşamasında işveren, mimar, tasarım-yapım ekibi ve proje yöneticisi; yapım planlama aşamasında ise işveren, mimar, tasarım-yapım ekibi, proje yöneticisi, yüklenici ve alt yükleniciler, ortaya konan karar verici olma koşullarını sağladıkları takdirde süreçte yer alabilmektedir.

o Modelin kullanım olanakları nelerdir?

BiYSÇeP modeli, kullanıldığı bina üretim süreci aşaması, kullanılan verinin türü, elde edilebilen veri, enformasyon ve bilgi kaynaklarının niteliği ve süreçte rol alan karar vericilerin bina üretim süreci ile ilişkisine bağlı olarak, değerlendirme süreci sonunda farklı düzeylerde ve nitelikte çıktılar ve olanaklar sunmaktadır. Yapısal tasarım aşamasında, sözel çıkarımlar ya da sayısal veriler kullanılarak yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesine, sonuçları etkileyen çevresel

performans ölçütlerinin ve yapım teknolojisi bileşenlerinin analiz edilmesiyle çevresel performansa ilişkin tahminlerin ortaya konmasına, böylelikle tasarımda ya da yapım teknolojisi bileşenlerinde güncellemeler yapılmasıyla performansta iyileştirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Yapım planlama aşamasında, sözel çıkarımlar ya da sayısal veriler kullanılarak yapım sürecinin, yüklenicilerin ya da alt yüklenicilerin çevresel performansının değerlendirilmesine, sonuçları etkileyen çevresel performans ölçütlerinin ve yapım teknolojisi bileşenlerinin analiz edilmesiyle çevresel performansa ilişkin tahminlerin ve olguların ortaya konmasına, böylelikle yapım teknolojisi bileşenlerinde güncellemeler yapılmasıyla performansta iyileştirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır.

(A5) Modelin Uygulanması:

o Modelin uygulanması ile elde edilen sonuçlar çalışmanın hedeflerine uygun mudur?

Modelin farklı bina üretim süreçlerinde, farklı proje teslim sistemi türleri ile gerçekleştirilen iki projeye ait yapı elemanı sistemi alternatiflerinin değerlendirilmesi amacıyla farklı senaryolar kapsamında uygulanması süreci ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, çalışmanın tüm hedeflerine uygun olduğu görülmüştür. Modelin, hedeflendiği gibi yapısal tasarım ve yapım planlama süreçlerinde bina yapım sürecinde çevresel performansın ilgili süreç paydaşları tarafından değerlendirilmesine, yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin tahminler ve olguların ortaya konmasına ve gerekli analizlerin yapılmasıyla performansın iyileştirilmesine olanak sağlayan bir karar-destek modeli olarak çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır.

o Modelin güçlü yönleri / sunduğu olanaklar nelerdir?

BiYSÇeP modelinin güçlü yönlerinden ilki, karar vericilerin yapım sürecine ilişkin çevresel performans hedeflerini / önceliklerini temel alarak değerlendirme yapmaya olanak sağlayan esnek yapısıdır. Çevresel performans ölçütlerinin görece önceliklerinin, değerlendirmeye söz konusu bina yapım sürecinin paydaşları arasından seçilen karar vericiler tarafından belirlenmesi, karar vericilerin önceki deneyimlerine dayanarak çevresel performans kapsamında önlem alınması gereken konulara ilişkin çıkarımlarda bulunmalarına, böylelikle alternatiflerin bu çıkarımlara dayanarak belirlenen görece önceliklere göre değerlendirilmesine olanak

sağlamaktadır. Bu sayede, bina yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinin önündeki engellerden biri olarak görülen yapım süreçlerinin projeye özgülüğü problemine de bir çözüm sunmaktadır. Uygulama-3 kapsamında Karar Verici-2 tarafından çevresel performans ölçütlerinin değerlendirilmesi aşamasında, yüklenici firma tarafından kağıt ve polimer ambalaj atıklarının yönetimi konusunda çalışmalar yapılmasına rağmen, metal ve ahşap ambalaj atıkları için mevcut bir atık yönetimi çalışması olmaması yorumuna dayanan değerlendirme ile elde edilen göreceli öncelikler, bu esnekliğin ortaya koyduğu bir sonuçtur.

Çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde, belirsiz durumlarda karar vermeye olanak sağlayan Bulanık Karar Verme yaklaşımını temel alan BAHP yönteminin kullanılması, BiYSÇeP'in bir diğer olumlu özelliğidir. BAHP Yöntemi, değerlendirme sırasında sözel çıkarımlara dayanan bir sözel ölçeğin kullanılmasını gerektirmekte, böylece karar vericilerin belirlenen sözel ifadelerde ölçütleri değerlendirmesi kolaylaşmaktadır. BiYSÇeP modelinin geliştirilmesi sürecinde, çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde sözel ve sayısal ölçekler kullanılarak çeşitli pilot çalışmalar gerçekleştirilmiş, karar vericilerin sözel ölçekle değerlendirmenin kendileri için daha kolay olduğu yönündeki yorumlarına dayanarak model kapsamında BAHP yönteminin kullanımı öngörülmüştür.

BiYSÇeP'in bir diğer olumlu özelliği, değerlendirmede kullanılacak verilerin niteliğinin mevcut koşullar çerçevesinde seçilebilmesidir. Özellikle yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilemediği ve bina üretim süreci ve proje teslim sistemi türüne bağlı olarak sayısal verilerin elde edilmesinin daha uzun süreçlere dayandığı durumlarda, sözel çıkarımlar aracılığıyla değerlendirme yapmaya olanak sağlamaktadır. Böylece daha kısa sürede yapım sürecinin çevresel performansı ve iyileştirme konuları hakkında tahminler ortaya konmaktadır. Alternatiflerin çevresel performanslarına göre sıralanması esasına dayanan BiYSÇeP modelinin bu aşamasında kullanılan BTOPSIS yönteminin, BAHP yönteminde olduğu gibi sözel ifadeler kullanılarak değerlendirmeye olanak sağlaması, değerlendirme sürecini karar vericiler açısından kolaylaştırmaktadır.

Modelin sayısal veriler kullanılarak değerlendirmeye olanak sağlayan bölümünü oluşturan Bütünleşik BAHP-TOPSIS yöntemi çerçevesinde kullanılmak üzere değerlendirilecek alternatiflerin yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi

bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin yerel kaynaklar kullanılarak elde edilebilmesi, BiYSÇeP'in bir diğer olumlu özelliği olarak öne çıkmaktadır. Değerlendirmeye söz konusu bina yapım süreci ile ilişkili yapım dokümanlarının (uygulama projesi, mimari teknik şartname vb.) yanı sıra, tedarikçilerden elde edilebilecek malzeme ve ekipman katalogları ile Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi kapsamında yer alan Birim Fiyat Analizleri aracılığıyla yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilebileceği, gerçekleştirilen uygulamalar sırasında ortaya konmuştur.

BiYSÇeP, tüm kullanım senaryoları çerçevesinde, yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin kullanılan verinin niteliğine bağlı olarak yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin tahminler yapılmasına ve olguların ortaya konmasına olanak sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, yapısal tasarım aşamasında tasarımda güncellemeler yapılması yoluyla, tasarım ve yapım planlama aşamalarında ise yapım teknolojisi bileşenlerinde güncellemeler yapılmasıyla yoluyla performansta iyileştirmeler yapılmasında kullanılabilmektedir. Böylece modelin başlıca hedeflerinden biri olan, yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçların analiz edilmesi aracılığıyla gerekli iyileştirmelerin yapılması yerine getirilmektedir.

Alternatiflerin çevresel performanslarına göre sıralanması esasına dayanan BiYSÇeP modelinde bu amaçla TOPSIS ve BTOPSIS yöntemlerinin kullanılması, yöntemin uygulanabilirliğini arttıran özelliklerinden biridir. Alternatiflerin sıralanması BAHP ve AHP yöntemleri ile de yapılabileceği gibi, bu yöntemlerin kullanılması halinde sonuçların elde edilmesi için çok sayıda ikili karşılaştırma ve matematiksel hesaplama gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Model kapsamında bütünleşik BAHP-TOPSIS ve BAHP-BTOPSIS yöntemlerinin kullanılmasıyla bu problemlerin önüne geçilmesi sağlanmıştır.

Model, tasarım alternatiflerinin birim uygulamalar üzerinden değerlendirilmesi esasına dayanmakla birlikte, özellikle yapım planlama aşamasında yüklenici ve alt-yüklenici alternatiflerinin çevresel performanslarının değerlendirilmesi hedeflendiğinde, proje dokümanları arasında yer alan metraj bilgileri kullanılarak bütüncül bir değerlendirme yapmaya da olanak sağlamaktadır.

o *Modelin kullanımında karşılaşılan zorluklar nelerdir?*

Modelin kullanımı sırasında veri elde etme ve hesaplama süreçleri ile sonuçlar üzerinde etkili olan çeşitli zorluklar ile karşılaşılmaktadır.

Veri elde süreci, özellikle tasarım alternatifleri ile ilişkili yapım teknolojisi bileşenlerinin detaylı olarak ortaya konmamış olduğu bina üretim süreci aşamalarında ve proje teslim sistemi türlerinde, bu bileşenlere ilişkin sayısal verilerin farklı birçok kaynaktan elde edilmesi gerekliliğinin uzun bir süreç gerektirmesi nedeniyle önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzer sorun, uygulama projesi ve mimari teknik şartnamelerin hazır ve ulaşılabilir olduğu, ancak değerlendirme için gerekli verileri içermedikleri durumlar için de geçerlidir. Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi, bu probleme önemli oranda çözüm sağlasa da ihtiyaç duyulan tüm verilere ulaşılması her zaman mümkün olmamaktadır.

Model kapsamında bütünleşik olarak kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin matematiksel hesaplamalarının gerçekleştirilmesinde inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan bir program olan Microsoft Excel kullanımı önerilse de özellikle değerlendirilecek alternatif sayısının artması halinde çok sayıda işlem yapılması ve bunun için gerekli çizelgelerin düzenlenmesi gerekmektedir. Kullanılan yöntemler görece az sayıda ve basit matematiksel işlemler gerektirmesine rağmen, bu durum değerlendirme sürecinin daha uzun sürmesine neden olmaktadır.

Modelin kullanımı sırasında karşılaşılan ve sonuçlar üzerinde etkili olan bir diğer önemli etken, karar vericilerin niteliğidir. Gerçekleştirilen uygulamalar ve pilot çalışmalar sırasında, karar vericilerin binaların ve yapım sürecinin çevresel performansı ve yapım süreci konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip olmasının ve BiYSÇeP hakkında detaylı ve yeterince bilgilendirilmesinin sonuçların hassaslığını önemli ölçüde etkilediği ortaya çıkmıştır. Karar vericilerin BiYSÇeP hakkında yeteri kadar bilgilendirilmesi ve sözü edilen niteliklere sahip olanlar arasından seçilmelerinin yanı sıra, ilgili paydaşlar arasında seçilen bir karar verici grubun süreçte yer alması daha hassas sonuçlar ortaya konmasında etkili olacaktır.

7.2 Özgün Değer

Bina yapım sürecinin çevresel etkilerini ele alan önceki araştırmalar analiz edildiğinde, değerlendirme sürecinde kullanılan verilerin yaygın olarak mevcut

literatür ve önceki araştırmalar, yapım sürecinin çevresel etkileri ile ilgili verilerin yer aldığı ulusal veri tabanları, yaşam döngüsü değerlendirme araçları kapsamında ulaşılabilen veri tabanları, yerinde yapılan gözlemler ve ölçümler, uzmanlarla yapılan anket çalışmaları, yüz yüze görüşmeler ve paneller ile önceki yapım işlerine ait dokümanlar aracılığıyla elde edildiği görülmektedir. Sürecin çevresel performansının değerlendirilmesinde LCA ve EIO-LCA yöntemlerinin tekil ve bütünsel olarak en çok kullanılan yöntemler oldukları görülmektedir. Bunlara ek olarak, çeşitli istatistiki yöntemler, matematiksel modeller ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri de değerlendirmede kullanılmaktadır. Özellikle veri elde etmede kullanılan yöntemler, bu araştırmalar kapsamında geliştirilen modellerin ve yaklaşımların yerel inşaat geleneklerini ve hedeflerini yansıtmada önemli bir rol oynamaktadır.

Tez çalışmasının temel amacı, bina yapım sürecinde çevresel performansın ilgili süreç paydaşları tarafından değerlendirilebileceği, yerel gereksinimlerle ve Türk inşaat sektörünün karakteristikleri ile uyumlu, yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin öngörülerin ortaya konması ile iyileştirilmesine olanak sağlayacak ve sektör paydaşlarının yapım sürecinin çevresel etkilerine ilişkin farkındalığa erişmesinde araç olarak kullanılabilecek bir model geliştirilmesidir. Bu nedenle, modelin geliştirilmesi için mevcut veri tabanları ya da önceki araştırmalar aracılığıyla elde edilen verilerin kullanılması çalışmanın amaçlarına uygun düşmemekte; değerlendirmede kullanılacak verilerin elde edilmesi için gerekli sayıda yerinde gözlem ve ölçüm yapılmasının da mümkün olmadığı görülmektedir. Bu noktada, çalışmanın temel varsayımı, bina yapım sürecinin çevresel etkilerinin, başka bir deyişle çevresel çıktılarının, sürecin girdilerini oluşturan ve çok sayıda alternatifte sahip yapım teknolojisi bileşenlerinin analiz edilmesi ile değerlendirilmesinin mümkün olacağı şeklinde ortaya konmuştur. Bu varsayıma dayanarak geliştirilen BiYSÇeP modelinin değerlendirme ölçütlerinin göreceli önceliklerinin belirlenmesi, değerlendirmede kullanılacak verilerin niteliğinin seçilmesi, verilerin elde edilmesi ve değerlendirme sürecinde gerçekleştirilmesi gereken analizler ile ilişkili aşağıda açıklanan özellikleri, literatürdeki diğer çalışmalar arasında öne çıkmasını sağlamaktadır:

- Değerlendirmenin iki önemli bileşeninden biri olan çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri, değerlendirmeye söz konusu yapım süreci ile

ilişkili paydaşlar tarafından, onların hedefleri ve önceliklerine göre belirlenmektedir. Bu durum, değerlendirme sonunda elde edilen sonuçların yerel sektör paydaşlarının görüşlerini yansıtmasını ve her yapım sürecinin kendine özgü olması problemine çözüm getirerek modelin esnek bir yapıya sahip olmasını sağlamaktadır.

- Değerlendirmede kullanılacak verilerin niteliği, değerlendirmenin gerçekleştirildiği bina üretim süreci ile kullanılan proje teslim sistemine ve karar vericilerin tercihinine bağlı olarak belirlenebilmekte; değerlendirmede hem sözel çıkarımlar hem de sayısal veriler kullanılabilmektedir.
- Değerlendirmede kullanılan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sözel verilerin değerlendirme sürecinde yer alan karar vericilerin sahip olduğu bilgi, deneyim ve anlayış; sayısal verilerin ise uygulama projesi, mimari teknik şartname, metraj ve keşif dokümanları vb. proje dokümanları, yüklenici / alt-yüklenicilerin gerçekleştirdiği önceki yapım işlerine ait raporlar, Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi ile malzeme ve ekipman tedarikçilerinden elde edilecek kataloglar aracılığıyla elde edilebilmesi, modelin yerel veriler kullanılarak değerlendirme yapma hedefine ulaşılmasını sağlamaktadır.
- Değerlendirme sürecinde yapım teknolojisi bileşenlerinin çevresel performans ölçütleri ile ilişkileri temelinde analiz edilmesi gerekliliği, sürecin çevresel etkilerine ilişkin farkındalık yaratılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

7.3 Yaygın Etki

Tez çalışması kapsamında geliştirilen BiYSÇeP modeli, yapısal tasarım ve yapım planlama aşamasında, değerlendirmeye söz konusu yapım projesi / süreci paydaşları tarafından, yapım sürecinin, yüklenicilerin ve alt yüklenicilerin çevresel performansının değerlendirilmesi yoluyla tasarımda veya yapım teknolojisi bileşenlerinde iyileştirmeler yapılmasına ve sürecin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen modelin olası etki alanları aşağıda özetlenmektedir:

- Model, bina yapım sürecinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin ortaya konması ve binaların çevresel performansı söz konusu olduğunda yapım

sürecinin de ayrıntılı bir şekilde ele alınması gerektiğini vurgulaması açısından, özellikle ulusal literatüre katkı sağlamaktadır.

- Modelin, Türkiye için geliştirilecek yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemlerinde yapım sürecine ilişkin değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesinde referans olarak kullanılması mümkündür.
- Model, binaların çevresel performansını bütüncül olarak değerlendirme amacı ile geliştirilecek modeller ve yeşil bina derecelendirme ve sertifika sistemleri ile bütünleşik olarak kullanılarak, bu modeller ve sistemler kapsamında yapım sürecinin değerlendirilmesine olanak sağlama potansiyeline sahiptir.
- Modelin, Türkiye’de faaliyet gösteren ve binaların çevresel performansı konusunda çeşitli girişimlerde bulunmuş inşaat sektörü aktörlerinin yanı sıra konu ile ilgili herhangi bir altyapıya sahip olmayan sektör paydaşlarının dikkatini yapım sürecine çekmesi ve bu alanda yeni bir bakış açısı kazandırması mümkündür.
- Yapım teknolojisi bileşenleri ve yapım sürecinin çevresel etkileri arasındaki ilişkilerin tanımlanması ile özellikle malzeme ve ekipman üreticileri tarafından ürünlerin geliştirilmesi ve ürünlere ilişkin bilgilerin ortaya konması süreçlerinde modelin bir yol haritası olarak kullanılması mümkündür.
- Model, ulusal mevzuatın geliştirilmesi amacıyla, yapım sürecinin çevresel etkilerini bütüncül bir bakış açısıyla ele alan ve süreci doğal ve yapma çevre üzerindeki tüm etkileri ile yönetmeye olanak sağlayacak yönetmeliklerin geliştirilmesi için ilgili kuruluşlar tarafından referans olarak kullanılma potansiyeline sahiptir.



8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması, “*Bina yapım sürecinin çevresel performansı yapısal tasarım ve yapım planlama aşamalarında ilgili karar vericiler tarafından nasıl değerlendirilebilir?*” sorusuna cevap aramak üzere ortaya çıkmıştır. Çalışma ile bina yapım sürecinin çevresel performansının yapısal tasarım ve yapım planlama aşamalarında, ilgili süreç paydaşları tarafından değerlendirilebileceği, yapım sürecinin çevresel performansına ilişkin öngörüler ortaya konarak iyileştirilmesine olanak sağlayacak ve sektör paydaşlarının yapım sürecinin çevre ile olan ilişkisine ilişkin farkındalığa erişmesinde araç olarak kullanılabilecek bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ortaya konan amaç, araştırma soruları, problemler ve varsayımlar kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir:

- Çalışma ile geliştirilen BiYSÇeP modeli ile çalışmanın temel amaçları yerine getirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamalar ile modelin yapısal tasarım ve yapım planlama süreçlerinde, değerlendirmeye söz konusu yapım süreci paydaşları tarafından kullanılabildiği; elde edilen sonuçların tasarım ve yapım teknolojisi bileşenlerinde çevresel performansın iyileştirilmesine olanak sağlayacak güncellemeler yapılmasında kullanılabileceği ortaya konmuştur.
- Çalışmanın geliştirilmesi aşamalarında, ortaya konan araştırma soruları kapsamında gerçekleştirilen nitel veri toplama süreçleri ile yapım sürecine, yapım teknolojisi bileşenlerine, yapım sürecinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlere ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerine ilişkin elde edilen bilgiler, modelin geliştirilmesi için gerekli olan altyapıyı sağlamıştır.
- Yapım sürecinde çevresel performansın, yapım teknolojisi bileşenlerinin analiz edilmesi ve sürecin çevresel etkileri ile ilişkilerinin ortaya konması ile değerlendirilebileceği varsayımı doğrulanmıştır.
- Modelin çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin, değerlendirmeye söz konusu yapım süreci ile ilişkili paydaşlar tarafından,

onların hedefleri ve önceliklerine göre belirlenmesine olanak sağlayan esnek yapısı, bina yapım süreçlerinin kendine özgü olduğu dolayısıyla değerlendirilmesi zorluğuna çözüm sağlamıştır.

- Değerlendirmede hem sözel çıkarımların hem de sayısal verilerin kullanılabilmesi, veri elde süreçlerinde esneklik ve kolaylık sağlamıştır.
- Değerlendirmede kullanılan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sözel verilerin değerlendirme sürecinde yer alan karar vericilerin sahip olduğu bilgi, deneyim ve anlayış ile elde edilmesinin mümkün olduğu ortaya konmuştur.
- Model kapsamında, yapım sürecinde kullanılacak yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin değerlendirmeye söz konusu bina yapım süreci ile ilişkili yapım dokümanlarının yanı sıra, tedarikçilerden elde edilebilecek malzeme ve ekipman katalogları ile Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi gibi yerel kaynaklar kullanılarak elde edilmesinin mümkün olduğu ortaya konmuştur.
- Geliştirilen modelin, sektör paydaşlarının dikkatini bu konuya çekerek, bu alanda yeni bir bakış açısı kazandırması ve farkındalık düzeylerinin artırılmasında etkili olabileceği vurgulanmıştır.

BiYSÇeP modelinin kullanımı sırasında veri elde etme ve hesaplama süreçleri ile sonuçlar üzerinde etkili olan çeşitli zorluklar, gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalara ve sektörde gerçekleştirilmesi gereken yeniliklere de girdi sağlamaktadır. Çalışmanın gelecek perspektifine ilişkin öneriler aşağıda açıklanmaktadır:

- Sayısal verilerin elde edilmesinde karşılaşılan zorluklara önerilebilecek ilk çözüm, üretici firmalar tarafından, yapım sürecinde kullanılan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin ayrıntılı kataloglar ve yönergeler hazırlanması ve bunların proje ve yapım dokümanları arasında yer almasının zorunlu hale getirilmesinin sağlanmasıdır. Malzeme üreticilerinin taşıma, hazırlık, biçimlendirme ve uygulama süreçleri ile ilgili; ekipman üreticilerinin ise ekipmanların enerji tüketim miktarları, gürültü ve titreşim düzeyleri ile ilgili bilgileri detaylı olarak kullanıcılara sağlaması, değerlendirme aşamasında veri elde etme sürecinin kısılmasına olanak sağlayacak; böylece daha hassas ve gerçekçi sonuçlar ortaya konabilecektir.

- Bina yapım sürecinde kullanılan yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin detaylı bir veri tabanı tasarlanması, sayısal verilerin elde edilmesi sürecinde karşılaşılan zorluklara karşı önerilebilecek ve bu alanda yapılacak gelecek çalışmalar kapsamında ele alınabilecek bir diğer çözümdür. Ancak, bu durumda da malzeme ve ekipman seçeneğinin çok sayıda olduğu göz önüne alındığında, veri tabanının tasarlanmasında çeşitli zorluklar ortaya çıkabilecek; ortalama değerlerle ortaya konacak bir veri tabanı tasarlanması halinde ise yeterince hassas sonuçlar elde edilemeyecektir.
- Model kapsamında gerçekleştirilmesi gereken matematiksel hesaplamalar için gerekli sürenin kısaltılması, modelin temel bileşenlerini içeren bilgisayar tabanlı bir program geliştirilmesi ile sağlanabilir. Modelde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin kullanımı için geliştirilmiş çeşitli programlar bulunsa da bu yöntemler model kapsamında tanımlanan amaç doğrultusunda bütünleşik olarak kullanıldığı için, modelin geliştirilmesinde kullanılan temel varsayımlara dayanan özelleşmiş bir program geliştirilmesi gerekmektedir. Geliştirilecek bu programda, model kapsamında ele alınan yapı elemanı sistemlerine ilişkin bilgiler, yapım teknolojileri sınıflandırması, çevresel performans ölçütleri, yapım teknolojisi bileşenleri arasındaki ve yapım teknolojisi bileşenleri ile çevresel performans ölçütleri arasındaki ilişkiler ayrıntılı olarak yer almalı; model kapsamında bütünleşik olarak kullanılan BAHP-TOPSIS ve BAHP-BTOPSIS yöntemlerinin matematiksel altyapıları kullanılarak, değişen sayıda alternatifin değerlendirilmesine olanak sağlayacak bir ara yüz tasarlanmalıdır. Böylesi bir program, modelin kullanımını kolaylaştırarak daha yaygın kullanım imkanı bulmasını sağlayacaktır.
- Modelin kullanımı ile elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olan bir diğer önemli etken, karar vericilerin niteliğidir. Modelin kullanımı ile elde edilen sonuçların hassaslığı, karar vericilerin BiYSÇeP hakkında yeteri kadar bilgilendirilmesi ve model kapsamında tanımlanan niteliklere sahip olanlar arasından seçilmeleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, inşaat sektörü paydaşlarının binaların çevresel performansı üzerinde yapım sürecinin payı, yapım sürecinde çevresel performansı ortaya koyan ölçütler, yapım teknolojisi bileşenleri ile yapım sürecinin çevresel performansı arasındaki ilişkiler konularında yeterli düzeyde farkındalığa ulaşmalarını sağlayacak çalışmalar yapılmalı; eğitimler ve

seminerler aracılığıyla bu konuda bilgi ve deneyim düzeylerini arttırmaları sağlanmalıdır.

Sonuç olarak, tez çalışması kapsamında geliştirilen BiYSÇeP modelinin, yapısal tasarım ve yapım planlama süreçlerinde, ilgili süreç paydaşları tarafından yapım sürecinin çevresel etkileri hakkında analizler yapılmasında, iyileştirme / önlem alanlarının belirlenmesinde ve sektör paydaşları arasında farkındalık yaratılmasında önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Türkiye’de de yaygın olarak kullanılan BREEAM yeşil bina derecelendirme ve sertifika sisteminin güncellenen son sürümünde, yapım işlerinin çevresel etkilerini ele alan ölçütlere ayrıntılı bir şekilde yer verilmesi, bu konuda yapılan ve yapılacak çalışmaların önemini ve gerekliliğini ayrıca vurgulamaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahn, C., Lee, S., Peña-Mora, F. ve Abourizk, S.** (2010). Toward environmentally sustainable construction processes: The U.S. and Canada's perspective on energy consumption and GHG/CAP emissions. *Sustainability*, 2(1), 354–370. doi:10.3390/su2010354.
- Armstrong, J., Dixon, R. ve Robinson, S.** (1999). *The Decision Makers: Ethics for Engineers*. London: Thomas Telford.
- Atık Yönetimi Yönetmeliği.** (2015). *T. C. Resmi Gazete*, 29314, 2 Nisan 2015.
- Ayhan, M. B.** (2013). A Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection Problem: A Case Study in a Gearmotor Company. *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, 4(3), 11–23. doi: 10.5121/ijmvsc.2013.4302.
- Bayer, C., Gamble, M., Gentry, R. ve Joshi, S.** (2010). *AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice*. American Institute of Architects. Washington, USA. Erişim: 26.06.2016, <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia082942.pdf>.
- Bede, B.** (2013). *Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Bellman, R. E. ve Zadeh, L. A.** (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), 141–164.
- Bilec, M., Asce, S. M., Ries, R., Matthews, H. S., Asce, A. M. ve Sharrard, A. L.** (2006). Example of a hybrid life-cycle assessment of construction processes. *Journal of Infrastructure Systems*, 12(4), 207–215. doi: 10.1061/JASCE?1076-0342?2006?12:4?207?.
- BRE (Building Research Establishment).** (2016). *BREEAM International New Construction 2016*. Hertfordshire, UK.
- BS EN 15804.** (2012). *Standards Publication Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*.
- BS EN ISO 14001.** (2004). *Environmental management systems - Requirements with guidance for use*.
- BS EN ISO 14001.** (2015). *Environmental management systems - Requirements with guidance for use*.
- BS EN ISO 14031.** (2013). *Environmental management - Environmental performance evaluation - Guidelines*.
- BS EN ISO 14040.** (2006). *Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and framework*.

- BS EN ISO 14044.** (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.*
- BS ISO 21930.** (2007). *Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.*
- Buckley, J. J.** (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233–247. doi:10.1016/0165-0114(85)90090-9.
- Chan, F. T. S., Chan, M. H. ve Tang, N. K. H.** (2000). Evaluation methodologies for technology selection. *Journal of Materials Processing Technology*, 107(1–3), 330–337. doi:10.1016/S0924-0136(00)00679-8.
- Chandler, I.** (1987). *Building technology 3: Design, Production and Maintenance.* London: Mitchell.
- Chang, D.-Y.** (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649–655. doi:10.1016/0377-2217(95)00300-2.
- Charlett, A. J.** (2007). *Fundamental Building Technology.* London: Taylor & Francis.
- Chen, C.-T.** (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. doi:10.1016/S0165-0114(97)00377-1.
- Chen, S.-J. ve Hwang, C.-L.** (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making.* Berlin: Springer-Verlag.
- Chen, Y., Okudan, G. E. ve Riley, D. R.** (2010). Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings. *Automation in Construction*, 19(2), 235–244. doi:10.1016/j.autcon.2009.10.004.
- Chen, Z., Li, H. ve Wong, C. T. C.** (2005). Environmental Planning: Analytic network process model for environmentally conscious construction planning. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1), 92–101. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:1(92).
- Ching, F. D. K. ve Adams, C.** (2013). *Çizimlerle Bina Yapım Rehberi.* İstanbul: YEM Yayın.
- Chudley, R.** (1973). *Construction Technology.* London: Longman.
- Chudley, R. ve Greeno, R.** (1999). *Advanced Construction Technology.* Harlow: Longman.
- CMAA (Construction Management Association of America).** (2012). *An Owner's Guide to Project Delivery Methods.* Erişim: 15.02.2015, [https://cmaanet.org/files/Owners Guide to Project Delivery Methods Final.pdf](https://cmaanet.org/files/Owners%20Guide%20to%20Project%20Delivery%20Methods%20Final.pdf).
- Cole, R. J.** (2000). Building environmental assessment methods: Assessing construction practices. *Construction Management and Economics*, 18(8), 949–957. doi:DOI: 10.1080/014461900446902.
- Coşkun, K.** (2013). *Yapı Elemanlarının Üretiminde Kullanılan Yerde Yapım Tekniklerinin İyileştirilmesi İçin Model Önerisi.* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Cox, T., Kenig, M., Allison, M., Wight Kelley, S. ve Stark, M. (2011). *Primer on Project Delivery*. Washington: The American Institute of Architects & The Associated General Contractors of America. Erişim: 15.02.2015, <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia093116.pdf>.
- Crawley, D. ve Aho, I. (1999). Building environmental assessment methods: Applications and development trends. *Building Research and Information*, 27(4-5), 300-308. doi: 10.1080/096132199369417.
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28721, 28 Temmuz 2013.
- Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28743, 22 Ağustos 2013.
- Demirel, T., Çetin Demirel, N. ve Kahraman, C. (2008). Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Its Application. C. Kahraman (Ed.), *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments* (sy.53-83). New York: Springer.
- Dong, Y. H. ve Ng, S. T. (2015). A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong. *Building and Environment*, 89, 183-191. doi:10.1016/j.buildenv.-2015.02.020
- Doumpos, M. ve Zopounidis, C. (2002). *Multicriteria Decision Aid Classification Methods*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ecer, F. (2007). Üyelik fonksiyonu olarak üçgen bulanık sayılar mı yamuk bulanık sayılar mı?. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 161-180.
- Eco-indicator 99 Manual for Designers.** (2000). *Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment*. Erişim: 13.10.2014, http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf
- Edis, E. (2006). *Mimari Yapısal Öğelerin Tasarımı için Bir Yöntem*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EIO-LCA: Free, Fast, Easy Life Cycle Assessment.** (b.t.). Erişim: 17.02.2013, <http://www.eiolca.net/index.html>.
- Eldem, S. H. (2009). *Yapı*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
- Eriç, M. (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Erten, D. (2011). *Yeşil Binalar*. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları-V, Ankara: Bölgesel Çevre Merkezi- REC Türkiye. Erişim: 28.06.2016, http://www.rec.org.tr/dyn_files/20/5924-V-YESIL-BINALAR.pdf
- Eser, L. (1977). *Geleneksel ve Gelişmiş Geleneksel Yapı*. İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
- European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability.** (2010). *Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment*. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook, Ispra, Italy. Erişim: 25.06.2016 <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/-/ILCD-Handbook-LCIA-Background-analysis-online-12March2010.pdf>

- Floridi, L.** (2010). *Information: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Gangoellis, M., Casals, M., Gassó, S., Forcada, N., Roca, X. ve Fuertes, A.** (2009). A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. *Building and Environment*, 44(3), 558–571. doi:10.1016/j.buildenv.-2008.05.001.
- Gangoellis, M., Casals, M., Gassó, S., Forcada, N., Roca, X. ve Fuertes, A.** (2011). Assessing concerns of interested parties when predicting the significance of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. *Building and Environment*, 46(5), 1023–1037. doi:10.1016/j.buildenv.2010.11.004.
- Gelder, J.** (2011). *Unifying Uniclass*. NBC/RIBA. Erişim: 30.11.2013, <http://www.thenbs.com/topics/practicemanagement/articles/unifyingUniclass.asp>
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Stryijs, J. ve van Zelm, R.** (2013). *ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. PRé Consultants, Amersfoort, Netherlands - CML, University of Leiden, Netherlands - RUN, Radboud University, Nijmegen, Netherlands - RIVM, Bilthoven, Netherlands. Erişim: 13.10.2014, http://www.pre-sustainability.com/-download/manuals/ReCiPe_main_report_REVISED_13-07-2012.pdf
- Göksu, A. ve Güngör, İ.** (2008). Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1–26.
- Green, R.** (1965). *The Architect's Guide to Site Management*. London: The Architectural Press.
- Grünig, R. ve Kühn, R.** (2005). *Successful Decision-making: A Systematic Approach to Complex Problems*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Guggemos, A. A. ve Horvath, A.** (2006). Decision-support tool for assessing the environmental effects of constructing commercial buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 12(4), 187–195. doi:10.1061/?ASCE?-1076-0431?2006?12:4?187?.
- Haapio, A. ve Viitaniemi, P.** (2008). A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), 469–482. doi:10.1016/j.eiar.2008.01.002.
- Hasol, D.** (2005). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yapı Yayın.
- Humbert, S., De Schryver, A., Bengoa, X., Margni, M. ve Jolliet, O.** (2002). *IMPACT 2002 + : User Guide*. Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL), Switzerland. Erişim: 12.10.2014, http://www.quantis-intl.com/pdf/IMPACT2002_UserGuide_for_vQ2.-21.pdf
- Hwang, C.-L. ve Yoon, K.** (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

- Ishizaka, A. ve Nemery, P.** (2013). *Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software*. West Sussex: Wiley & Sons.
- ISO/DIS 21930.** (2016). *Sustainability in buildings and civil engineering works - Environmental declaration of building products (Draft version)*.
- ISO/TR 21932.** (2013). *Sustainability in buildings and civil engineering works - A review of terminology*.
- ISO/TS 21929-1.** (2006). *Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators for buildings*.
- ISO 15392.** (2008). *Sustainability in building construction - General principles*.
- ISO 21931-1.** (2010). *Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings*.
- İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28628, 25 Nisan 2013.
- J.H. Findorff & Son Inc.** (2014). Project Delivery Method Analysis. Erişim: 15.02.2015, http://www.gc.maricopa.edu/adminsvcs/oct_05/insert.pdf
- Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J. ve Canteras-Jordana, J. C.** (2014). A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. *Automation in Construction*, 45, 151–162. doi:10.1016/j.autcon.2014.05.013.
- Jørgensen, K. A.** (2011). Classification of building object types - misconceptions, challenges and opportunities. *CIB W78-W102 2011: International Conference*. Sophia Antipolis, Nice, France.
- Kahraman, C.** (2008). Multi-Criteria Decision Making Methods and Fuzzy Sets. C. Kahraman (Ed.), *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments* (pp.1-18). New York: Springer.
- Kanoğlu, A.** (2010). Information System Design and Application in Construction Industry. (Yayınlanmamış ders notları). İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
- Kárný, M. ve Guy, T. V.** (2015). On the Origins of Imperfection and Apparent Non-rationality. In T. V. Guy, M. Kárný ve D. H. Wolpert (Eds.), *Decision Making: Uncertainty, Imperfection, Deliberation and Scalability* (sy. 55–89). Switzerland: Springer.
- Li, X., Zhu, Y. ve Zhang, Z.** (2010). An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes. *Building and Environment*, 45(3), 766–775. doi:10.1016/j.buildenv.2009.08.010.
- Llewelyn Davies, R. ve Petty, D. J.** (1960). *Building Elements*. London: The Architectural Press.
- Lou, E. C. W. ve Goulding, J. S.** (2008). Building and Construction Classification Systems. *Architectural Engineering and Design Management*, 4(3), 206–220. doi:10.3763/aedm.2008.0079.

- MasterFormat - 2004 Edition Numbers and Titles.** (2004). *The Construction Specifications Institute & Construction Specifications Canada*. Erişim: 30.11.2013, www.burnsmcd.com/~media/files/documents/supplierscsicodemaster.pdf?la=en
- Metrics: Disability - Adjusted Life Year (DALY).** (b.t.). Erişim: 1.04.2016, http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en
- Olson, D. L.** (2004). Comparison of weights in TOPSIS models. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(7–8), 721–727. doi:10.1016/j.mcm.2004.10.003.
- Önder, G. ve Önder, E.** (2015). Analitik Hiyerarşı Süreci. B. F. Yıldırım ve E. Önder (Eds.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (sy. 21–74). Bursa: Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Özcan, M. ve Öztürk, S.** (2015). Türkiye'nin elektrik enerjisi üretimi kaynaklı sera gazı emisyonunda beklenen değişimler ve karbon vergisi uygulaması. *VI. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi* (sy. 1–5). Sakarya.
- Özdemir, M.** (2015). TOPSIS. B. F. Yıldırım ve E. Önder (Eds.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (sy. 133–153). Bursa: Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Özkan, E.** (1976). *Yapım Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem*. İstanbul: İTÜ.
- Pollo, R., ve Rivotti, A.** (2004). Building sustainability evaluation in the building process: The construction phase. *Regional Central and Eastern European Conference on Sustainable Building*. Warsaw: Building Research Institute.
- Ray-Jones, A. ve McCann, W.** (1971). *CI / SFB Project Manual: Organising building project information*. London: The Architectural Press.
- RIBA Plan of Work 2013 Overview Document.** (2013). Erişim: 13.03.2014, <http://www.ribaplanofwork.com/Download.aspx>
- Rich, P. ve Dean, Y.** (1999). *Principles of Element Design*. Oxford: Architectural Press.
- Riley, M. ve Howard, C.** (2002). *Construction Technology 1: House Construction*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Saaty, T. L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. doi:10.1504/IJSSCI.2008.017590
- Saaty, T. L. ve Vargas, L. G.** (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. New York: Springer.
- Seeley, I. H.** (1986). *Building Technology*. London: Macmillan Education Ltd.
- Sengupta, A. ve Pal, T. K.** (2009). *Fuzzy Preference Ordering of Interval Numbers in Decision Problems*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sharrard, A. L., Matthews, H. S., Asce, A. M. ve Ries, R. J.** (2008). Estimating Construction project environmental effects using an input-output-based hybrid life-cycle assessment model. *Journal of Infrastructure*

Systems, 14(4), 327–336. doi:10.1061/?ASCE?1076-0342?2008?14-:4?327?.

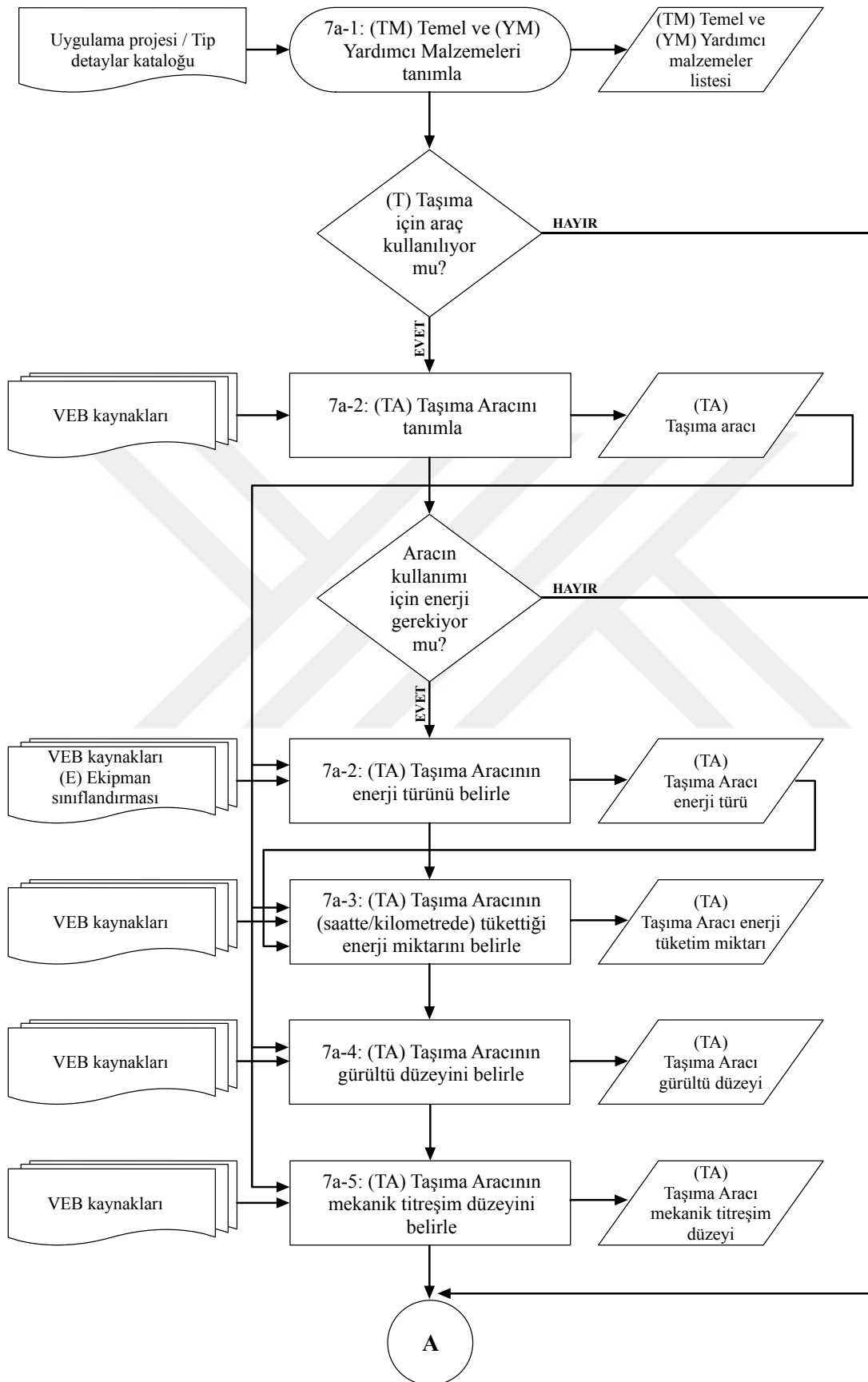
- Shen, L.-Y., Lu, W.-S., Yao, H. ve Wu, D.-H.** (2005). A computer-based scoring method for measuring the environmental performance of construction activities. *Automation in Construction*, 14(3), 297–309. doi:10.1016/j.autcon.2004.08.017.
- Shepard, R. B.** (2005). *Quantifying Environmental Impact Assessments Using Fuzzy Logic*. New York: Springer.
- Shukla, R. K., Garg, D. ve Agarwal, A.** (2014). An integrated approach of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS in modeling supply chain coordination. *Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal*, 2(1), 415–437. doi:10.1080/21693277.2014.919886.
- Simmons, L. H.** (2001). *Construction: Principles, Materials, and Methods*. New York: John Wiley.
- Software to Measure and Improve the Impact of Your Product Life Cycle.** (2013). Erişim: 22.12.2013, <https://www.pre-sustainability.com/simapro>.
- Spence, W. P. ve Kultermann, E.** (2011). *Construction Materials, Methods and Techniques: Building for a Sustainable Future*. New York; USA: Delmar Cengage Learning.
- Sun, M. ve Howard, R.** (2004). *Understanding I.T. in Construction*. London: Spon Press.
- Şen, Z.** (2009). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Timor, M.** (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L.** (2000). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Tozla Mücadele Yönetmeliği.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28812, 5 Kasım 2013.
- Triantaphyllou, E.** (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- TS EN ISO 5349-2.** (2004). *Mekanik Titreşim – Kişilerin Maruz Kaldığı, Elden Vücuda İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi – Bölüm 2: İş Yerlerinde Ölçme Yapmak İçin Pratik Kılavuz*.
- TS EN ISO 9612.** (2009). *Akustik - Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi- Mühendislik yöntemi*.
- Turan, G.** (2015). Çok Kriterli Karar Verme. B. F. Yıldırım ve E. Önder (Eds.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (sy. 15–20). Bursa: Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Türkçü, Ç. H.** (2004). *Yapım: İlkeler-Malzemeler-Yöntemler-Çözümler*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Türkiye İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kütüphanesi.** (2014). Erişim: 29.05.2014, <http://www.birimfiyat.net/>

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).** (2015). *Yapı İzin İstatistikleri ve Değişim Oranları*. Erişim: 10.03.2016, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?-metod=temelist>
- Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu.** (b.t.). *İnşaat Sektöründe Mesleki Yeterlilik Sistemi Çalışmaları*. Erişim: 01.05.2014, http://tisk.org.tr/tr/-sektor_insaat.php
- USGBC (The United States Green Building Council).** (2014). *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*. Washington.
- Utkuğu, G.** (1981). *Uygun Teknoloji Kapsamında Alternatif Yapım Yöntemlerinin Elde Edilmesine Yönelik Kavramsal Bir Model Denemesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- van Laarhoven, P. J. M. ve Pedrycz, W.** (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229–241.
- Vierra, S.** (2014). *Green Building Standards and Certification Systems*. Erişim: 28.06.2016, <https://www.wbdg.org/resources/gbs.php#desc>.
- Wachsmann, K.** (1961). *The Turning Point of Building: Structure and Design*. New York: Reinhold Pub. Corp.
- Waddell, J. J. ve Dobrowolski, J. A.** (1993). *Concrete Construction Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Waris, M., Shahir Liew, M., Khamidi, M. F. ve Idrus, A.** (2014). Criteria for the selection of sustainable onsite construction equipment. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 96–110. doi:10.1016/j.ijbsbe.2014.06.002
- Xu, J. ve Zeng, Z.** (2014). *Fuzzy-Like Multiple Objective Multistage Decision Making*. Switzerland: Springer.
- Yager, D. R.** (2009). Dempster-Shafer Structures, Monotonic Set Measures and Decision Making. E. Rakus-Andersson, R. R. Yager, N. Ichalkaranje, ve L. C. Jain (Eds.), *Recent Advances in Decision Making* (sy. 67-88). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28786, 5 Ekim 2013.
- Yıldırım, B. F., ve Önder, E. (Eds.).** (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Zadeh, L. A.** (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338–353.
- Zimmermann, H.-J.** (2001). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. New York: Springer.
- Zou, X. ve Moon, S.** (2014). Hierarchical evaluation of on-site environmental performance to enhance a green construction operation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 31(1), 5–23. doi:10.1080/10286608.2012.749871.

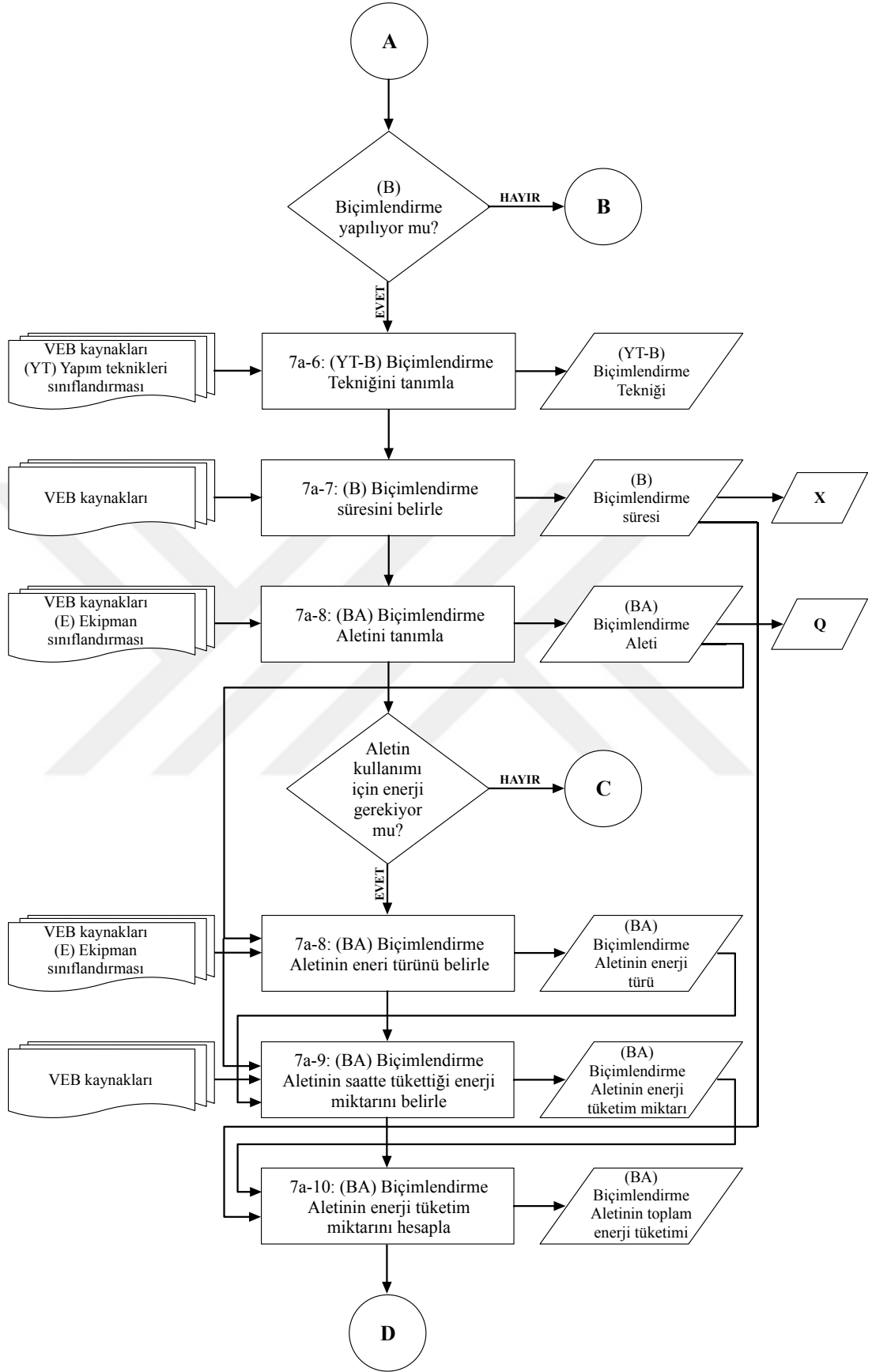
EKLER

- EK A :** Yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar
- EK B :** Uygulama-1 için çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması
- EK C :** Uygulama-1 için alternatiflerin çevresel performans ölçütlerine göre sıralanması
- EK D :** Uygulama-2 için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi
- EK E :** Uygulama-2 için alternatiflerin çevresel performans ölçütlerine göre sıralanması
- EK F :** Uygulama-3 için çevresel performans ölçütlerinin göreceli önceliklerinin hesaplanması
- EK G :** Uygulama-3 için alternatiflerin çevresel performans ölçütlerine göre sıralanması
- EK H :** Uygulama-4 için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi
- EK I :** Uygulama-4 için alternatiflerin çevresel performans ölçütlerine göre sıralanması

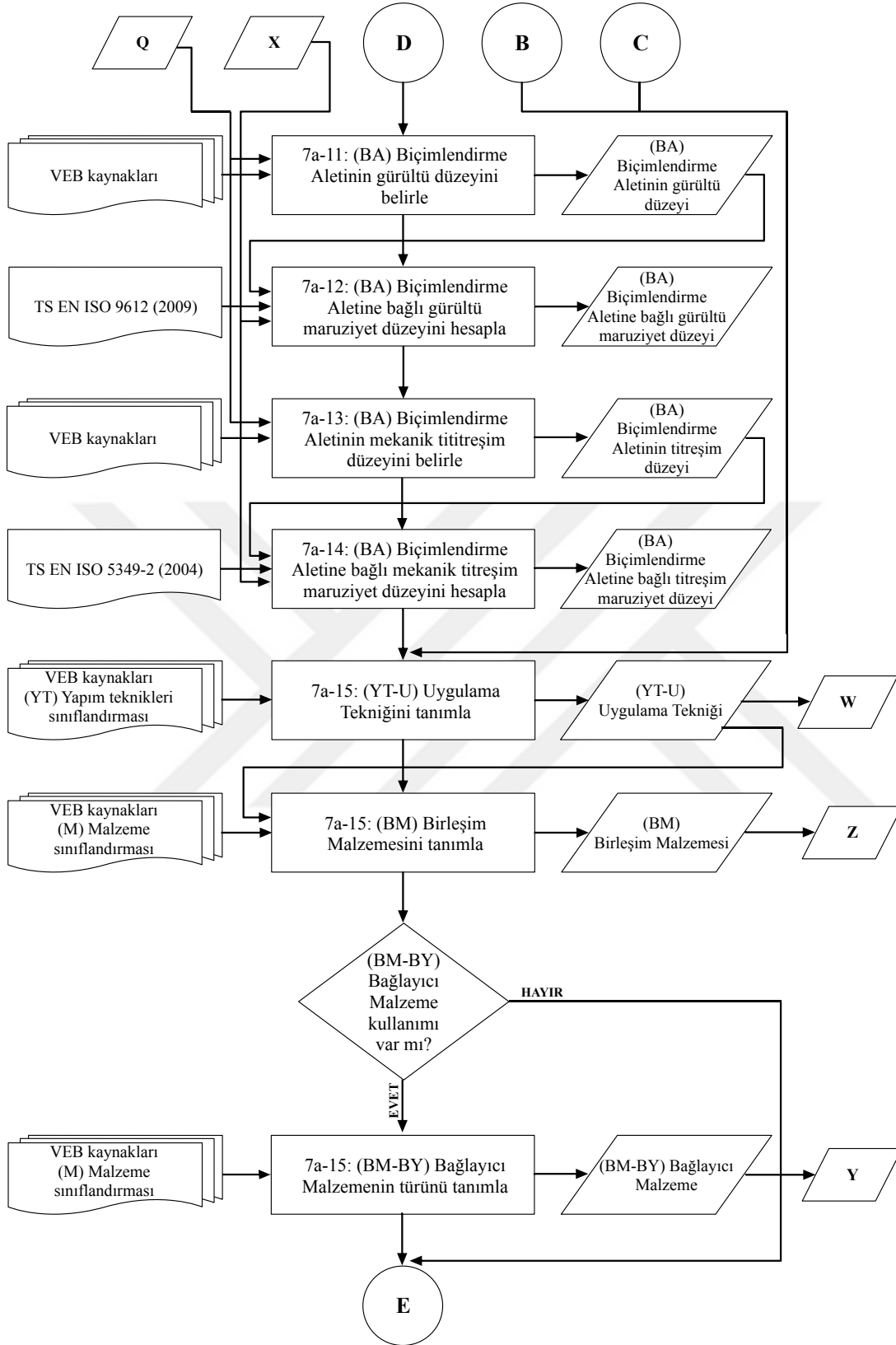
EK A



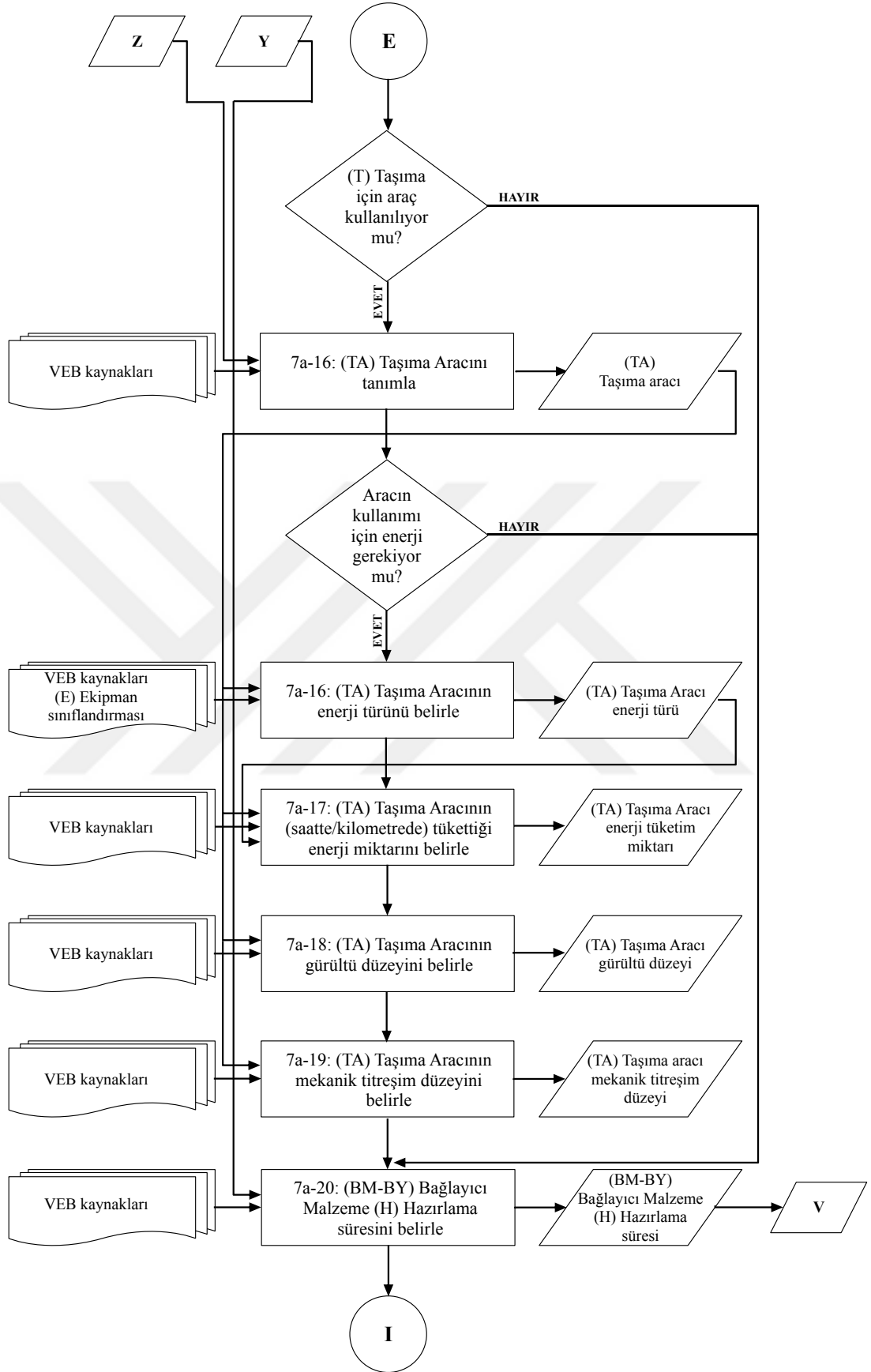
Şekil A.1 : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.



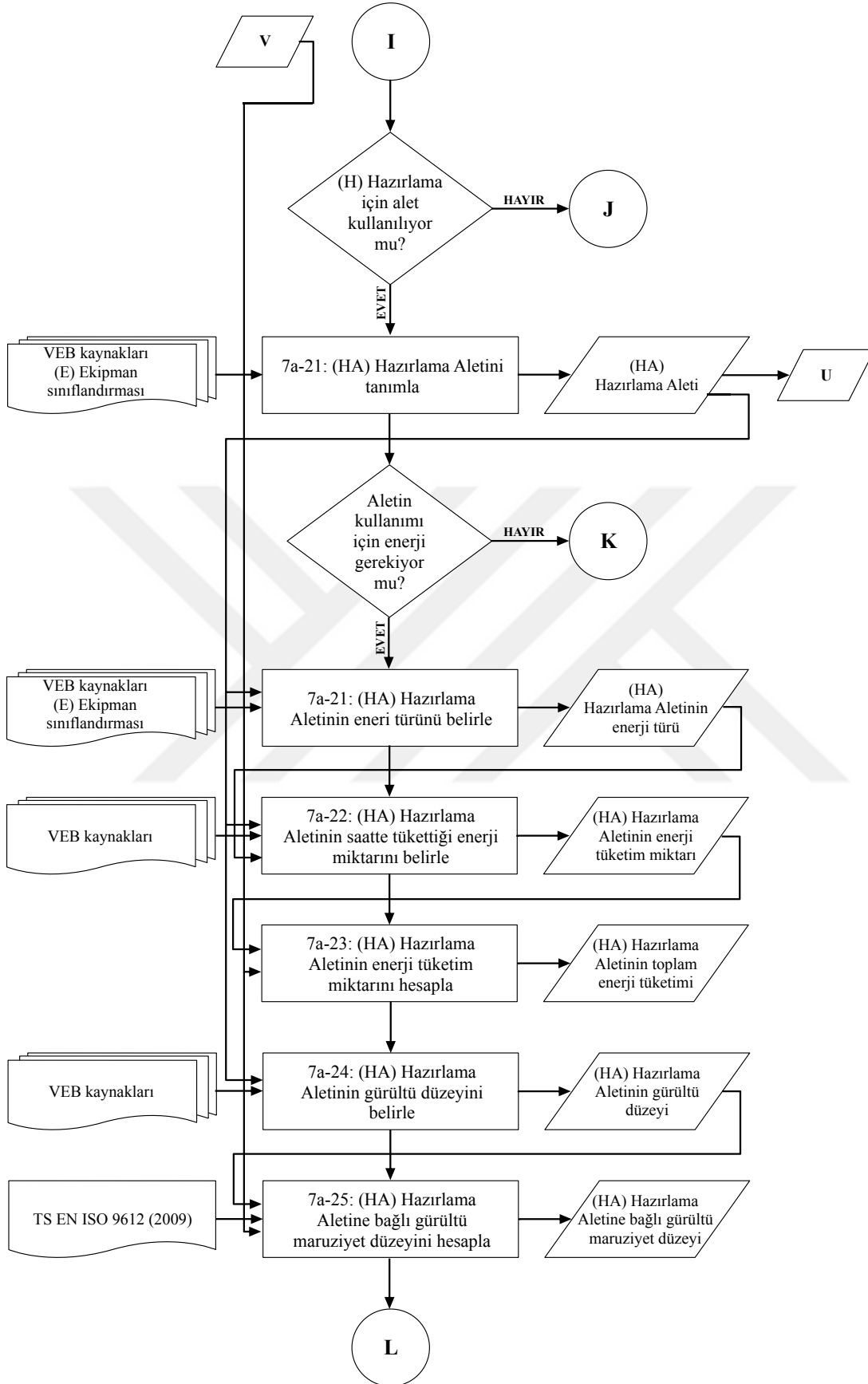
Şekil A.1 (devam) : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.



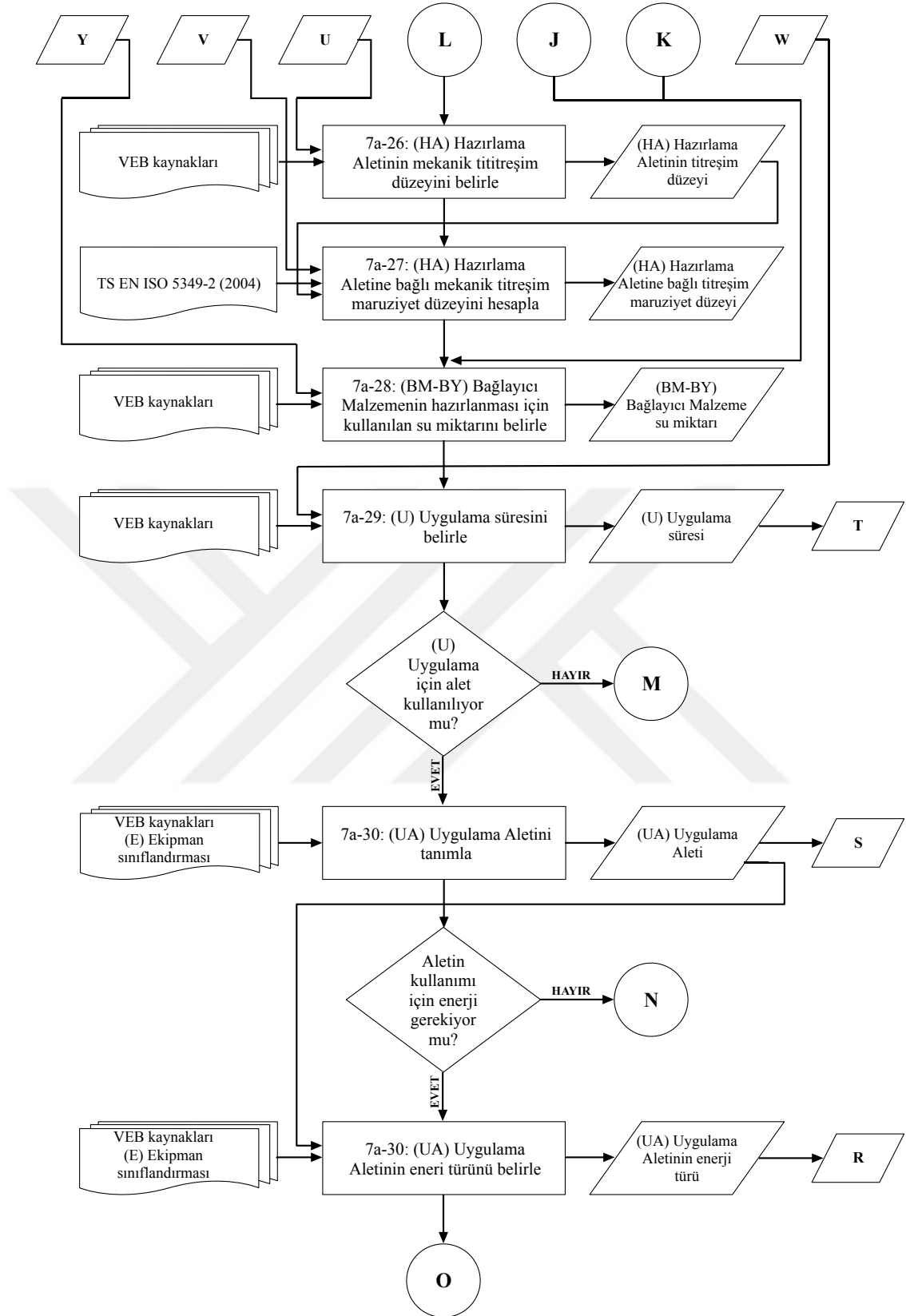
Şekil A.1 (devam) : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.



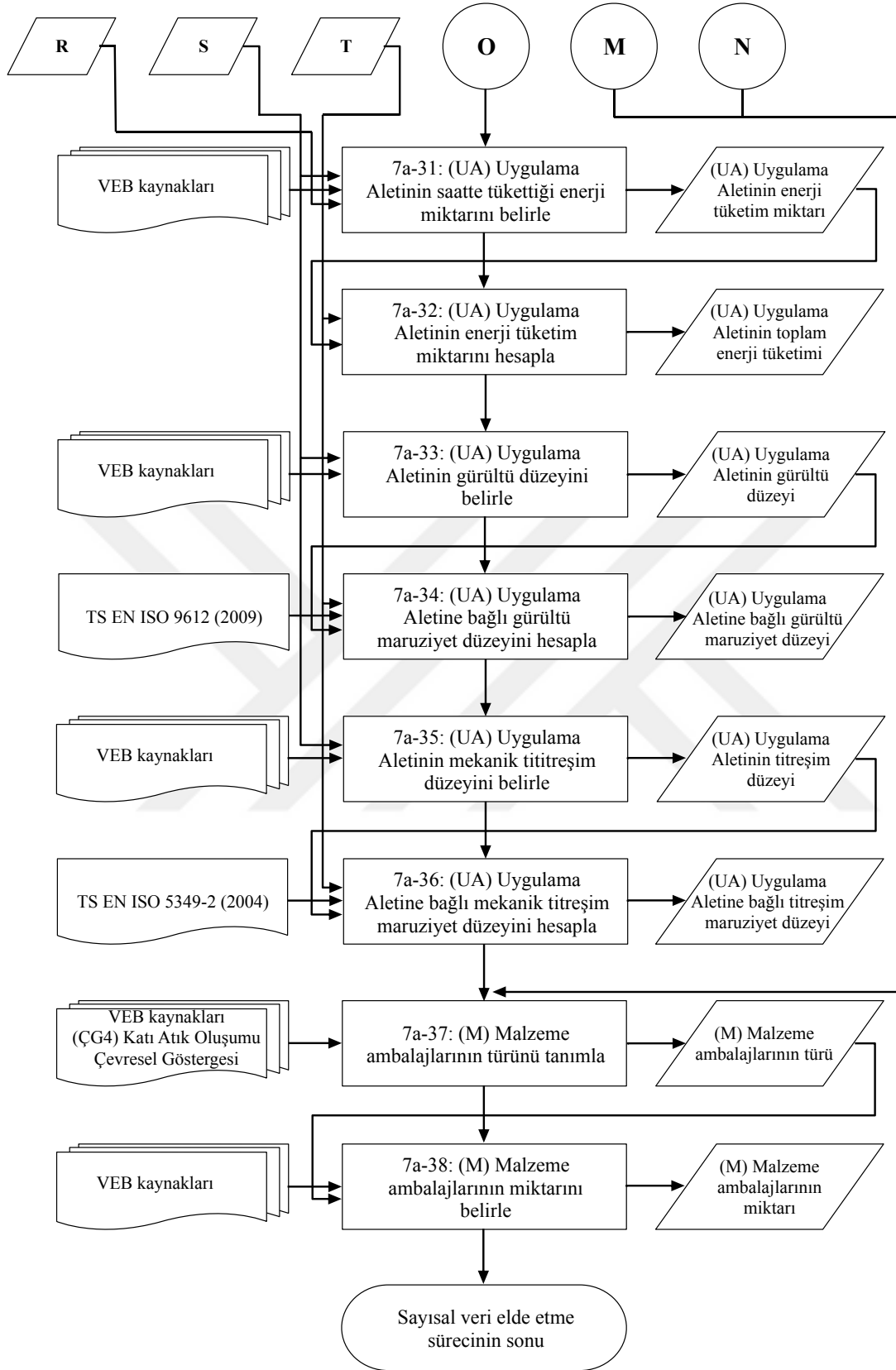
Şekil A.1 (devam) : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.



Şekil A.1 (devam) : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.



Şekil A.1 (devam) : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.



Şekil A.1 (devam) : Sayısal verilerin elde edilmesinde izlenecek adımlar.

EK B

ÇEVRESEL PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-1: Karar verici tarafından sözel ölçek kullanılarak ikili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi

		MUTLAK DERECEDE ÖENMLİ	ÇOK KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	ORTA DERECEDE ÖNEMLİ	EŞİT DERECEDE ÖNEMLİ	ORTA DERECEDE ÖNEMLİ	KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	ÇOK KUVVETLİ DERECEDE ÖNEMLİ	MUTLAK DERECEDE ÖENMLİ		
ÇZ NO	ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİ											ÇZ NO
ÇZ1	Kaynaklar		X								Ekosistem Kalitesi	ÇZ2
ÇZ1	Kaynaklar					X					İnsan Sağlığı	ÇZ3
ÇZ2	Ekosistem Kalitesi							X			İnsan Sağlığı	ÇZ3
ÇG NO	ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇZ1 KAYNAKLAR									ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇG NO
ÇG1	Fosil Yakıt Tüketimi					X					Elektrik Tüketimi	ÇG2
ÇG NO	ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇZ2 EKOSİSTEM KALİTESİ									ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇG NO
ÇG3	Su Tüketimi					X					Katı Atık Oluşumu	ÇG4
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu						X				Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4b
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu							X			Metal Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4c
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu						X				Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4d
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu							X			Metal Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4c
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu			X							Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4d
ÇG4c	Metal Ambalaj Atığı Oluşumu			X							Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇG4d
ÇG NO	ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇZ3 İNSAN SAĞLIĞI									ÇEVRESEL GÖSTERGELER	ÇG NO
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu				X						Gürültü Oluşumu	ÇG6
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu			X							Titreşim Oluşumu	ÇG7
ÇG6	Gürültü Oluşumu			X							Titreşim Oluşumu	ÇG7

ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI**BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması**

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
ÇZ1	(1, 1, 1)	(6, 7, 8)	(1, 1, 1)
ÇZ2	(1/8, 1/7, 1/6)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)
ÇZ3	(1, 1, 1)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
ÇZ1	1,00	1,00	1,00	6,00	7,00	8,00	1,00	1,00	1,00
ÇZ2	0,13	0,14	0,17	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25
ÇZ3	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇZ1	1,82	1,91	2,00
ÇZ2	0,28	0,31	0,35
ÇZ3	1,59	1,71	1,82

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması**Vektörel toplamların hesaplanması**

3,68	3,93	4,16
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,27	0,25	0,24
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,24	0,25	0,27
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇZ1	0,44	0,48	0,54
ÇZ2	0,07	0,08	0,09
ÇZ3	0,38	0,43	0,49

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇZ1	0,48
ÇZ2	0,08
ÇZ3	0,43

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile görel önceliklerin belirlenmesi

ÇZ1	0,48	0,49	% 49
ÇZ2	0,08	0,08	% 8
ÇZ3	0,43	0,43	% 43
	1,00		

(ÇZ1) KAYNAKLAR ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİ ÇEVRESEL GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG1	ÇG2
ÇG1	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇG2	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG1			ÇG2		
ÇG1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇG2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG1	1,00	1,00	1,00
ÇG2	1,00	1,00	1,00

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

2,00	2,00	2,00
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,50	0,50	0,50
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,50	0,50	0,50
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG1	0,50	0,50	0,50
ÇG2	0,50	0,50	0,50

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG1	0,50
ÇG2	0,50

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile göreceli önceliklerin belirlenmesi

ÇG1	0,50	0,50	% 50
ÇG2	0,50	0,50	% 50
	1,00		

(ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİ ÇEVRESEL GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG3	ÇG4
ÇG3	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇG4	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG3			ÇG4		
ÇG3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇG4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG3	1,00	1,00	1,00
ÇG4	1,00	1,00	1,00

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

2,00	2,00	2,00
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,50	0,50	0,50
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,50	0,50	0,50
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG3	0,50	0,50	0,50
ÇG4	0,50	0,50	0,50

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG3	0,50
ÇG4	0,50

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile göreceli önceliklerin belirlenmesi

ÇG3	0,50	0,50	% 50
ÇG4	0,50	0,50	% 50
	1,00		

(ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU ÇEVRESEL GÖSTERGESİ ALT GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
ÇG4a	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/4, 1/3, 1/2)
ÇG4b	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(4, 5, 6)
ÇG4c	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(4, 5, 6)
ÇG4d	(2, 3, 4)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
ÇG4a	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	0,50
ÇG4b	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	4,00	5,00	6,00
ÇG4c	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00
ÇG4d	2,00	3,00	4,00	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG4a	0,32	0,39	0,50
ÇG4b	1,07	1,32	1,57
ÇG4c	2,83	3,34	3,83
ÇG4d	0,49	0,59	0,71

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

4,71	5,63	6,61
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,21	0,18	0,15
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,15	0,18	0,21
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG4a	0,05	0,07	0,11
ÇG4b	0,16	0,24	0,33
ÇG4c	0,42	0,60	0,81
ÇG4d	0,07	0,11	0,15

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG4a	0,07
ÇG4b	0,24
ÇG4c	0,61
ÇG4d	0,11

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile göreceli önceliklerin belirlenmesi

ÇG4a	0,07	0,07	% 7
ÇG4b	0,24	0,23	% 23
ÇG4c	0,61	0,59	% 59
ÇG4d	0,11	0,11	% 11
	1,04		

(ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİ ÇEVRESEL GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
ÇG5	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
ÇG6	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(4, 5, 6)
ÇG7	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
ÇG5	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
ÇG6	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00
ÇG7	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG5	2,00	2,47	2,88
ÇG6	1,00	1,19	1,44
ÇG7	0,30	0,34	0,40

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

3,30	3,99	4,72
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,30	0,25	0,21
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,21	0,25	0,30
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG5	0,42	0,62	0,87
ÇG6	0,21	0,30	0,43
ÇG7	0,06	0,09	0,12

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG5	0,63
ÇG6	0,31
ÇG7	0,09

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile göreceli önceliklerin belirlenmesi

ÇG5	0,63	0,61	% 61
ÇG6	0,31	0,30	% 30
ÇG7	0,09	0,09	% 9
	1,04		

EK C

ALTERNATİFLERİN ÇEVRESEL PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-1: Değerlendirmede kullanılacak ölçütlerin belirlenmesi

Model kapsamında tanımlanan çevresel performans ölçütleri değerlendirme ölçütü olarak kullanılmaktadır.

BT-2: Her bir ölçütün önem ağırlıklarının karar vericiler tarafından belirlenmesi

BAHP yöntemi kullanılarak çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri belirlenmiştir.

BT-3: Değerlendirmede kullanılacak sözel ifadeler ve üçgen bulanık sayı karşılıklarının belirlenmesi

Sözel Ölçek		Üçgen Bulanık Sayılar
ADE	Az derecede etkili	(1, 1, 1)
ODE	Orta derecede etkili	(2, 3, 4)
KDE	Kuvvetli derecede etkili	(4, 5, 6)
ÇKDE	Çok kuvvetli derecede etkili	(6, 7, 8)
MDE	Mutlak derecede etkili	(9, 9, 9)

BT-4: Karar verici tarafından alternatiflerin değerlendirilmesi

Çevresel Performans Ölçütleri		Alternatifler				
		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
ÇZ1	Kaynaklar	MDE	MDE	MDE	MDE	MDE
ÇZ2	Ekosistem Kalitesi	ODE	ODE	ODE	ODE	ODE
ÇZ3	İnsan Sağlığı	KDE	KDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇG1	Fosil Yakıt Tüketimi	ÇKDE	ÇKDE	MDE	MDE	MDE
ÇG2	Elektrik Tüketimi	ADE	ADE	ADE	ADE	ADE
ÇG3	Su Tüketimi	ADE	ADE	ADE	ADE	ADE
ÇG4	Katı Atık Oluşumu	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇG4c	Metal Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇG4d	Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu	KDE	KDE	KDE	KDE	KDE
ÇG6	Gürültü Oluşumu	ADE	ADE	ADE	ADE	ADE
ÇG7	Titreşim Oluşumu	ADE	ADE	ADE	ADE	ADE

ALTERNATİFLERİN ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler				
ÇPÖ	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
ÇZ1	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)
ÇZ2	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)
ÇZ3	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
ID1	9	9	9	2	3	4	4	5	6
ID2	9	9	9	2	3	4	4	5	6
ID3	9	9	9	2	3	4	6	7	8
ID4	9	9	9	2	3	4	6	7	8
ID5	9	9	9	2	3	4	6	7	8

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
ID1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,67	0,83	1,00
ID2	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,67	0,83	1,00
ID3	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	0,88	1,00
ID4	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	0,88	1,00
ID5	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	0,88	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
	0,49	0,49	0,49	0,08	0,08	0,08	0,43	0,43	0,43
ID1	0,49	0,49	0,49	0,04	0,06	0,08	0,29	0,36	0,43
ID2	0,49	0,49	0,49	0,04	0,06	0,08	0,29	0,36	0,43
ID3	0,49	0,49	0,49	0,04	0,06	0,08	0,32	0,38	0,43
ID4	0,49	0,49	0,49	0,04	0,06	0,08	0,32	0,38	0,43
ID5	0,49	0,49	0,49	0,04	0,06	0,08	0,32	0,38	0,43

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
BPIC (P*)	0,49	0,08	0,43
BNIC (P-)	0,49	0,04	0,29

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
d1*	0,0000	0,0258	0,0925
d2*	0,0000	0,0258	0,0925
d3*	0,0000	0,0258	0,0694
d4*	0,0000	0,0258	0,0694
d5*	0,0000	0,0258	0,0694

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
d1-	0,0000	0,0258	0,0925
d2-	0,0000	0,0258	0,0925
d3-	0,0000	0,0258	0,0998
d4-	0,0000	0,0258	0,0998
d5-	0,0000	0,0258	0,0998

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
ID1	0,1183	0,1183	0,2367	0,50	2
ID2	0,1183	0,1183	0,2367	0,50	2
ID3	0,0952	0,1256	0,2208	0,57	1
ID4	0,0952	0,1256	0,2208	0,57	1
ID5	0,0952	0,1256	0,2208	0,57	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZİ) KAYNAKLAR ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler				
ÇPÖ	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
ÇG1	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)
ÇG2	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG1			ÇG2		
ID1	6	7	8	1	1	1
ID2	6	7	8	1	1	1
ID3	9	9	9	1	1	1
ID4	9	9	9	1	1	1
ID5	9	9	9	1	1	1

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1			ÇG2		
ID1	0,75	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00
ID2	0,75	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00
ID3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ID4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ID5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1			ÇG2		
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ID1	0,38	0,44	0,50	0,50	0,50	0,50
ID2	0,38	0,44	0,50	0,50	0,50	0,50
ID3	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ID4	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ID5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG1	ÇG2
BPIC (P*)	0,50	0,50
BNIC (P-)	0,38	0,50

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG1	ÇG2		ÇG1	ÇG2
d1*	0,0807	0,0000	d1-	0,0807	0,0000
d2*	0,0807	0,0000	d2-	0,0807	0,0000
d3*	0,0000	0,0000	d3-	0,1250	0,0000
d4*	0,0000	0,0000	d4-	0,1250	0,0000
d5*	0,0000	0,0000	d5-	0,1250	0,0000

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
ID1	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	2
ID2	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	2
ID3	0,0000	0,1250	0,1250	1,00	1
ID4	0,0000	0,1250	0,1250	1,00	1
ID5	0,0000	0,1250	0,1250	1,00	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI**BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi**

ÇPÖ	Alternatifler				
	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
ÇG3	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇG4	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG3			ÇG4		
ID1	1	1	1	6	7	8
ID2	1	1	1	6	7	8
ID3	1	1	1	6	7	8
ID4	1	1	1	6	7	8
ID5	1	1	1	6	7	8

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG3			ÇG4		
ID1	1,00	1,00	1,00	0,75	0,88	1,00
ID2	1,00	1,00	1,00	0,75	0,88	1,00
ID3	1,00	1,00	1,00	0,75	0,88	1,00
ID4	1,00	1,00	1,00	0,75	0,88	1,00
ID5	1,00	1,00	1,00	0,75	0,88	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG3			ÇG4		
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ID1	0,50	0,50	0,50	0,38	0,44	0,50
ID2	0,50	0,50	0,50	0,38	0,44	0,50
ID3	0,50	0,50	0,50	0,38	0,44	0,50
ID4	0,50	0,50	0,50	0,38	0,44	0,50
ID5	0,50	0,50	0,50	0,38	0,44	0,50

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG3	ÇG4
BPIC (P*)	0,50	0,50
BNIC (P-)	0,50	0,38

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG3	ÇG4		ÇG3	ÇG4
d1*	0,0000	0,0807	d1-	0,0000	0,0807
d2*	0,0000	0,0807	d2-	0,0000	0,0807
d3*	0,0000	0,0807	d3-	0,0000	0,0807
d4*	0,0000	0,0807	d4-	0,0000	0,0807
d5*	0,0000	0,0807	d5-	0,0000	0,0807

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
ID1	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	1
ID2	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	1
ID3	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	1
ID4	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	1
ID5	0,0807	0,0807	0,1614	0,50	1

ALTERNATİFLERİN (ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU ÇEVRESEL GÖSTERGESİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

ÇPÖ	Alternatifler				
	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
ÇG4a	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)
ÇG4b	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)
ÇG4c	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)
ÇG4d	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
ID1	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ID2	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ID3	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ID4	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ID5	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
ID1	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00
ID2	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00
ID3	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00
ID4	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00
ID5	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
	0,07	0,07	0,07	0,23	0,23	0,23	0,59	0,59	0,59	0,11	0,11	0,11
ID1	0,05	0,06	0,07	0,17	0,20	0,23	0,44	0,52	0,59	0,08	0,10	0,11
ID2	0,05	0,06	0,07	0,17	0,20	0,23	0,44	0,52	0,59	0,08	0,10	0,11
ID3	0,05	0,06	0,07	0,17	0,20	0,23	0,44	0,52	0,59	0,08	0,10	0,11
ID4	0,05	0,06	0,07	0,17	0,20	0,23	0,44	0,52	0,59	0,08	0,10	0,11
ID5	0,05	0,06	0,07	0,17	0,20	0,23	0,44	0,52	0,59	0,08	0,10	0,11

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4	ÇG4d
BPIC (P*)	0,07	0,23	0,59	0,11
BNIC (P-)	0,05	0,17	0,44	0,08

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4	ÇG4d
d1*	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d2*	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d3*	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d4*	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d5*	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4	ÇG4d
d1-	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d2-	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d3-	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d4-	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178
d5-	0,0113	0,0371	0,0952	0,0178

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
ID1	0,1614	0,1614	0,3227	0,50	1
ID2	0,1614	0,1614	0,3227	0,50	1
ID3	0,1614	0,1614	0,3227	0,50	1
ID4	0,1614	0,1614	0,3227	0,50	1
ID5	0,1614	0,1614	0,3227	0,50	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler				
ÇPÖ	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
ÇG5	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)
ÇG6	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇG7	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
ID1	4	5	6	1	1	1	1	1	1
ID2	4	5	6	1	1	1	1	1	1
ID3	4	5	6	1	1	1	1	1	1
ID4	4	5	6	1	1	1	1	1	1
ID5	4	5	6	1	1	1	1	1	1

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
ID1	0,67	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ID2	0,67	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ID3	0,67	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ID4	0,67	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ID5	0,67	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
	0,61	0,61	0,61	0,3	0,3	0,3	0,09	0,09	0,09
ID1	0,41	0,51	0,61	0,30	0,30	0,30	0,09	0,09	0,09
ID2	0,41	0,51	0,61	0,30	0,30	0,30	0,09	0,09	0,09
ID3	0,41	0,51	0,61	0,30	0,30	0,30	0,09	0,09	0,09
ID4	0,41	0,51	0,61	0,30	0,30	0,30	0,09	0,09	0,09
ID5	0,41	0,51	0,61	0,30	0,30	0,30	0,09	0,09	0,09

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
BPIC (P*)	0,61	0,30	0,09
BNIC (P-)	0,41	0,30	0,09

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
d1*	0,1313	0,0000	0,0000
d2*	0,1313	0,0000	0,0000
d3*	0,1313	0,0000	0,0000
d4*	0,1313	0,0000	0,0000
d5*	0,1313	0,0000	0,0000

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
d1-	0,1313	0,0000	0,0000
d2-	0,1313	0,0000	0,0000
d3-	0,1313	0,0000	0,0000
d4-	0,1313	0,0000	0,0000
d5-	0,1313	0,0000	0,0000

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d*+d*	SIRA
ID1	0,1313	0,1313	0,2625	0,50	1
ID2	0,1313	0,1313	0,2625	0,50	1
ID3	0,1313	0,1313	0,2625	0,50	1
ID4	0,1313	0,1313	0,2625	0,50	1
ID5	0,1313	0,1313	0,2625	0,50	1

EK D

Çizelge D.1 : ID1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,000	Testere	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KO) KORUYUCU											
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,000		

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.1 (devam) : ID1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Çimento harç	Yerinde hazırlanan
												Gaz beton tutkalı	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	(TM-KO) KORUYUCU												
	SIVA	Çimento esaslı siva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	Çimento esaslı siva	Yerinde hazırlanan
	SIVA	Çimento esaslı siva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	Çimento esaslı siva	Yerinde hazırlanan
													
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmamıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.1 (devam) : ID1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,320				0,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmamıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.1 (devam) : ID1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,005	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	SIVA	Çimento esaslı siva	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
													
TOPLAM:				0,512		304,000		1,000	0,695	0,000			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.1 (devam) : ID1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
			(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,348	0,000	0,000	21,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,000	0,000	0,000
	SIVA	Çimento esaslı siva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,000		0,000		0,000	1,788	0,460	0,000	21,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.2 : ID2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,000	Testere	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Seramik kesme aleti	Kol gücü
	(TM-KO) KORUYUCU											
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,000		

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.2 (devam) : ID2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Çimento harç	Yerinde hazırlanan
												Gaz beton tutkalı	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Seramik yapıştırıcısı	Hazır
												Çimento esaslı derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	Çimento esaslı siva	Yerinde hazırlanan
	...												
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.2 (devam) : ID2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	...												
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,740				0,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.2 (devam) : ID2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,005	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,800	96,000	83,959	2,500	0,625	0,002	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	...												
TOPLAM:				1,184		311,959		1,375	0,467	0,000			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.2 (devam) : ID2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
		(M) MALZEME ADI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,348	0,000	0,000	21,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	1,080	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Çimento esaslı siva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,000		0,000		0,000	1,198	1,310	0,000	21,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.3 : ID3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s ²)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,000	Testere	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Seramik kesme aleti	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,000		

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.3 (devam) : ID3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Çimento harç	Yerinde hazırlanan
												Gaz beton tutkalı	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Seramik yapıştırıcısı	Hazır
												Çimento derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlantı malzemeli b.	Vida	x
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı esaslı derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
											Serme	x	x
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı sıva	Yerinde hazırlanan
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.3 (devam) : ID3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,870				0,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.3 (devam) : ID3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,005	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,800	96,000	83,959	2,500	0,625	0,002	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,550	El matkabı	Elektrik	0,000
			1,600	0,320	96,000	79,979	2,500	0,395	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	1,600	0,016	96,000	66,969	2,500	0,088	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
													
TOPLAM:				1,392		382,907		1,609	0,237	0,550			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.3 (devam) : ID3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
			(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,348	0,000	0,000	21,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	1,080	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,180	0,099	76,000	64,373	2,500	0,656	0,121	0,000	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,099		64,373		0,656	0,617	1,310	0,000	21,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.4 : ID4 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s ²)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,000	Testere	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	SIVA	Çimento esaslı siva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,000		

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.4 (devam) : ID4 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Çimento harç	Yerinde hazırlanan
												Gaz beton tutkalı	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlantı malzemeli b.	Vida	x
											Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı esaslı derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Serme	x	x
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı sıva	Yerinde hazırlanan
	SIVA	Çimento esaslı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	Çimento esaslı sıva	Yerinde hazırlanan
													
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.4 (devam) : ID4 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	SIVA	Çimento esaslı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,450				0,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.4 (devam) : ID4 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,005	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,550	El matkabı	Elektrik	0,000
			1,600	0,320	96,000	79,979	2,500	0,395	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	1,600	0,016	96,000	66,969	2,500	0,088	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	SIVA	Çimento esaslı sıva	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
													
TOPLAM:				0,720		374,949		1,234	0,465	0,550			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.4 (devam) : ID4 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
			(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,348	0,000	0,000	21,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,180	0,099	76,000	64,373	2,500	0,656	0,121	0,000	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
	SIVA	Çimento esaslı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,099		64,373		0,656	1,207	0,461	0,000	21,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.5 : ID5 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,000	Testere	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Maket bıçağı	Kol gücü
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	SIVA	Alçı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,000		

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.5 (devam) : ID5 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Çimento harç	Yerinde hazırlanan
												Gaz beton tutkalı	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlantı malzemeli b.	Vida	x
											Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı esaslı derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlantı malzemeli b.	Vida	x
											Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı esaslı derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Serme	x	x
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Serme	x	x
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı sıva	Yerinde hazırlanan
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Alçı sıva	Yerinde hazırlanan
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.5 (devam) : ID5 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TITREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	SIVA	Alçı sıva	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,580				0,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.5 (devam) : ID5 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s ²)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s ²)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m ³)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,230	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,128	96,000	76,000	2,500	0,250	0,005	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,550	El matkabı	Elektrik	0,000
			1,600	0,320	96,000	79,979	2,500	0,395	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,550	El matkabı	Elektrik	0,000
			1,600	0,320	96,000	79,979	2,500	0,395	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	1,600	0,016	96,000	66,969	2,500	0,088	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	SIVA	Alçı sıva	1,600	0,016	96,000	66,969	2,500	0,088	0,000	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
													
TOPLAM:				0,928		445,897		1,467	0,235	1,100			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge D.5 (devam) : ID5 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
			(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE	Gaz beton blok	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,348	0,000	0,000	21,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Su bazlı boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,180	0,099	76,000	64,373	2,500	0,656	0,121	0,000	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KA) KAPLAMA	Alçı panel (2 kat) + Hafif çelik konstrüksiyon	0,000	0,180	0,099	76,000	64,373	2,500	0,656	0,121	0,000	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Cam yünü levha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
	SIVA	Alçı sıva	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,198		128,745		1,311	0,626	0,461	0,000	21,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

EK E

T-1: Alternatifler için her bir çevresel performans ölçütü ile ilgili performans verilerinin elde edilmesi

	(ÇZ1) KAYNAKLAR			(ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ							(ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI			
	(ÇG1) FOSİL YAKIT TÜKETİMİ (lt)	(ÇG2) ELEKTRİK TÜKETİMİ (kWh)	Toplam	(ÇG3) SU TÜKETİMİ (m3)	(ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU (kg)	(ÇG4a) KAĞIT AMBALAJ ATIĞI (kg)	(ÇG4b) POLİMER AMBALAJ ATIĞI (kg)	(ÇG4c) METAL AMBALAJ ATIĞI (kg)	(ÇG4d) AHŞAP AMBALAJ ATIĞI (kg)	Toplam	(ÇG5) TOZ / UÇUCU GAZ OLUŞUMU (saat)	(ÇG6) GÜRÜLTÜ OLUŞUMU (dB)	(ÇG7) TİTREŞİM OLUŞUMU (m/s2)	Toplam
ID1	3,000	0,512	3,512	0,695	23,248	1,788	0,460	0,000	21,000	23,943	0,320	381,000	2,090	383,410
ID2	3,000	1,184	4,184	0,467	23,508	1,198	1,310	0,000	21,000	23,975	0,740	388,959	2,465	392,164
ID3	3,000	1,491	4,491	0,237	22,927	0,617	1,310	0,000	21,000	23,164	0,870	524,280	3,354	528,504
ID4	3,000	0,819	3,819	0,465	22,668	1,207	0,461	0,000	21,000	23,132	0,450	516,321	2,979	519,750
ID5	3,000	1,126	4,126	0,235	22,087	0,626	0,461	0,000	21,000	22,321	0,580	651,642	3,868	656,091

ALTERNATİFLERİN ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİNE GÖRE SIRALANMASI

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇPÖ		
	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
ID1	3,512	23,943	383,410
ID2	4,184	23,855	392,164
ID3	4,491	23,044	528,504
ID4	3,819	23,132	519,750
ID5	4,126	22,321	656,091

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
ID1	0,389	0,460	0,339
ID2	0,463	0,459	0,347
ID3	0,497	0,443	0,467
ID4	0,423	0,445	0,459
ID5	0,457	0,429	0,580

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
	0,49	0,08	0,43
ID1	0,190	0,037	0,146
ID2	0,227	0,037	0,149
ID3	0,244	0,035	0,201
ID4	0,207	0,036	0,197
ID5	0,224	0,034	0,249

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
PIC (P*)	0,244	0,037	0,249
NIC (P-)	0,190	0,034	0,146

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3	S*
d1*	0,003	0,000	0,011	0,116
d2*	0,000	0,000	0,010	0,102
d3*	0,000	0,000	0,002	0,048
d4*	0,001	0,000	0,003	0,063
d5*	0,000	0,000	0,000	0,020

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3	S-
d1-	0,000	0,000	0,000	0,002
d2-	0,001	0,000	0,000	0,037
d3-	0,003	0,000	0,003	0,077
d4-	0,000	0,000	0,003	0,054
d5-	0,001	0,000	0,011	0,109

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
ID1	0,021	5
ID2	0,265	4
ID3	0,612	2
ID4	0,462	3
ID5	0,845	1

**ALTERNATİFLERİN (ÇZ1) KAYNAKLAR ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE
GÖRE SIRALANMASI**

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇPÖ	
	ÇG1	ÇG2
ID1	3,000	0,512
ID2	3,000	1,184
ID3	3,000	1,491
ID4	3,000	0,819
ID5	3,000	1,126

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1	ÇG2
ID1	0,447	0,212
ID2	0,447	0,491
ID3	0,447	0,618
ID4	0,447	0,339
ID5	0,447	0,467

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1	ÇG2
	0,5	0,5
ID1	0,224	0,106
ID2	0,224	0,245
ID3	0,224	0,309
ID4	0,224	0,170
ID5	0,224	0,233

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG1	ÇG2
PIC (P*)	0,224	0,309
NIC (P-)	0,224	0,106

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG1	ÇG2	S*
d1*	0,000	0,041	0,203
d2*	0,000	0,004	0,064
d3*	0,000	0,000	0,000
d4*	0,000	0,019	0,139
d5*	0,000	0,006	0,076

	ÇG1	ÇG2	S-
d1-	0,000	0,000	0,000
d2-	0,000	0,019	0,139
d3-	0,000	0,041	0,203
d4-	0,000	0,004	0,064
d5-	0,000	0,016	0,127

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
ID1	0,000	5
ID2	0,686	2
ID3	1,000	1
ID4	0,314	4
ID5	0,627	3

**ALTERNATİFLERİN (ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ ÇEVRESEL ZARAR
KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI**

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇPÖ	
	ÇG3	ÇG4
ID1	0,695	23,248
ID2	0,467	23,508
ID3	0,237	22,927
ID4	0,465	22,668
ID5	0,235	22,087

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG3	ÇG4
ID1	0,685	0,454
ID2	0,460	0,459
ID3	0,233	0,448
ID4	0,458	0,443
ID5	0,231	0,431

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG3	ÇG4
	0,5	0,5
ID1	0,343	0,227
ID2	0,230	0,230
ID3	0,117	0,224
ID4	0,229	0,221
ID5	0,116	0,216

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG3	ÇG4
PIC (P*)	0,343	0,230
NIC (P-)	0,116	0,216

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG3	ÇG4	S*
d1*	0,000	0,000	0,003
d2*	0,013	0,000	0,113
d3*	0,051	0,000	0,226
d4*	0,013	0,000	0,114
d5*	0,052	0,000	0,227

	ÇG3	ÇG4	S-
d1-	0,052	0,000	0,227
d2-	0,013	0,000	0,115
d3-	0,000	0,000	0,008
d4-	0,013	0,000	0,114
d5-	0,000	0,000	0,000

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
ID1	0,989	1
ID2	0,506	2
ID3	0,035	4
ID4	0,500	3
ID5	0,000	5

ALTERNATİFLERİN (ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU ÇEVRESEL GÖSTERGESİNE GÖRE SIRALANMASI**T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi**

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	ÇPÖ			
	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
ID1	1,788	0,460	0,000	21,000
ID2	1,198	1,310	0,000	21,000
ID3	0,617	1,310	0,000	21,000
ID4	1,207	0,461	0,000	21,000
ID5	0,626	0,461	0,000	21,000

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
ID1	0,683	0,228	0,000	0,447
ID2	0,457	0,649	0,000	0,447
ID3	0,236	0,649	0,000	0,447
ID4	0,461	0,228	0,000	0,447
ID5	0,239	0,228	0,000	0,447

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
	0,7	0,23	0,59	0,11
ID1	0,478	0,052	0,000	0,049
ID2	0,320	0,149	0,000	0,049
ID3	0,165	0,149	0,000	0,049
ID4	0,323	0,053	0,000	0,049
ID5	0,167	0,053	0,000	0,049

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
PIC (P*)	0,478	0,149	0,000	0,049
NIC (P-)	0,165	0,052	0,000	0,049

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d	S*
d1*	0,000	0,009	0,000	0,000	0,097
d2*	0,025	0,000	0,000	0,000	0,158
d3*	0,098	0,000	0,000	0,000	0,313
d4*	0,024	0,009	0,000	0,000	0,183
d5*	0,096	0,009	0,000	0,000	0,325

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d	S-
d1-	0,098	0,000	0,000	0,000	0,313
d2-	0,024	0,009	0,000	0,000	0,183
d3-	0,000	0,009	0,000	0,000	0,097
d4-	0,025	0,000	0,000	0,000	0,158
d5-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
ID1	0,763	1
ID2	0,537	2
ID3	0,237	4
ID4	0,463	3
ID5	0,007	5

ALTERNATİFLERİN (ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SİRALANMASI

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	ÇPÖ		
	ÇG5	ÇG6	ÇG7
ID1	0,320	381,000	2,090
ID2	0,740	388,959	2,465
ID3	0,870	524,280	3,354
ID4	0,450	516,321	2,979
ID5	0,580	651,642	3,868

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
ID1	0,229	0,339	0,310
ID2	0,530	0,346	0,365
ID3	0,624	0,467	0,497
ID4	0,323	0,460	0,441
ID5	0,416	0,580	0,573

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
	0,61	0,3	0,09
ID1	0,140	0,102	0,028
ID2	0,324	0,104	0,033
ID3	0,380	0,140	0,045
ID4	0,197	0,138	0,040
ID5	0,254	0,174	0,052

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
PIC (P*)	0,380	0,174	0,052
NIC (P-)	0,140	0,102	0,028

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7	S*
d1*	0,058	0,005	0,001	0,252
d2*	0,003	0,005	0,000	0,092
d3*	0,000	0,001	0,000	0,035
d4*	0,034	0,001	0,000	0,188
d5*	0,016	0,000	0,000	0,127

	ÇG5	ÇG6	ÇG7	S-
d1-	0,000	0,000	0,000	0,000
d2-	0,034	0,000	0,000	0,184
d3-	0,058	0,001	0,000	0,244
d4-	0,003	0,001	0,000	0,068
d5-	0,013	0,005	0,001	0,137

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
ID1	0,000	5
ID2	0,666	2
ID3	0,876	1
ID4	0,267	4
ID5	0,519	3

EK F

ÇEVRESEL PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-1: Karar verici tarafından sözel ölçek kullanılarak ikili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
ÇZ1	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/6, 1/5, 1/4)
ÇZ2	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇZ3	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
ÇZ1	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25
ÇZ2	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇZ3	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇZ1	0,30	0,34	0,40
ÇZ2	1,59	1,71	1,82
ÇZ3	1,59	1,71	1,82

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

3,48	3,76	4,03
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,29	0,27	0,25
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,25	0,27	0,29
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇZ1	0,08	0,09	0,12
ÇZ2	0,40	0,46	0,53
ÇZ3	0,40	0,46	0,53

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇZ1	0,09
ÇZ2	0,46
ÇZ3	0,46

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile görelî önceliklerin belirlenmesi

ÇZ1	0,09	0,09	% 10
ÇZ2	0,46	0,45	% 45
ÇZ3	0,46	0,45	% 45
	1,02		

(ÇZ1) KAYNAKLAR ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİ ÇEVRESEL GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG1	ÇG2
ÇG1	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)
ÇG2	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG1			ÇG2		
ÇG1	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50
ÇG2	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG1	0,50	0,58	0,71
ÇG2	1,41	1,73	2,00

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

1,91	2,31	2,71
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,52	0,43	0,37
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,37	0,43	0,52
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG1	0,19	0,25	0,37
ÇG2	0,52	0,74	1,04

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG1	0,27
ÇG2	0,77

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile görelî önceliklerin belirlenmesi

ÇG1	0,27	0,26	% 26
ÇG2	0,77	0,74	% 74
	1,04		

(ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİ ÇEVRESEL GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG3	ÇG4
ÇG3	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇG4	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG3			ÇG4		
ÇG3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇG4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG3	1,00	1,00	1,00
ÇG4	1,00	1,00	1,00

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

2,00	2,00	2,00
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,50	0,50	0,50
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,50	0,50	0,50
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG3	0,50	0,50	0,50
ÇG4	0,50	0,50	0,50

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG3	0,50
ÇG4	0,50

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile göreceli önceliklerin belirlenmesi

ÇG3	0,50	0,50	% 50
ÇG4	0,50	0,50	% 50
	1,00		

(ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU ÇEVRESEL GÖSTERGESİ ALT GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
ÇG4a	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/4, 1/3, 1/2)
ÇG4b	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/4, 1/3, 1/2)
ÇG4c	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
ÇG4d	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
ÇG4a	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50
ÇG4b	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50
ÇG4c	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
ÇG4d	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG4a	0,35	0,44	0,59
ÇG4b	0,59	0,76	1,00
ÇG4c	1,68	2,28	2,83
ÇG4d	1,00	1,32	1,68

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

3,63	4,79	6,10
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,28	0,21	0,16
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,16	0,21	0,28
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG4a	0,06	0,09	0,17
ÇG4b	0,10	0,16	0,28
ÇG4c	0,27	0,48	0,79
ÇG4d	0,16	0,28	0,47

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG4a	0,11
ÇG4b	0,18
ÇG4c	0,51
ÇG4d	0,30

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile göreceli önceliklerin belirlenmesi

ÇG4a	0,11	0,10	% 10
ÇG4b	0,18	0,16	% 16
ÇG4c	0,51	0,47	% 47
ÇG4d	0,30	0,28	% 28
	1,10		

(ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİ ÇEVRESEL GÖSTERGELERİNİN GÖRELİ ÖNCELİKLERİNİN HESAPLANMASI

BA-2: İkili karşılaştırma değerlerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
ÇG5	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)
ÇG6	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ÇG7	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
ÇG5	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
ÇG6	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇG7	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BA-3: Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması ile tek bir karşılaştırma matrisi elde edilmesi

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BA-4: Karşılaştırma matrisindeki bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanması

ÇG5	1,59	2,08	2,52
ÇG6	0,63	0,69	0,79
ÇG7	0,63	0,69	0,79

BA-5: Her bir ölçütün bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Vektörel toplamların hesaplanması

2,85	3,47	4,11
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin hesaplanması

0,35	0,29	0,24
------	------	------

Vektörel toplamların tersinin artan sırada sıralanması

0,24	0,29	0,35
------	------	------

Bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamalarının vektörel toplamların artan sırada sıralanan tersleri ile çarpılması

ÇG5	0,38	0,60	0,88
ÇG6	0,15	0,20	0,28
ÇG7	0,15	0,20	0,28

BA-6: Üçgen bulanık sayı halinde elde edilen bulanık ağırlıkların durulaştırılması

ÇG5	0,62
ÇG6	0,21
ÇG7	0,21

BA-7: Durulaştırılan bulanık ağırlıkların normalize edilmesi ile görelî önceliklerin belirlenmesi

ÇG5	0,62	0,60	% 60
ÇG6	0,21	0,20	% 20
ÇG7	0,21	0,20	% 20
	1,04		

**ALTERNATİFLERİN ÇEVRESEL PERFORMANS
ÖLÇÜTLERİNE GÖRE SIRALANMASI**

BT-1: Değerlendirmede kullanılacak ölçütlerin belirlenmesi

Model kapsamında tanımlanan çevresel performans ölçütleri değerlendirme ölçütü olarak kullanılmaktadır.

BT-2: Her bir ölçütün önem ağırlıklarının karar vericiler tarafından belirlenmesi

BAHP yöntemi kullanılarak çevresel performans ölçütlerinin göreceli öncelikleri belirlenmiştir.

BT-3: Değerlendirmede kullanılacak sözel ifadeler ve üçgen bulanık sayı karşılıklarının belirlenmesi

Sözel Ölçek		Üçgen Bulanık Sayılar
ADE	Az derecede etkili	(1, 1, 1)
ODE	Orta derecede etkili	(2, 3, 4)
KDE	Kuvvetli derecede etkili	(4, 5, 6)
ÇKDE	Çok kuvvetli derecede etkili	(6, 7, 8)
MDE	Mutlak derecede etkili	(9, 9, 9)

BT-4: Karar verici tarafından alternatiflerin değerlendirilmesi

Çevresel Performans Ölçütleri		Alternatifler		
		DS1	DS2	DS3
ÇZ1	Kaynaklar	KDE	ÇKDE	ÇKDE
ÇZ2	Ekosistem Kalitesi	ÇKDE	ODE	ÇKDE
ÇZ3	İnsan Sağlığı	KDE	ODE	KDE
ÇG1	Fosil Yakıt Tüketimi	ODE	KDE	KDE
ÇG2	Elektrik Tüketimi	KDE	KDE	KDE
ÇG3	Su Tüketimi	KDE	ODE	KDE
ÇG4	Katı Atık Oluşumu	ODE	KDE	ODE
ÇG4a	Kağıt Ambalaj Atığı Oluşumu	ODE	KDE	KDE
ÇG4b	Polimer Ambalaj Atığı Oluşumu	ODE	KDE	ODE
ÇG4c	Metal Ambalaj Atığı Oluşumu	ODE	ODE	ODE
ÇG4d	Ahşap Ambalaj Atığı Oluşumu	ODE	ODE	KDE
ÇG5	Toz / Uçucu Gaz Oluşumu	ODE	ODE	KDE
ÇG6	Gürültü Oluşumu	ODE	ODE	ODE
ÇG7	Titreşim Oluşumu	ODE	ÇKDE	ÇKDE

ALTERNATİFLERİN ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler		
ÇPÖ	DS1	DS2	DS3
ÇZ1	(4, 5, 6)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)
ÇZ2	(6, 7, 8)	(2, 3, 4)	(6, 7, 8)
ÇZ3	(4, 5, 6)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
DS1	4	5	6	6	7	8	4	5	6
DS2	6	7	8	2	3	4	2	3	4
DS3	6	7	8	6	7	8	4	5	6

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
DS1	0,67	0,83	1,00	0,75	0,88	1,00	0,67	0,83	1,00
DS2	0,75	0,88	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
DS3	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88	1,00	0,67	0,83	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1			ÇZ2			ÇZ3		
	0,1	0,1	0,1	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
DS1	0,07	0,08	0,10	0,34	0,39	0,45	0,30	0,38	0,45
DS2	0,08	0,09	0,10	0,23	0,34	0,45	0,23	0,34	0,45
DS3	0,08	0,09	0,10	0,34	0,39	0,45	0,30	0,38	0,45

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
BPIC (P*)	0,10	0,45	0,45
BNIC (P-)	0,07	0,23	0,23

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
d1*	0,0215	0,0726	0,0968
d2*	0,0161	0,1452	0,1452
d3*	0,0161	0,0726	0,0968

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
d1-	0,0215	0,1749	0,1620
d2-	0,0232	0,1452	0,1452
d3-	0,0232	0,1749	0,1620

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
DS1	0,1910	0,3584	0,5494	0,65	2
DS2	0,3066	0,3137	0,6203	0,51	3
DS3	0,1856	0,3601	0,5457	0,66	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ1) KAYNAKLAR ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI**BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi**

	Alternatifler		
ÇPÖ	DS1	DS2	DS3
ÇG1	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)
ÇG2	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG1			ÇG2		
DS1	2	3	4	4	5	6
DS2	4	5	6	4	5	6
DS3	4	5	6	4	5	6

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1			ÇG2		
DS1	0,50	0,75	1,00	0,67	0,83	1,00
DS2	0,67	0,83	1,00	0,67	0,83	1,00
DS3	0,67	0,83	1,00	0,67	0,83	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1			ÇG2		
	0,26	0,26	0,26	0,74	0,74	0,74
DS1	0,13	0,20	0,26	0,49	0,62	0,74
DS2	0,17	0,22	0,26	0,49	0,62	0,74
DS3	0,17	0,22	0,26	0,49	0,62	0,74

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG1	ÇG2
BPIC (P*)	0,26	0,74
BNIC (P-)	0,13	0,49

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG1	ÇG2		ÇG1	ÇG2
d1*	0,0839	0,1592	d1-	0,0839	0,1592
d2*	0,0559	0,1592	d2-	0,0936	0,1592
d3*	0,0559	0,1592	d3-	0,0936	0,1592

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
DS1	0,2431	0,2431	0,4863	0,50	2
DS2	0,2152	0,2528	0,4680	0,54	1
DS3	0,2152	0,2528	0,4680	0,54	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler		
ÇPÖ	DS1	DS2	DS3
ÇG1	(4, 5, 6)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
ÇG2	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(2, 3, 4)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG1			ÇG2		
DS1	4	5	6	2	3	4
DS2	2	3	4	4	5	6
DS3	4	5	6	2	3	4

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1			ÇG2		
DS1	0,67	0,83	1,00	0,50	0,75	1,00
DS2	0,50	0,75	1,00	0,67	0,83	1,00
DS3	0,67	0,83	1,00	0,50	0,75	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1			ÇG2		
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
DS1	0,33	0,42	0,50	0,25	0,38	0,50
DS2	0,25	0,38	0,50	0,33	0,42	0,50
DS3	0,33	0,42	0,50	0,25	0,38	0,50

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG1	ÇG2
BPIC (P*)	0,50	0,50
BNIC (P-)	0,25	0,25

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG1	ÇG2		ÇG1	ÇG2
d1*	0,1076	0,1614	d1-	0,1800	0,1614
d2*	0,1614	0,1076	d2-	0,1614	0,1800
d3*	0,1076	0,1614	d3-	0,1800	0,1614

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
DS1	0,2690	0,3414	0,6104	0,56	1
DS2	0,2690	0,3414	0,6104	0,56	1
DS3	0,2690	0,3414	0,6104	0,56	1

ALTERNATİFLERİN (ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU ÇEVRESEL GÖSTERGESİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler		
ÇPÖ	DS1	DS2	DS3
ÇG4a	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)
ÇG4b	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(2, 3, 4)
ÇG4c	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)
ÇG4d	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
DS1	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
DS2	4	5	6	4	5	6	2	3	4	2	3	4
DS3	4	5	6	2	3	4	2	3	4	4	5	6

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
DS1	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
DS2	0,67	0,83	1,00	0,67	0,83	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
DS3	0,67	0,83	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,67	0,83	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a			ÇG4b			ÇG4c			ÇG4d		
	0,1	0,1	0,1	0,16	0,16	0,16	0,47	0,47	0,47	0,28	0,28	0,28
DS1	0,05	0,08	0,10	0,08	0,12	0,16	0,24	0,35	0,47	0,14	0,21	0,28
DS2	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16	0,24	0,35	0,47	0,14	0,21	0,28
DS3	0,07	0,08	0,10	0,08	0,12	0,16	0,24	0,35	0,47	0,19	0,23	0,28

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4	ÇG4d
BPIC (P*)	0,10	0,16	0,47	0,28
BNIC (P-)	0,05	0,08	0,24	0,14

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4	ÇG4d
d1*	0,0323	0,0516	0,1517	0,0904
d2*	0,0215	0,0344	0,1517	0,0904
d3*	0,0215	0,0516	0,1517	0,0602

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4	ÇG4d
d1-	0,0323	0,0516	0,1517	0,0904
d2-	0,0360	0,0576	0,1517	0,0904
d3-	0,0360	0,0516	0,1517	0,1008

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
DS1	0,3260	0,3260	0,6520	0,50	3
DS2	0,2980	0,3357	0,6337	0,53	2
DS3	0,2851	0,3401	0,6252	0,54	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI

BT-4: Karar vericinin sözel değerlendirme ifadelerinin bulanık üçgen sayılara dönüştürülmesi

	Alternatifler		
ÇPÖ	DS1	DS2	DS3
ÇG5	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
ÇG6	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)
ÇG7	(2, 3, 4)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)

BT-5: Karar vericilerin sözel değerlendirmelerinin karşılığı olan bulanık üçgen sayıların toplam ağırlığının hesaplanması

Bu uygulamada tek bir karar verici yer aldığı için bu adım uygulanmamıştır.

BT-6: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Not: Hesaplama kolaylığı için her bir bulanık sayı ayrı kolonlarda yer alacak şekilde karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
DS1	2	3	4	2	3	4	2	3	4
DS2	2	3	4	2	3	4	6	7	8
DS3	4	5	6	2	3	4	6	7	8

BT-7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
DS1	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
DS2	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	0,88	1,00
DS3	0,67	0,83	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	0,88	1,00

BT-8: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5			ÇG6			ÇG7		
	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
DS1	0,30	0,45	0,60	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
DS2	0,30	0,45	0,60	0,10	0,15	0,20	0,15	0,18	0,20
DS3	0,40	0,50	0,60	0,10	0,15	0,20	0,15	0,18	0,20

BT-9: BPIC ve BNIC değerlerinin hesaplanması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
BPIC (P*)	0,60	0,20	0,20
BNIC (P-)	0,30	0,10	0,10

BT-10: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan uzaklıklarının (d*) hesaplanması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7		ÇG5	ÇG6	ÇG7
d1*	0,1936	0,0645	0,0645	d1-	0,1936	0,0645	0,0645
d2*	0,1936	0,0645	0,0323	d2-	0,1936	0,0645	0,0777
d3*	0,1291	0,0645	0,0323	d3-	0,2160	0,0645	0,0777

BT-11: Alternatiflerin BPIC ve BNIC değerlerine olan yakınlık katsayısı değerlerinin hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

	d*	d-	d*+d-	d-/d-+d*	SIRA
DS1	0,3227	0,3227	0,6455	0,50	3
DS2	0,2905	0,3359	0,6264	0,54	2
DS3	0,2259	0,3583	0,5842	0,61	1

EK H

Çizelge H.1 : DS1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s ²)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE											
	(TM-KA) KAPLAMA	Suni prekast karo	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,002	Daire testere	Elektrik
	(TM-KO) KORUYUCU											
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çimento esaslı şap	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0	x	x
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,002		

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.1 (devam) : DS1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Suni prekast karo	0	0,000	1,800	0,004	96,000	59,979	3,000	0,047	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Çimento harç	Yerinde hazırlanan
												Çimento derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
	(TM-KO) KORUYUCU												
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çimento esaslı şap	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Çimento esaslı harç	Yerinde hazırlanan
													
TOPLAM:				0,000		0,004		59,979		0,047			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.1 (devam) : DS1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Suni prekast karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çimento esaslı şap	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,700				0,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.1 (devam) : DS1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Suni prekast karo	1,600	0,160	96,000	76,969	2,500	0,280	0,000	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,800	96,000	83,959	2,500	0,625	0,002	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çimento esaslı şap	1,600	0,160	96,000	76,969	2,500	0,280	0,000	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
													
TOPLAM:				1,120		237,897		1,184	0,002	0,000			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.1 (devam) : DS1 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
		(M) MALZEME ADI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Suni prekast karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,168	0,000	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çimento esaslı şap	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,000		0,000		0,000	0,211	0,000	0,000	0,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.2 : DS2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s ²)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE											
	(TM-KA) KAPLAMA	Linolyum kaplı panel	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Tozumaz epoksi boya	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	(TM-KO) KORUYUCU											
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	İKİNCİL KONSTRÜKSİYON	Panel taşıyıcı ayak	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
												
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000		0,000		

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı arttırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇGS) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.2 (devam) : DS2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Linolyum kaplı panel	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Ek malzemesiz b.	x	x
	(TM-KA) KAPLAMA	Tozumaz epoksi boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	x	x
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	İKİNCİL KONSTRÜKSİYON	Panel taşıyıcı ayak	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlantı malzemeli b.	Vida	x
													
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.2 (devam) : DS2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Linolyum kaplı panel	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Tozumaz epoksi boya	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	İKİNCİL KONSTRÜKSİYON	Panel taşıyıcı ayak	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				0,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.2 (devam) : DS2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Linolyum kaplı panel	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Tozumaz epoksi boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	İKİNCİL KONSTRÜKSİYON	Panel taşıyıcı ayak	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	El matkabı	Elektrik	0,000
													
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000	0,000	0,017			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.2 (devam) : DS2 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
		(M) MALZEME ADI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Linolyum kaplı panel	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,120	0,000	0,000	0,000
	(TM-KA) KAPLAMA	Tozumaz epoksi boya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU												
(VM) YARDIMCI MALZEMELER*	İKİNCİL KONSTRÜKSİYON	Panel taşıyıcı ayak	0,000	0,180	0,003	76,000	49,274	2,500	0,115	0,240	0,000	0,000	0,000
													
TOPLAM:			0,000		0,003		49,274		0,115	0,360	0,230	0,000	0,000

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.3 : DS3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-2		7a-3		7a-4	7a-5	7a-6	7a-7	7a-8	
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s ²)	(YT-B) BİÇİMLENDİRME TEKNİĞİ	(B) BİÇİMLENDİRME SÜRESİ (saat)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE											
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	Kesme	0,000	Seramik kesme aleti	Kol gücü
	(TM-KO) KORUYUCU	Çimento-akrilik su yalıtımı	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çelik hasırlı şap	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	x	0,000	x	x
	DOLGU	Gaz beton blok dolgu	Forklift	Mazot	3,000	0,000	77,000	1,090	Kesme	0,000	Testere	Kol gücü
												
TOPLAM:					3,000	0,000	77,000	1,090		0,000		

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmalıdır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇGS) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.3 (devam) : DS3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-9	7a-10	7a-9	7a-10	7a-11	7a-12	7a-13	7a-14	7a-15		
		(M) MALZEME ADI	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(BA) BİÇİMLENDİRME ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(YT-U) UYGULAMA TEKNİĞİ	(BM) BİRLEŞİM MALZEMESİ	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEMENİN TÜRÜ
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli birleştirme	Seramik yapıştırıcısı	Hazır
	(TM-KO) KORUYUCU	Çimento-akrilik su yalıtımı	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sürme	Çimento esaslı derz dolgusu	Yerinde hazırlanan
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çelik hasırlı şap	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bağlayıcı malzemeli b.	Çimento esaslı harç	Yerinde hazırlanan
	DOLGU	Gaz beton blok dolgu	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Serme	Ek malzemesiz b.	x
													
TOPLAM:				0,000		0,000		0,000		0,000			

ACIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.3 (devam) : DS3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-16		7a-17		7a-18	7a-19	7a-20	7a-21		7a-22	7a-23
		(M) MALZEME ADI	(TA) TAŞIMA ARACI	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜRÜ	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(TA) TAŞIMA ARACI ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(TA) TAŞIMA ARACI GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(TA) TAŞIMA ARACI TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(H) HAZIRLAMA SÜRESİ (saat)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
			El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Çimento-akrilik su yalıtımı	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çelik hasırlı şap	El arabası	Kol gücü	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	Karıştırıcı matkap	Elektrik	0,000	0,000
	DOLGU	Gaz beton blok dolgu	x	x	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	x	0,000	0,000
													
TOPLAM:					0,000	0,000	0,000	0,000	0,600				0,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.3 (devam) : DS3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-22	7a-23	7a-24	7a-25	7a-26	7a-27	7a-28	7a-29	7a-30		7a-31
		(M) MALZEME ADI	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (kWh)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ (dB)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ (m/s2)	(HA) HAZIRLAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ (m/s2)	(BM-BY) BAĞLAYICI MALZEME SU MİKTARI (m3)	(U) UYGULAMA SÜRESİ** (saat)	(UA) UYGULAMA ALETİ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜRÜ	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI (lt)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
			1,600	0,800	96,000	83,959	2,500	0,625	0,002	0,000	Mala	Kol gücü	0,000
	(TM-KO) KORUYUCU	Çimento-akrilik su yalıtımı	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Fırça	Kol gücü	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çelik hasırlı şap	1,600	0,160	96,000	76,969	2,500	0,280	0,000	0,000	Mala - Tokmak	Kol gücü	0,000
	DOLGU	Gaz beton blok dolgu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	x	Kol gücü	0,000
													
TOPLAM:				0,960		160,928		0,905	0,002	0,000			

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

Çizelge H.3 (devam) : DS3 alternatifi için yapım teknolojisi bileşenlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi.

		7a-1	7a-32	7a-31	7a-32	7a-33	7a-34	7a-35	7a-36	7a-37			
		(M) MALZEME ADI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ ENERJİ TÜKETİM MİKTARI	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ GÜRÜLTÜ MARUZİYET DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM DÜZEYİ	(UA) UYGULAMA ALETİ TİTREŞİM MARUZİYET DÜZEYİ	(M) MALZEME AMBALAJLARININ MİKTARI			
			(M) KAĞIT MALZEME AMBALAJI	(M) POLİMER MALZEME AMBALAJI	(M) METAL MALZEME AMBALAJI	(M) AHŞAP MALZEME AMBALAJI							
			(lt)	(kWh)	(kWh)	(dB)	(dB)	(m/s2)	(m/s2)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
(TM) TEMEL MALZEMELER*	(TM-GÖ) GÖVDE												
	(TM-KA) KAPLAMA	Seramik karo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	1,080	0,000	0,000
			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
	(TM-KO) KORUYUCU	Çimento-akrilik su yalıtımı	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000
(YM) YARDIMCI MALZEMELER*	ŞAP	Çelik hasırlı şap	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000
	DOLGU	Gaz beton blok dolgu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	21,000
													
TOPLAM:			0,000		0,000		0,000		0,000	0,173	1,310	0,000	21,000

AÇIKLAMALAR:

* Malzeme sayısına göre satır sayısı artırılmıştır.

** Bu verinin toplam değeri, tanecikli / toz oluşumuna sebep olabilecek malzemeler için (ÇG5) Toz / Uçucu Gaz Oluşumu göstergesi alanına girilmelidir.

EK I

T-1: Alternatifler için her bir çevresel performans ölçütü ile ilgili performans verilerinin elde edilmesi

	(ÇZ1) KAYNAKLAR			(ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ							(ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI			
	(ÇG1) FOSİL YAKIT TÜKETİMİ (lt)	(ÇG2) ELEKTRİK TÜKETİMİ (kWh)	Toplam	(ÇG3) SU TÜKETİMİ (m3)	(ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU (kg)	(ÇG4a) KAĞIT AMBALAJ ATIĞI (kg)	(ÇG4b) POLİMER AMBALAJ ATIĞI (kg)	(ÇG4c) METAL AMBALAJ ATIĞI (kg)	(ÇG4d) AHŞAP AMBALAJ ATIĞI (kg)	Toplam	(ÇG5) TOZ / UÇUCU GAZ OLUŞUMU (saat)	(ÇG6) GÜRÜLTÜ OLUŞUMU (dB)	(ÇG7) TİTREŞİM OLUŞUMU (m/s2)	Toplam
DS1	3,000	1,124	4,124	0,002	0,211	0,211	0,000	0,000	0,000	0,213	0,702	374,876	2,321	377,900
DS2	0,000	0,003	0,003	0,000	0,590	0,360	0,230	0,000	0,000	0,590	0,000	49,274	0,115	49,389
DS3	3,000	0,960	3,960	0,002	22,483	0,173	1,310	0,000	21,000	22,485	0,600	237,928	1,995	240,522

ALTERNATİFLERİN ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİLERİNE GÖRE SIRALANMASI**T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi**

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	ÇPÖ		
	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
DS1	4,124	0,213	377,900
DS2	0,003	0,590	49,389
DS3	3,960	22,485	240,522

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
DS1	0,721	0,009	0,839
DS2	0,001	0,026	0,110
DS3	0,693	1,000	0,534

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
	0,1	0,45	0,45
DS1	0,072	0,004	0,377
DS2	0,000	0,012	0,049
DS3	0,069	0,450	0,240

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3
PIC (P*)	0,072	0,450	0,377
NIC (P-)	0,000	0,004	0,049

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3	S*
d1*	0,000	0,199	0,000	0,446
d2*	0,005	0,192	0,108	0,552
d3*	0,000	0,000	0,019	0,137

	ÇZ1	ÇZ2	ÇZ3	S-
d1-	0,005	0,000	0,108	0,336
d2-	0,000	0,000	0,000	0,008
d3-	0,005	0,199	0,036	0,490

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
DS1	0,430	2
DS2	0,013	3
DS3	0,781	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ1) KAYNAKLAR ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	ÇPÖ	
	ÇG1	ÇG2
DS1	3,000	1,124
DS2	0,000	0,003
DS3	3,000	0,960

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1	ÇG2
DS1	0,707	0,760
DS2	0,000	0,002
DS3	0,707	0,650

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG1	ÇG2
	0,26	0,74
DS1	0,184	0,563
DS2	0,000	0,002
DS3	0,184	0,481

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG1	ÇG2
PIC (P*)	0,184	0,563
NIC (P-)	0,000	0,002

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG1	ÇG2	S*
d1*	0,000	0,000	0,000
d2*	0,034	0,315	0,590
d3*	0,000	0,007	0,082

	ÇG1	ÇG2	S-
d1-	0,034	0,315	0,590
d2-	0,000	0,000	0,000
d3-	0,034	0,230	0,513

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
DS1	1,000	1
DS2	0,000	3
DS3	0,862	2

**ALTERNATİFLERİN (ÇZ2) EKOSİSTEM KALİTESİ ÇEVRESEL ZARAR
KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI**

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	ÇPÖ	
	ÇG3	ÇG4
DS1	0,002	0,211
DS2	0,000	0,590
DS3	0,002	22,483

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG3	ÇG4
DS1	0,709	0,009
DS2	0,000	0,026
DS3	0,705	1,000

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG3	ÇG4
	0,5	0,5
DS1	0,354	0,005
DS2	0,000	0,013
DS3	0,353	0,500

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG3	ÇG4
PIC (P*)	0,354	0,500
NIC (P-)	0,000	0,005

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG3	ÇG4	S*
d1*	0,000	0,245	0,495
d2*	0,126	0,237	0,602
d3*	0,000	0,000	0,002

	ÇG3	ÇG4	S-
d1-	0,126	0,000	0,354
d2-	0,000	0,000	0,008
d3-	0,124	0,245	0,608

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
DS1	0,417	2
DS2	0,014	3
DS3	0,997	1

ALTERNATİFLERİN (ÇG4) KATI ATIK OLUŞUMU ÇEVRESEL GÖSTERGESİNE GÖRE SIRALANMASI**T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi**

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	Çevresel Performans Ölçütleri			
	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
DS1	0,211	0,000	0,000	0,000
DS2	0,360	0,230	0,000	0,000
DS3	0,173	1,310	0,000	21,000

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
DS1	0,467	0,000	0,000	0,000
DS2	0,797	0,173	0,000	0,000
DS3	0,383	0,985	0,000	1,000

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
	0,1	0,16	0,47	0,28
DS1	0,047	0,000	0,000	0,000
DS2	0,080	0,028	0,000	0,000
DS3	0,038	0,158	0,000	0,280

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d
PIC (P*)	0,080	0,158	0,000	0,280
NIC (P-)	0,038	0,000	0,000	0,000

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d	S*
d1*	0,001	0,025	0,000	0,078	0,323
d2*	0,000	0,017	0,000	0,078	0,309
d3*	0,002	0,000	0,000	0,000	0,041

	ÇG4a	ÇG4b	ÇG4c	ÇG4d	S-
d1-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
d2-	0,002	0,001	0,000	0,000	0,050
d3-	0,000	0,025	0,000	0,078	0,321

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
DS1	0,025	3
DS2	0,139	2
DS3	0,886	1

ALTERNATİFLERİN (ÇZ3) İNSAN SAĞLIĞI ÇEVRESEL ZARAR KATEGORİSİNE GÖRE SIRALANMASI

T-2: Her bir çevresel performans ölçütünün önem ağırlıklarının belirlenmesi

BAHP Yöntemi ile elde edilen göreceli önem değerleri kullanılmıştır.

T-3: Karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Alternatif	Çevresel Performans Ölçütleri		
	ÇG5	ÇG6	ÇG7
DS1	0,702	374,876	2,321
DS2	0,000	49,274	0,115
DS3	0,600	237,928	1,995

T-4: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
DS1	0,760	0,839	0,758
DS2	0,000	0,110	0,038
DS3	0,650	0,533	0,651

T-5: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
	0,6	0,2	0,2
DS1	0,456	0,168	0,152
DS2	0,000	0,022	0,008
DS3	0,390	0,107	0,130

T-6: PIC ve NIC değerlerinin belirlenmesi

	ÇG5	ÇG6	ÇG7
PIC (P*)	0,456	0,168	0,152
NIC (P-)	0,000	0,022	0,008

T-7 Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan uzaklıklarının (S*) hesaplanması

	ÇG5	ÇG6	ÇG7	S*
d1*	0,000	0,000	0,000	0,000
d2*	0,208	0,021	0,021	0,500
d3*	0,004	0,004	0,000	0,093

	ÇG5	ÇG6	ÇG7	S-
d1-	0,208	0,021	0,021	0,500
d2-	0,000	0,000	0,000	0,000
d3-	0,152	0,007	0,015	0,417

T-8: Alternatiflerin PIC ve NIC değerlerine olan göreceli yakınlık değerlerinin (C*) hesaplanması ve sıralamanın elde edilmesi

Alternatif	C*	SIRA
DS1	1,000	1
DS2	0,000	3
DS3	0,818	2

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Buket Metin
Doğum Tarihi ve Yeri : 25.06.1984 / Ankara
E-posta : metinbuket@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans: 2008, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans: 2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MESLEKİ DENEYİM:

2012 – 2017: Araştırma Görevlisi
İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,
Mimarlıkta Yapı ve Yapım Teknolojileri Çalışma Grubu

2016 : Misafir Araştırmacı (Şubat-Ağustos 2016)
Delft Teknik Üniversitesi (TU Delft, Hollanda), Mimarlık ve Yapılı
Çevre Fakültesi, Mimari Mühendislik ve Teknoloji Bölümü,
Yapı Tasarımı Kürsüsü, Cephe Araştırma Grubu

2011 – 2012: Araştırma Görevlisi
Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,
Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı

2009 – 2010: Mimar
İstanbul Teknik Üniversitesi, Döner Sermaye İşletmesi Çalışmaları

2007 – 2008: Mimar
Erk Mimarlık, İstanbul

ARAŞTIRMA PROJELERİ:

2016 – : AB Erasmus+ Programı Destekli Araştırma Projesinde Araştırmacı
“Re-use of Modernist Buildings – Design Tools for Sustainable
Transformations” (Proje No: 2016-1-DE01-KA203-002900)

2010 – 2011: TÜBİTAK Destekli Araştırma Projesinde Bursiyer Araştırmacı
“İstanbul’daki Mevcut Konut Stokunun Bina Elemanları Ölçeğinde
Kullanım Süresi Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirliğinin
Değerlendirilmesi ve İyileştirme Önerileri Geliştirilmesi”
(Proje No: 108K418)

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR:

Ulusal Makale:

- **Metin, B.**, 2016. Bina Yapım Sürecinin Çevresel Performans İlkeleriyle Planlanması, *Tasarım + Kuram*, 12(22), 34-54.
(Tarandığı indeks: TÜBİTAK ULAKBİM Ulusal Hakemli Dergi Veri Tabanı)

Uluslararası Bildiriler ve Sunumlar:

- **Metin, B.**, 2016. Environmental Decision Making Model for Assessing On-site Performances of Building Subcontractors. *ICSAUDE 2016: 18th International Conference on Sustainable Architecture and Urban Design Engineering*, (18)12, 2745-2750, Istanbul, Turkey, December 19-20.
- **Metin, B.**, Tavil, A., 2016. Environmental Performance Assessment of the Building Construction Process During Architectural Detailing. *Eco-Architecture 2016 Conference*, 261-271, Alicante, Spain, July 13-15.
- **Metin, B.**, Tavil, A., 2014. The Relationship between Construction Technologies and Environmental Impacts. *40th IAHS World Congress on Housing*, Funchal, Portugal, December 16-19, (Flash Disk).

Ulusal Bildiri ve Sunum:

- **Metin, B.**, Tavil, A., 2016. Bina Yapım Sürecinin Çevresel Performansının Değerlendirilmesi için Yapım Teknolojileri Tabanlı Bir Model Önerisi. *4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, 1156-1169, Eskişehir, Türkiye, 3-5 Kasım, (Flash Disk).

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR:

Uluslararası Makaleler:

- **Metin, B.**, Tavil, A., 2014. Environmental Assessment of External Wall Cladding Construction, *Architectural Science Review*, 4(57), 215-226.
doi: 10.1080/00038628.2013.862610
(Tarandığı indeksler: AHCI, Avery Index to Architectural Periodicals, ICONDA, Scopus)
(2014 yılı TÜBİTAK puanı: 100)
- **Metin, B.**, Tavil, A., 2012. A Database Model for Environmental Impact Assessment of External Wall Construction Techniques. *American Transactions on Engineering & Applied Sciences*, 1(4), 351-363.
(Tarandığı indeks: Uluslararası Hakemli Dergi)

Uluslararası Bildiriler ve Sunumlar:

- **Metin, B.**, Tavil, A., 2014. Environmental Assessment of Cladding Construction: A Case Study of Residential Buildings. *3rd International Environment and Design Congress*, 107-118, Istanbul, Turkey, December 11-12.

- **Metin, B.**, Tavit, A., 2012. Environmental Impact Assessment of External Wall Construction Techniques. *ICWSAUD 2012-2nd International Conference-Workshop on Sustainable Architecture and Urban Design*, Penang, Malaysia, March 3-5, (Flash Disk).
- **Metin, B.**, Tavit, A., 2010. Bina Yapım Sürecinin Çevresel Etkilerinin Yapı Elemanları Ölçeğinde Değerlendirilmesi: Dış Duvar Sistemi Örneği. *1. Uluslararası Lisansüstü Araştırmaları Sempozyumu: Yapılı Çevre*, 2, 21-26, Ankara, Türkiye, 15-16 Ekim.
- **Metin, B.**, Tavit, A., 2010. Sustainability of the Construction Process of the Cladding Systems. *ICBEST 2010-International Conference on Building Envelope Systems and Technologies*, 1, 97-104, Vancouver, Canada, June 27-30.

Ulusal Bildiri ve Sunum:

- **Metin, B.**, Tavit, A., 2010. Cephe Kaplama Sistemlerinin Uygulama Süreçlerinde Sürdürülebilirlik. *5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*, 9-20, İzmir, Türkiye, 15-16 Nisan.

DİĞER YAYINLAR VE SUNUMLAR:

Uluslararası Makaleler:

- Cetiner, I., **Metin, B.**, 2017. Economic performance assessment of residential building retrofits: A case study of Istanbul, *Energy Efficiency*. doi:10.1007/s12053-016-9501-4
(Tarandığı indeksler: SCI, SSCI)

Ulusal Makale:

- Akyürek, G., Ayyıldız Potur, A., Sevinç Kayıhan, K., Aydın İpekçi, C., Bayazitoğlu, Ü. C., Serter, N., **Metin, B.**, 2012. GYTE Mimarlık Bölümü Tasarımı, *Yapı Dergisi*, 367, 72-75.

Uluslararası Bildiriler ve Sunumlar:

- **Metin, B.**, Aydın İpekçi, C., 2015. An Approach for Sustainable Buildings: Architectural Deconstruction Design. *ARCHDESIGN'15-Architectural Design Conference*, 519-527, İstanbul, Turkey, July 6-8, (CD-ROM).
- Cetiner, I., **Metin, B.**, 2011. Assessing the Effect of Energy Efficient Renovations for Existing Residential Buildings on Use Period Energy Consumption According to Different Climatic Regions. *SB 11-World Sustainable Building Conference*, Helsinki, Finland, October 18-21, (Flash Disk).

Ulusal Bildiri ve Sunum:

- Çetiner, İ., **Metin, B.**, 2011. Enerji Etkin Konut Yenilemelerinde Enerji Tüketimi ve Yaşam Dönemi Maliyetlerinin Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği. *Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu*, 865-877, İzmir, Türkiye, 13-16 Nisan, (CD-ROM).

