

**MİMARİ VE YAPILI ÇEVREDE EKONOMİ
VE EKOLOJİ OPTİMİZASYONU ÇERÇEVESİNDE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ
BİR İNŞAAT TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ
MODELİ ÖNERİSİ**

Doktora Tezi

Adem Emre CENGİZ
Eskişehir, 2017

**MİMARİ VE YAPILI ÇEVREDE EKONOMİ VE EKOLOJİ OPTİMİZASYONU
ÇERÇEVESİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ BİR İNŞAAT
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ MODELİ ÖNERİSİ**

Adem Emre CENGİZ

DOKTORA TEZİ

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Alper ÇABUK

İkinci Danışman: Yrd. Doç. Dr. Osman AYTEKİN

ESKİŞEHİR

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Aralık, 2017

Bu Tez Çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 1505F517 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Adem Emre CENGİZ'in "Mimari ve Yapılı Çevrede Ekonomi ve Ekoloji Optimizasyonu Çerçevesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli bir İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi Modeli Önerisi" başlıklı tezi ²⁵/~~12~~/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Unvanı-Adı Soyadı</u>		<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. Alper ÇABUK		
Üye	: Prof. Dr. İlker ÖZDEMİR	
Üye	: Doç. Dr. Burak AKPINAR	
Üye	: Doç. Dr. Figen KIVILCIM ÇORAKBAŞ	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Hakan KUŞAN	

.....
Enstitü Müdürü

ÖZET

MİMARİ VE YAPILI ÇEVREDE EKONOMİ VE EKOLOJİ OPTİMİZASYONU ÇERÇEVESİNDE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ BİR İNŞAAT TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ MODELİ ÖNERİSİ

Adem Emre CENGİZ

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık, 2017

Danışman: Prof. Dr. Alper ÇABUK

(İkinci Danışman: Yrd. Doç. Dr. Osman AYTEKİN)

Bu tez çalışmasında, İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi (İTZY) sürecinde ekonomi ve ekoloji optimizasyonunu öneren, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli bir İTZY modeli geliştirilmiştir. Söz konusu model; inşaat projelerinin yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi problemlerine çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanarak cevap verebilmektedir. Çalışma kapsamında duvar malzemeleri ele alınmış; Türkiye inşaat sektöründe yaygın şekilde kullanılan tuğla, gazbeton ve alçıpan levha üzerine araştırmalar yapılmıştır. Önerilen modelde malzeme seçimi analizleri için, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) tekniğinin üretim, taşıma ve uygulama aşamalarını esas alan ve Hata Puanı adı verilen basitleştirilmiş bir YDD yaklaşımı önerilmiştir. Ekonomi kriteri olarak maliyet, ekoloji kriteri olarak ise küresel ısınma etki kategorisi esas alınmıştır. Tedarikçi seçimi kriterleri uzman paneli; kriterlerin önem dereceleri ise bir uzman anket çalışması yardımı ile belirlenmiştir. Anket katılımcıları sektör, akademi ve kamu çalışanları arasından seçilmiştir. Anket sonuçlarının istatistiksel analizleri SPSS yazılımında gerçekleştirilmiştir. Tedarikçi seçimi için Ödül Puanı adı verilen basitleştirilmiş bir ÇKKV yöntemi geliştirilmiştir.

ECO-SUPPLY adı verilen modelin uygulanabilirliğini sınamak için, modelle aynı adı taşıyan, web tabanlı bir yazılım aracı geliştirilmiştir. Yazılımın uygulamaları için Eskişehir’de betonarme bir yapı ele alınmış; örneklem yardımı ile araştırma bulguları sunulmuştur. Çalışmanın, ülkemizde daha önce derinlemesine araştırılmamış bir kavram olarak İTZY’yi ele alması; İTZY’de çevre duyarlı bir yaklaşım önermesi ve İTZY sürecinde CBS desteğini benimsemesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada önerilen İTZY modelinin, inşaat projelerinin tasarım aşamasında mimar ve tasarımcılara; proje uygulama aşamasında ise proje yöneticileri başta olmak üzere tüm proje katılımcılarına karar desteği sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca inşaat projelerine, yapım yönetiminin zaman, maliyet ve kalite hedeflerinin yanı sıra düşük karbon ayak izi perspektifini kazandıracığı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Çok kriterli karar verme (ÇKKV), ECO-SUPPLY, İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi (İTZY), Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD).

ABSTRACT

A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM SUPPORTED CONSTRUCTION SUPPLY CHAIN MANAGEMENT MODEL PROPOSAL WITHIN THE FRAME OF ECONOMY AND ECOLOGY OPTIMIZATION IN ARCHITECTURAL AND BUILT ENVIRONMENT

Adem Emre CENGİZ

Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems

Anadolu University, Graduate School of Sciences, December 2017

Supervisor: Prof. Dr. Alper ÇABUK

(Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Osman AYTEKİN)

In this thesis, a Geographical Information System (GIS) supported Construction Supply Chain Management (CSCM) model which suggests economy and ecology optimization on CSCM has been developed. The model enables the selection of building materials and supplier during construction phase by using multi criteria decision making (MCDM) methods. Within the scope of the study, brick, autoclaved aerated concrete and gypsum board which are widely used wall materials in Turkish construction sector were researched. A simplified Life Cycle Assessment (LCA) approach based on the production, transportation and application phases of the LCA technique for material selection that is called the Penalty Score was proposed. Cost as an economic criterion and global warming potential (GWP) category as an ecological criterion was taken into account. Whilst supplier selection criteria were specified by the expert panel, weightings of the criteria were determined through a questionnaire survey. Survey participants were selected among the experts from construction companies, universities and governmental institutions. Statistical analyzes of the survey results were performed on SPSS software. For the supplier selection, a simplified MCDM method called Reward Score is developed.

Web-based software called ECO-SUPPLY was developed in order to test the applicability of the model. A reinforced concrete building in Eskişehir was selected for the software applications, and the findings of the research were presented based on the sample building. The study is considered as significant due to the addressing CSCM which is not researched deeply before in Turkey, as well as its environmental-friendly approach on CSCM. It is also significant due to adoption of GIS support in the CSCM process. Research findings indicate the model has ability to provide decision support to architects and designers in the design phase and to all project participants especially project managers during construction phase. It is also expected that proposed model will bring construction projects the perspective of low carbon footprint, as well as the time, cost and quality objectives of the construction management.

Keywords: Construction Supply Chain Management (CSCM), ECO-SUPPLY, Geographical Information System (GIS), Life Cycle Assessment (LCA), Multi criteria decision making (MCDM).

ÖNSÖZ

Albert Einstein; “Mantık, sizi A noktasından B noktasına götürür; hayal gücü ise her yere” diyeli neredeyse bir yüzyıl geçti. Bugün insanoğlu, A noktasından B noktasına gitmenin çeşitli yollarını keşfetmeyi başarsa da hayal gücü ile ve bilginin değerli yapıtaşları olan sorularla ulaşılan buluşlara, uzun süre yabancı kaldı. Günümüzde bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin hızlanması, geleneksel teorilerin katı sınırlarını aşan muhayyilenin eseridir. Mümkün olduğunca hayal gücü ve yeniliğe ulaşma gayreti ile giriştiğim bu doktora tez çalışması; bir yere varmanın yanı sıra o yolu kat ederkenki edinimlerin değerini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışması boyunca bilgi ve deneyimleri ile yolumu aydınlatan ve bu zorlu süreçte beni her zaman destekleyen, araştırmayı benim için daha zevkli, anlamlı ve değerli kılan tez danışmanım Prof. Dr. Alper ÇABUK’a, yorum ve önerileri ile modelin inşasına son derece büyük katkılar sağlayan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. İlker ÖZDEMİR’e, Yrd. Doç. Dr. Osman AYTEKİN’e ve Yrd. Doç. Dr. Hakan KUŞAN’a, CBS konusunda engin bilgilerinden yararlandığım kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan UYGUÇGİL’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın yürütülmesine maddi destek sağlayan Anadolu Üniversitesi Proje Destek Birimi’ne; tezin yazılım geliştirme aşamasına somut katkılarından ötürü Dr. Cüneyd HELVACI’ya ve Özgür UĞUR’a; anket çalışmasının katılımcılara ulaştırılmasına destek veren Öğr. Gör. Serçin Sun İPEKEŞEN’e, Osman Murat KAYA’ya, Eskişehir İnşaat Mühendisleri Odası’na; istatistiksel analiz sonuçlarına ulaşmamda bana yardımcı olan Erdem YURDAKUL’a ve anket çalışmasına katılım sağlayan herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora tez süreci boyunca, manevi anlamda her zaman yanımda olan ve desteğini hissettiren aileme, bana mutluluk aşılayan yeğenlerim Doğa ARAS ve Erdem ÇINAR’a, bu süreçte benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen pek kıymetli dostlarım Arş. Gör. Şakir ÖZÜDOĞRU’ya ve Zeynep AYGÜL’e, tüm GravityGroup çalışanlarına ve son olarak hayal gücünü kaybetmemek için mücadele veren tüm insanlara teşekkürlerimi sunarım.

A. Emre CENGİZ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Adem Emre CENGİZ

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Sorun	5
1.2. Konu ve Kapsam	6
1.3. Amaç	11
1.4. Önem	11
1.5. Varsayımlar	13
1.6. Kısıtlılıklar	14
1.7. Tanımlar.....	18
1.7.1. Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY)	18
1.7.1.1. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi (YTZY).....	19
1.7.1.2. İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi	19
1.7.2. Bina Bilgi Modellemesi (BBM)	20
1.7.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)	21
2. ALANYAZIN	22
2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin (TZY) Tarihsel Gelişimi.....	22

2.1.1. İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi (İTZY)	25
2.1.2. İTZY ve bilgi teknolojileri	27
2.1.3. İTZY ve CBS	28
2.2. Bina Bilgi Modellemesi (BBM)	29
2.2.1. BBM'nin uygulama alanları	30
2.2.2. BBM'nin boyutları.....	31
2.2.3. BBM'nin ayrıntı düzeyleri	33
2.3. BBM ve CBS	33
2.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD): Genel bir Bakış	41
2.4.1. Yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin uygulanması	44
2.4.2. Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDD araçları	44
2.4.2.1. Athena	45
2.4.2.2. BEES	45
2.4.2.3. GaBi.....	47
2.4.2.4. SimaPro.....	48
2.4.2.5. TEAM	48
2.5. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV).....	49
2.5.1. Tedarikçi seçimi	49
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	59
3.1. Materyal	59
3.1.1. Teknoloji araştırmaları	59
3.1.2. Maliyet araştırmaları	62
3.1.3. Çevresel etki araştırmaları	62
3.1.4. Yazılım geliştirme	64
3.2. Yöntem	65
3.2.1. Malzeme seçimi	67

3.2.1.1. Analiz parametrelerinin belirlenmesi	67
3.2.1.2. Araştırma yönteminin belirlenmesi	67
3.2.1.3. Basitleştirilmiş YDD yaklaşımı	68
3.2.1.3.1. Üretim aşaması.....	68
3.2.1.3.2. Taşıma aşaması	69
3.2.1.3.3. Uygulama aşaması	70
3.2.2. Tedarikçi seçimi	71
3.2.2.1. Analiz parametrelerinin belirlenmesi	72
3.2.2.3. Araştırma yönteminin belirlenmesi	75
3.2.2.4. Ödül puanı yaklaşımı.....	76
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	77
4.1. Malzeme Seçimi Bulguları.....	77
4.1.1. Birim fiyat analizleri.....	77
4.1.2. Yaşam döngüsü envanter analizi.....	79
4.2. Tedarikçi Seçimi Bulguları.....	81
4.2.1. Uzman paneli bulguları	81
4.2.2. Uzman anket çalışması bulguları	81
4.2.3. Veri analizi bulguları.....	82
4.3. Yazılım Geliştirme Bulguları	85
4.3.1. ECO-SUPPLY yazılım aracının sınanması: Eskişehir örnekleme	87
5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	94
5.1. Sonuçlar	94
5.2. Tartışma	98
5.3. Öneriler	103
KAYNAKÇA.....	106
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Malzeme gruplarına ve türlerine ait örnek liste.....	9
Çizelge 2.1. Ayrıntı düzeyi tanımlamaları.....	34
Çizelge 2.2. Tedarikçi seçim kriterleri ve önem dereceleri	55
Çizelge 3.1. Sera gazlarının GWP dönüştürme katsayıları	63
Çizelge 3.2. Tedarikçi seçimi ana ve alt kriterleri	73
Çizelge 4.1. 1 m ² duvar için yardımcı malzeme çarpanları.....	78
Çizelge 4.2. Duvar malzemeleri için maliyet verileri.....	79
Çizelge 4.3. Duvar malzemeleri için parametre değerleri	79
Çizelge 4.4. Duvar malzemeleri için ekoloji değerleri	80
Çizelge 4.5. Anket yanıtlarının ana ve alt kriterlere göre frekans dağılımı.....	83
Çizelge 4.6. Anket yanıtlarının güvenilirlik katsayısı	84
Çizelge 4.7. Uzman anket çalışmasının sonuçları	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma kapsamının şematik gösterimi	8
Şekil 2.1. Alanyazın şematik gösterimi	23
Şekil 2.2. Tedarik zinciri yönetimi genel yapılanması	25
Şekil 2.3. Betonarme modeldeki kiriş ve sıhhi tesisat modelindeki çakışma tespiti	31
Şekil 2.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin aşamaları	43
Şekil 2.5. BEES aracı analiz altyapısı	47
Şekil 2.6. Tedarikçi seçimini etkileyen faktörler	57
Şekil 3.1. (a) Örnek yapının normal kat planı, (b) Autodesk Revit ortamında yaratılan 3B bina modeli	61
Şekil 3.2. ECO-SUPPLY yazılım aracının kullanıcı arayüzü	65
Şekil 3.3. Araştırma yöntemleri şeması	66
Şekil 3.4. Tedarikçi seçimi araştırma yöntemi şeması	72
Şekil 3.5. ANP modelinin yapısı	75
Şekil 4.1. Anket katılımcılarının çalışma alanlarına göre dağılımı	82
Şekil 4.2. Autodesk Revit ortamında metraj hesaplama	88
Şekil 4.3. ECO-SUPPLY yazılımı konum belirleme ekranı	88
Şekil 4.4. ECO-SUPPLY yazılımı malzeme analizi ekranı	89
Şekil 4.5. ECO-SUPPLY yazılımı malzeme analizi sonuç ekranı	89
Şekil 4.6. ECO-SUPPLY yazılımı tedarikçi analizi ağırlıklandırma yöntemleri ekranı	90
Şekil 4.7. Tedarikçi analizi ECO-SUPPLY ağırlıklandırma yöntemi	91
Şekil 4.8. Tedarikçi varsayımsal analiz parametre değerleri	92
Şekil 4.9. ECO-SUPPLY yazılımı tedarikçi analizi sonuç ekranı	92
Şekil 4.10. En uygun tedarikçi ile şantiye arası güzergâh	93

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGC	: Associated General Contractors
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANP	: Analitik Network Process
API	: Application Programming Interface
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BBM	: Bina Bilgi Modellemesi
BEES	: Building for Environmental and Economic Sustainability
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CBR	: Case-Based Reasoning
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CSCMP	: Council of Supply Chain Management Professional
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEA	: Data Envelopment Analysis
EPA	: Environmental Protection Agency
EPD	: Environmental Product Declaration
ERP	: Enterprise Resource Planning
GA	: Genetik Algoritma
GML	: Geographic Markup Language
IFC	: Industry Foundation Class
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
İTZY	: İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi
JIT	: Just In Time
LEED	: Leadership in Energy and Environmental
LOD	: Level of Detail
MRP	: Manufacturing Resource Planning
NIST	: National Institute of Standards and Technology
OGC	: Open Geospatial Consortium
QR	: Quick Response
RFID	: Radio-frequency Identification

SOA	: Service Oriented Architecture
SMART	: Simple Multi-Attribute Rating Technique
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UBM	: Unified Building Model
UML	: Unified Modelling Language
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDED	: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
YDEA	: Yaşam Döngüsü Envanter Analizi
YTZY	: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, zaman, maliyet ve kaynak yönetimine en çok ihtiyaç duyan sektörlerden biri olarak proje ve yapım yönetimi anlayışlarının gelişim sahası bulduğu bir alandır. İnşaat mühendisliğinin bir anabilim dalı olan yapım yönetimi; müşterilerin işlev, kalite, zaman ve maliyet gibi ölçütlerini yerine getirebilmeyi, kaynaklar arasındaki ilişkilerin kurulmasını, çalışan performanslarının yönetilmesini kapsayan bir inşaat projesinin başlangıcından bitimine kadar planlanması, koordine ve kontrol edilmesidir (Walker, 2007, s. 11). İnşaat projelerinin çeşitliliği, sektörün uzmanlık gerektiren ve çok sayıda katılımcıya ihtiyaç duyan yapısı; inşaat sektörünü en karmaşık iş sahalarından biri haline getirmektedir (Jadid ve Idrees, 2013, s. 1076). Proje tabanlı olması nedeni ile planlama ve yönetim anlayışlarının vazgeçilmez derece önemli olduğu inşaat sektörü; işletme, ekonomi ve endüstri mühendisliğinin bilgisinden ve temel teorilerinden faydalanılmasına açık bir alandır. Bir inşaat projesi; yeterli beceri, doğru ekipman ve tekniklerin zamanında ve belirlenen bütçe dahilinde temin edilmesini sağlayan katılımcılarla başarıya ulaşabilmektedir (Donyavi ve Flagan, 2009, s. 11). Bu işlevlerin hedef aldığı en önemli bileşenlerinden biri malzeme olmakla birlikte başlı başına ayrı bir mühendislik konusu olarak ele alınmaktadır. Malzeme; işgücü, ekipman ve sermaye ile birlikte işletme faaliyetlerinin dört ana bileşeninden biridir. Malzeme maliyetinin, genel yapım maliyetlerinin %40 ila %45'ini kapsadığı belirtilmiştir (Agapiou vd, 1998, s. 352). Yapım işlerinde malzemenin, proje planlamalarının önemli bir bölümünü oluşturduğu ve malzeme tedarik sürecinin doğru yönetilmesinin projenin başarısı için anahtar rolü üstlendiği bilinmektedir.

İnşaat projelerinin temel öğelerinden birinin malzeme olduğu göz önünde bulundurulursa, gerektiği zaman ve belirlenen yere doğru nicelik ve nitelikteki malzemenin temininin de aynı derecede önem arz ettiği anlaşılabacaktır. Çeşitli safhalara sahip olan bu sürecin gelişmiş bir yönetim anlayışından yoksun olarak yapılması, ciddi maliyet ve zaman kayıplarına neden olmaktadır. Yapı malzemesi tedarik pratikleri genellikle hatalara ve gecikmelere neden olabilecek kısıtlı bilgiye ve önceki deneyimlere dayanarak gerçekleştirilmektedir. Malzemenin şantiyeye geç tedariki iş programında gecikmelere, erken tedariki ise taşıma ve depolama maliyetinde artışa ve malzemenin özelliklerini yitirmesine yol açmaktadır (Lin vd, 1998, s. 1). Uygun olmayan malzeme tedariki ve yönetimi, projelerin gidişatına önemli ölçüde etkilemektedir (Ogunlana vd. 1996, s. 41). Bu nedenle, yapım yönetimi sürecinin

malzeme odaklı faaliyetlerinde daha kesin ve güvenilir yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Malzeme yönetimi; hammaddenin, parçalarının ve ikmalin elde edilmesi ve depolanması ile ilgilenen bir alan olarak, proje ve yapım yönetiminin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Malzeme yönetimi; tedarikçiden satın alma, taşıma ve malzeme kontrolünü bütünleştiren bir yönetim anlayışıdır. Bu anlamda malzeme yönetimi; yapım sürecinde en az maliyet amacına uygun şekilde, istenen kaliteye sahip malzemenin doğru zamanda ve doğru yere temininin planlanması ve kontrol edilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. (Madhavi vd. 2013, s. 400). Malzeme yönetiminin temel amacı malzemelerin, doğru zamanda, uygun fiyat ve gereken miktarda tedarik edilmesidir.

İnşaat mühendisliği alanında daha önce yaygın bir araştırma ve uygulama konusu olarak ele alınmamış olan Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY); inşaat projeleri için oldukça önemli bir bileşen olmanın yanı sıra inşaat mühendisliğinin ekonomi, işletme ve endüstri mühendisliği gibi alanlarla çoklu-disiplinli bir ilişki kurmasına imkân vermiştir. Şantiyelere malzeme tedarik sürecinin bir yönetim anlayışı ve felsefesi çerçevesinde yapılması; adı geçen meslek dalları tarafından sıkça yararlanılan TZY'nin inşaat sektöründe kullanımına olanak sağlamıştır. Birçok araştırmacı; yapım performansını artırmak ve etkin olmayan malzeme yönetiminden ve kontrolünden kaynaklanan büyük ölçekli atıkları azaltmak için TZY'nin inşaat sektörüne yararları üzerine eğilmiştir (Irizarry vd. 2013, s. 241). Yapı malzemesi ve malzeme odaklı faaliyetler (satın alma, sipariş, taşıma, depolama, uygulama vb.) mümkün olan en kısa sürede, kalite standartları ve belirlenmiş bir bütçe çerçevesinde bir yapının inşa edilebilmesi için esas bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Son on yılda, ekoloji kavramı da inşaat projelerinin yönetim amaçları arasında yer almaktadır. Sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve ekolojik göstergeleri akademik ve sektörel ölçekte araştırılmaktadır. Bir inşaat projesi, çeşitli ekip üyeleri tarafından üretilen hem konumsal (çizimler, harita-kadastro kotları, şantiye yerleşim planları vb.) hem de konumdan bağımsız (iş programı, malzeme türleri ve metraj, teknik yönetmelik ve şartnameler vb.) bilgileri bünyesinde barındırmaktadır (Bansal ve Pal, 2009, s. 406). Bu veri yoğun yapıya ekoloji verilerinin de eklenmesi, halihazırda karmaşık olan yönetim süreçlerinde, bilgi odaklı problemlerin artmasına neden olmaktadır. İnşaat projelerinin

bu çok yönlü karakteristik yapısı, proje ve yapım yönetimi hedeflerine ulaşılabilmesi için farklı bilgi teknolojilerinin kullanımını gerektirmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), proje ve yapım yönetimi sürecinde yararlanılabilecek önde gelen teknolojilerden biri olarak kabul görmektedir. İnşaat sektörü, diğer akademik ve sektörel alanlara nazaran modern teknolojiye daha yavaş uyum sağlamasına rağmen; CBS'nin kullanım olanaklarına açık bir yapıya sahiptir. İnşaat projelerinin yaşam döngüsü boyunca yoğun bir veri üretimi, kullanımı ve paylaşımı söz konusudur. CBS, güçlü veritabanı yönetimi fonksiyonları sayesinde inşaat projelerindeki veri odaklı problemlere çözümler sunan bir bilgi teknolojisidir. Ayrıca CBS'nin konumsal analiz fonksiyonları; inşaat projelerinin şantiye ve ulaşım planlamaları, 3B görselleştirme, iş programının takibi, gerçek zamanlı ilerleme takibi, malzeme odaklı faaliyetlerin yönetimi gibi aşamalarında, proje katılımcılarına karar desteği sağlamaktadır. Uluslararası alanyazındaki araştırmalar, İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi (İTZY) sürecinde CBS'nin öncü teknolojilerden biri olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda TZY özelinde maliyete ve zamana dayalı amaçlara odaklanılmaktadır. Diğer yandan ekoloji boyutu, araştırılmayı bekleyen önemli bir parametre olarak önemini korumaktadır.

Bu tez çalışmasında, inşaat projelerinin tasarım ve uygulama aşamalarında proje katılımcıları tarafından kullanılabilecek, ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde CBS destekli bir İTZY modeli önerilmiştir. Çalışmanın amacı; başta mimarlar ve yapım yöneticileri olmak üzere tüm proje katılımcılarına TZY sürecinde karar desteği sağlayan; modern bilgi teknolojilerinin ve ekoloji boyutunun yeniliklerinden yararlanabilen yenilikçi bir modelin geliştirilmesi ile sektördeki malzeme tedarik pratiklerine yeni bir bakış açısı sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda bilgi teknolojilerinin ve CBS'nin İTZY sürecinde kullanım olanakları araştırılmış ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak, ekonomi ve ekoloji parametreleri çerçevesinde malzeme ve tedarikçi seçimi karar desteği sağlayabilen bir İTZY modeli geliştirilmiştir. Model; malzeme ve tedarikçi seçimi olmak üzere iki temel analiz aşamasını kapsamaktadır. Çalışma kapsamında; ekolojik malzeme alternatiflerine sahip malzeme grupları ele alınmıştır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) tekniğine basitleştirilmiş bir yaklaşım önerilerek yapı malzemelerinin üretim, taşıma ve uygulama aşamalarındaki küresel ısınma çevresel etki kategorisi, ekoloji parametresi olarak belirlenmiştir. Ekonomi parametrelerini ise, yine üretim, taşıma ve uygulama

aşamalarındaki maliyet değişkenleri oluşturmaktadır. Önerilen modelin malzeme seçimi analizi aşamasında Hata Puanı; tedarikçi seçimi analizi aşamasında ise Ödül Puanı olarak adlandırılan ağırlıklandırılmış puanlama yaklaşımları geliştirilmiştir.

Tedarikçi seçimi analizlerinde ise ulusal ve uluslararası alanyazında, yapı malzemelerinin tedarikçi seçiminde en sık kullanılan kriterler belirlenmiş; çoklu disiplinli bir uzman kadrosu ile gerçekleştirilen uzman paneli neticesinde, ulusal ve yerel sektörün şartları, malzeme odaklı davranışları ve ihtiyaçları dikkate alınarak parametreler belirlenmiştir. Bir uzman anket formu oluşturularak sektör katılımcılarına, üniversitelerin yapım yönetimi anabilim dalında uzman akademisyenlere, kamu kurum ve kuruluşlarında görevli çalışanlara gönderilmiştir. Uzman anketi sonucunda kriterlerin önem dereceleri ve yüzdesel ağırlıkları belirlenmiştir. Önerilen model, hem ekonomi hem de ekoloji perspektifine sahip olduğundan ECO-SUPPLY olarak adlandırılmıştır.

Modelin uygulanabilirliğini göstermek amacı ile bir yazılım aracı geliştirilmiştir. Web tabanlı bir arayüze sahip olan yazılım, harita tabanlı konum seçimi fonksiyonu sayesinde şantiye ve tedarikçi konumlarının kullanıcılar tarafından belirlenmesine ve çevrimiçi harita hizmetlerinden yararlanarak tedarikçiler ile şantiye arasındaki uzaklıkların hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Yazılımın fonksiyonlarını ve uygulanabilirlik özelliklerini sınamak amacı ile Eskişehir Tepebaşı İlçesi'nde konumlu, betonarme yapım tarzında inşa edilmiş olan, karma kullanım fonksiyonlu bir inşaat projesi örneklem olarak seçilmiştir. Çalışmanın bulguları, ekonomi ve ekoloji parametreleri çerçevesinde malzeme ve tedarikçi seçimi gerçekleştirebilen bir İTZY modelinin, inşaat projelerinin hem tasarım hem de uygulama aşamalarında karar vericilere karar desteği sağlayabilen bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ülkemizde gerçekleştirilen inşaat faaliyetlerinde henüz ağırlıklı olarak öneme sahip olmasa da uluslararası ölçekte araştırma ve uygulama konusu olan çevre duyarlı yaklaşımların, mevcut malzeme tedarik pratiklerini değiştirebileceği bulgulanmıştır. CBS'nin, inşaat projelerindeki konuma dayalı problemlere etkin çözümler sunabilen bir teknoloji olduğu, bu doktora çalışmasının bir diğer bulgusu olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1. Sorun

Küresel ölçekte gelişen inşaat sektörü, yaşadığımız kentlerin çehresini değiştirirken doğal çevre üzerinde de büyük bir değişime neden olmaktadır. İnşaat projelerinde kullanılan malzemelerin üretiminden şantiyeye taşınması ve yerinde uygulanmasına, depolanmasından geri dönüşümüne ya da atık hale gelmesine kadarki süreçlerin tümü ciddi derecede sera gazı salınımına ve enerji sarfiyatına neden olan aşamalardır. Ulusal ölçekte, inşaat sektörünün TZY faaliyetlerinde kullanılabilecek bir modelin olmaması, çalışmanın hareket noktalarının başında gelmektedir. Çalışma, aşağıda listelenen sorunlar odağında şekillenmiştir:

1. *İnşaat sektöründe malzeme seçimi ve tedariki süreçlerinin kısıtlı bilgi birikimi ile önceki deneyimlere dayalı olarak ve yalnızca ekonomi kriteri çerçevesinde gerçekleştirilmesi:* Ülkemizde inşaat projeleri çoğunlukla geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Yapım sürecinde malzeme odaklı pratiklere bakıldığında bu durum daha net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Tasarım aşamasında, alternatifleri olan malzeme grupları özelinde malzeme seçimi mimarlar tarafından, yatırımcıların yalnızca ekonomik kaygıları doğrultusundaki istekleri, yatırımcı şirketlerin mevcut malzeme stoku, yerel sektörün eğilimleri vb. kriterler çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Malzeme tedarik sürecinde ise, önemli bir yönetim felsefesi olarak endüstri ve işletme alanlarında geniş bir kullanım alanına sahip olan TZY'den yoksun bir eğilim mevcuttur. Malzeme ve tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışmalar ise yalnızca maliyet kriterine dayalı karar modelinin geçerliliğini yitirdiğini; TZY pratiklerinin çoklu kriterli birer karar verme problemi olduklarını ortaya koymaktadır.
2. *Çok kriterli bir karar verme problemi olan malzeme seçimi ve tedarikçi seçimi aşamalarında ekoloji parametresinin, aynı zamanda ekonomik de olabileceği düşüncesinin göz ardı edilmesi:* Büyük ölçekli inşaat projelerinde dahi ekoloji boyutunun dikkate alınmadığı gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra, ulusal ve yerel piyasada çevre duyarlılık iddiasını barındıran, fakat uygulamada çevre duyarlı olmak yerine geleneksel yöntemleri devam ettiren projeler de mevcuttur. Tek ölçütün ekonomi olduğu, fakat o ölçütün bile çoğunlukla sağlanamadığı göz önünde bulundurulursa şirketlerin, kısa vadede kârlı olarak nitelendirdikleri malzeme tedarik pratiklerinde uzun vadede zarara uğradıkları

ve bu zararın farkında olmadıkları anlaşılmaktadır. Çevre duyarlı, düşük karbon ayak izine sahip yapı malzemeleri ise, yüksek maliyetleri nedeni ile yüklenici şirketler tarafından çoğunlukla tercih edilmemektedir. Bu bağlamda, çevre duyarlı çözümlerin uzun vadede, aynı zamanda ekonomik olabileceği göz ardı edilmektedir.

3. *İTZY üzerine gerçekleştirilen çalışmaların, günümüz bilgi teknolojilerinin kullanımından yoksun olması:* Uluslararası literatürde, inşaat projelerinin yaşam döngüsü boyunca CBS'nin kullanımını öneren araştırmalar mevcuttur. Ülkemizde ise hem TZY, hem de CBS; yapım yönetimi alanındaki araştırmalara henüz sıklıkla konu olmuş kavramlar değildir. Pek çok insan, farkında olmadan gündelik hayatta CBS teknolojilerinin olanaklarından yararlanmaktadır. Örneğin mobil cihazlardaki konum bulma ve yönlendirme özellikleri, bir noktadan başka bir noktaya mesafenin, en kısa ya da en hızlı yolun belirlenmesi gibi işlemler, basit birer CBS tabanlı analiz örneğidir. İnşaat projelerinde TZY'nin olanaklarından faydalanılmasının önündeki en büyük engeller; sektörün geleneksel yapısı ve malzeme odaklı pratiklerin, hâlâ karar vericilerin inisiyatifleri doğrultusunda gerçekleştirilmesidir.

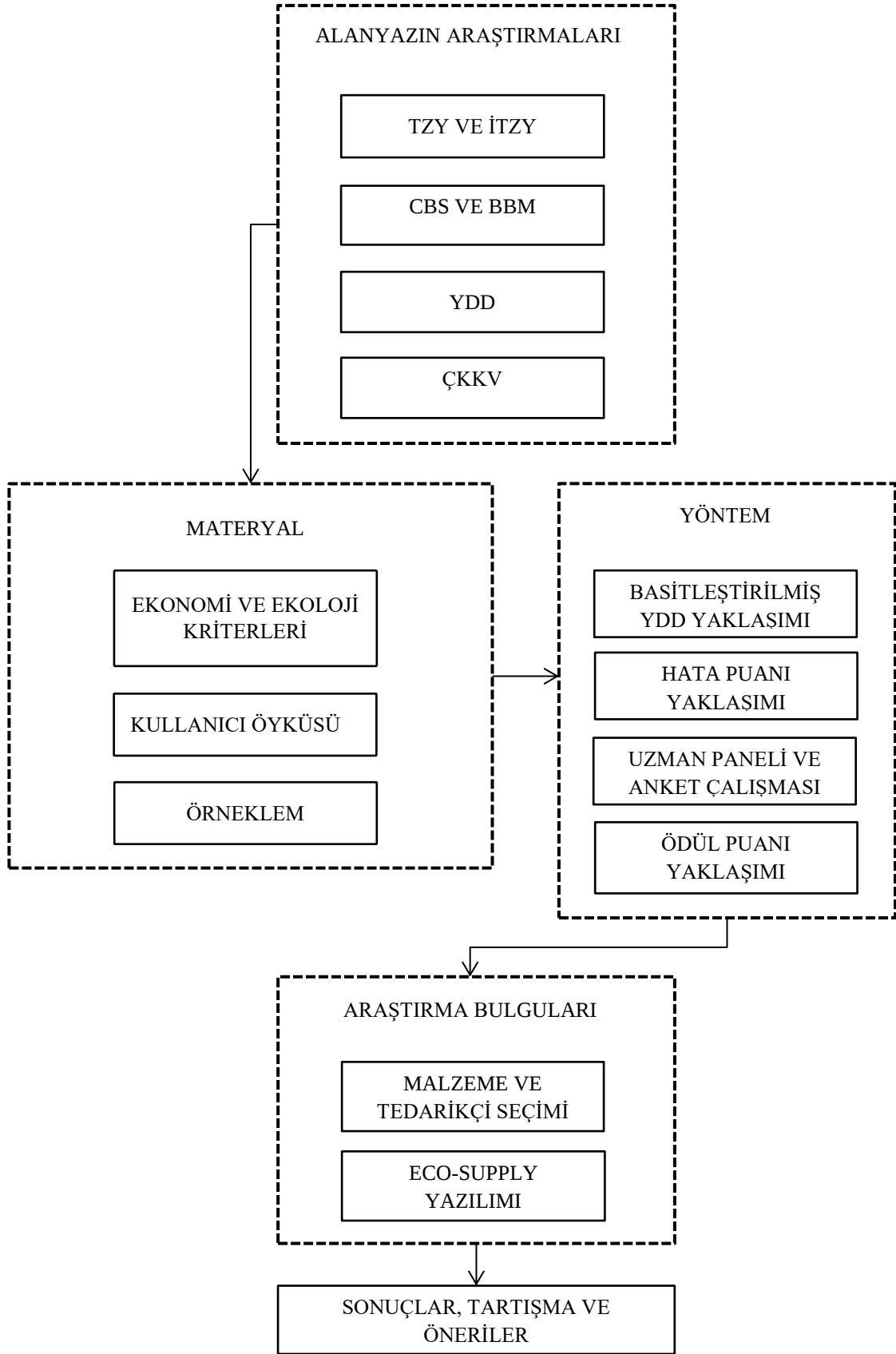
1.2. Konu ve Kapsam

İnşaat projelerinin malzeme odaklı faaliyetlerinde, karar vericilere ekonomi ve ekoloji kriterleri çerçevesinde karar desteği sağlayabilecek CBS destekli bir İTZY modelinin geliştirilmesi, bu doktora tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır. Söz konusu model; CBS teknolojilerinin fonksiyonlarından ve ÇKKV yöntemlerinden faydalanarak karar analizleri gerçekleştirmekte ve inşaat projelerinin karar vericilerine yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi konularında karar desteği sağlamaktadır. Model; kamu ihale usulü ve özel sektör katılımlı olmak üzere tüm inşaat projelerini kapsamına almakta olup çevre duyarlı yaklaşımı ile daha çok orta ve büyük ölçekli inşaat projelerine yönelik çözümler sunmayı hedeflemektedir. Şekil 1.1'de tez çalışmasının kapsamının şematik anlatımı görülmektedir.

Çalışmanın kuramsal temellerini TZY, İTZY; CBS ve Bina Bilgi Modellemesi (BBM) teknolojilerinin birlikte işlerliği, malzeme seçimi sürecinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) ve tedarikçi seçimi üzerine yapılan araştırmalar oluşturmaktadır. TZY'nin inşaat mühendisliği alanında kullanım kapsamı belirlenmiş ve

bu alandaki geniş alanyazın, yapım yönetimi pratiklerine dayalı olarak araştırılmıştır. Yapım yönetiminde zaman, maliyet ve kalite hedeflerine ek olarak önerilen ekolojinin ekonomi ile optimizasyonu, geliştirilen modelin yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. BBM üzerine yapılan araştırmalar, bu teknolojinin IFC veri modeli sayesinde CBS ile birlikte işlerlik özelliklerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. BBM ve CBS'den aynı anda yararlanan birçok çalışma mevcut olmakla beraber bu çalışmaların önemli bir bölümü, veri düzeyinde ve açık standartlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bağımsız bir yazılım arayüzünde her ikisinin de fonksiyonlarından faydalanabilen araçların azlığı, alandaki bir eksiklik olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda BBM ve CBS birlikte işlerliği ve entegrasyonu üzerine alanyazın araştırmaları yapılmıştır. Önerilen model, hem malzeme seçimi hem de tedarikçi seçimi aşamalarında ekonomi ve ekoloji kriterlerinden yararlanmaktadır. Bu kriterlerin belirlenmesi ile modelin çerçevesi oluşturulmuştur. Modelin inşasında en önemli aşamalardan biri, ECO-SUPPLY yazılımının geliştirilmesi olup bu aracın tüm fonksiyonlarının anlatımını kapsayan bir kullanıcı öyküsü oluşturulmuştur. Yazılımın kullanım özellikleri, seçilen örnek yapı için uygulanmış ve çalışmanın bulguları ortaya konmuştur. Bu çalışmanın kapsamını oluşturan adımlar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1. *TZY Araştırmaları:* Endüstri ve işletme mühendisliği alanlarında sıkça kullanılan TZY, inşaat mühendisliğinin hem sektöre yönelik hem de akademik çalışma alanları için yeni bir yönetim felsefesidir. Bahsi geçen meslek dallarında daha geniş bir kavramı ifade eden TZY, bu çalışmada yapı malzemelerinin tedarik süreci kapsamında ele alınmıştır. Yapılan alanyazın araştırmaları sonucunda bu sürecin mimarlar ve inşaat mühendisleri başta olmak üzere tüm proje katılımcılarını ilgilendirdiği gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda inşaat projelerinin hem tasarım hem de yapım aşamalarını kapsayacak şekilde malzeme ve tedarikçi seçimi aşamaları, tez çalışması kapsamında önerilen modelin analiz süreçleri olarak belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında; duvar, çatı, cephe, döşeme vb. yapı bölümlerine ait, yerinde uygulama gerektiren ve ekolojik alternatifleri olan yapı malzemeleri ele alınmıştır. Çizelge 1.1'de malzeme gruplarına ve ekolojik alternatifleri bulunan yapı malzemelerine ait örnek bir liste görülmektedir.



Şekil 1.1. Çalışma kapsamının şematik gösterimi

Çizelge 1.1. *Malzeme gruplarına ve türlerine ait örnek liste*

Malzeme Grupları	Malzeme Türleri
Duvar Grubu	Tuğla
	Gazbeton
	Alçıpan levha
Cephe Grubu	Polivinil Klorür (PVC)
	Alüminyum
	Ahşap
Çatı Grubu	Kiremit
	Metal panel
	Trapez sac panel

2. *CBS ve BBM Birlikte İşlerliği:* Proje ve yapım yönetimi alanında yapılan çalışmalarda CBS'nin BBM ile birlikte işlerlik olanakları ortaya konmuştur. Bu iki teknolojinin entegrasyonu, gelişmiş yapım yönetimi modellerinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. CBS-BBM birlikte işlerliğini ve entegrasyonunu sağlamak için her iki teknoloji hakkında bir alanyazın araştırması yapmak ve uygulamaya yönelik olarak bahsi geçen teknolojilerin çeşitli araçlarını tanımak gerekmektedir. Bu doğrultuda CBS-BBM teknolojilerinin birlikte işlerlik özellikleri, etkin yazılımları ve bu ortamlarda yazılım geliştirme olanaklarının incelenmesi, tez kapsamının bir diğer adımını oluşturmaktadır. Ayrıca CBS ve BBM birlikte işlerliği ve entegrasyonu üzerine geniş bir bilgi birikimi sunan önceki çalışmalar, CBS'nin açık standartlara sahip CityGML veri yapısı ile BBM'nin birlikte işlerlik veri modeli olan IFC'nin CBS-BBM entegrasyonunda en önemli iki model olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında IFC veri modeli odağında BBM'nin CBS ile entegrasyon olanakları araştırılmıştır. Geliştirilen modelin tedarikçi seçimi, konumsal bir problem olması nedeni ile bu aşamada CBS'nin konumsal ve ağ tabanlı çözümlerinin kullanımı önerilmiştir. Bu doğrultuda geliştirilen yazılımın web

tabanlı arayüzüne bir harita fonksiyonu eklenmiştir. Materyal ve Yöntem bölümünde daha detaylı olarak bahsedilecek olan bu fonksiyon, çalışmanın CBS tabanlı araştırma ve uygulamalarını ifade etmektedir.

3. *YDD Araştırmaları:* CBS destekli İTZY modelinin, malzeme ve tedarikçi seçimi olmak üzere iki temel analiz fonksiyonuna sahip olması ve bu analizlerin ekonomi ve ekoloji kriterleri çerçevesinde gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Malzeme seçimi karar destek analizlerinde YDD tekniği benimsenmiştir. Beşikten mezara (cradle-to-grave) YDD tekniği, malzemenin hammadde elde edilmesi, üretim, taşıma, kullanım ve yok etme/geri dönüşüm aşamalarını kapsamaktadır. Fakat gerek ülkemizde gerekse uluslararası kaynaklarda, yapı malzemelerinin bu aşamalarına ait çevresel etki kategori değerleri mevcut değildir. Bu nedenle malzeme seçimi analizleri esnasında basitleştirilmiş bir YDD tekniği önerilmiştir.
4. *ÇKKV Yöntem Araştırmaları:* Çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden AHP, ANP, lineer programlama (LP), TOPSİS, veri zarflama analizi (Data Envelopment Analysis-DEA), alanyazında en sık kullanılan yöntemler olarak öne çıkmaktadır. Önerilen modelin yapı malzemesi seçimi analizlerinde, ÇKKV yöntemi olarak “hata puanı” yaklaşımı geliştirilmiştir. Tedarikçi seçimi karar analizlerinde ise kriterlerin önem dereceleri ve yüzde ağırlıkları, bir uzman anket çalışması sonucunda, anket yanıtlarının SPSS yazılımında analiz edilmesi sureti ile belirlenmiştir. Tedarikçi seçimi analizlerinde ise, “hata puanı” yaklaşımına benzer şekilde, ağırlıklandırılmış puanlama yönteminin esaslarına dayanan “ödül puanı” yaklaşımı benimsenmiştir.
5. *Yazılım Geliştirme:* Önerilen modelin inşasındaki en önemli aşamalardan birini, modelin uygulanabilirlik adımlarını temsil eden ve bulgularını ortaya koyan web tabanlı ve CBS destekli İTZY yazılım aracının geliştirilmesidir. Ekonomi-ekoloji optimizasyonu, basitleştirilmiş YDD ve önerilen ÇKKV yöntemleri, geliştirilen modelin alanyazına kattığı yenilikler olarak nitelenmektedir. Yazılım aracı sayesinde bu fonksiyonların uygulanabilirliği ortaya konulmuştur.
6. *Araştırma Bulguları:* Geliştirilen yazılımın fonksiyonlarını sınamak ve uygulanabilirliğini göstermek amacı ile Eskişehir kent merkezinde konumlu, yeni bir konut-işyeri projesi örneklem olarak seçilmiştir. BBM ortamında

projenin 3B modeli yaratılıp CBS destekli İTZY modeli üzerinde kullanım senaryoları oluşturulmuş ve bulgular ortaya konulmuştur.

1.3. Amaç

Bu çalışmanın temel amacı; inşaat mühendisliği alanında konvansiyonel yöntemlerle gerçekleştirilen yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi süreçlerinde kullanılmak üzere, modern bilgi teknolojilerinden yararlanan, hem akademik ve hem de profesyonel iş alanına yönelik nitelikleri bünyesinde barındırabilen bir İTZY modelinin oluşturulmasıdır. CBS teknolojilerinin olanaklarından yararlanabilen model, inşaat projelerinin TZY sürecine ait farklı nitelik ve nicelikteki kriterler çerçevesinde karar destek analizleri yapabilme özelliğine sahiptir. CBS'nin yapım yönetimi alanına kazandırdığı zaman, maliyet ve kalite yönetimi perspektiflerini yapım yönetimi sürecinde malzeme tedarik faaliyetleri çerçevesinde gerçekleştirmek hedeflenmektedir. Çalışmanın temel amaçlarından bir diğeri; çevre kirliliği ve tahribatının hat safhada olduğu inşaat sektörüne daha çevre duyarlı bir model önerisi ile TZY sürecinde inşaat karbon ayak izinin düşürülmesidir. Önerilen modelin ekonomi ve ekoloji kriterleri çerçevesinde malzeme ve tedarikçi seçimi karar desteği sağlaması ile ülkemizde yapım yönetimi alanında henüz araştırma konusu olmayan Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi (YTZY) için bir başlangıç niteliği taşıması amaçlanmaktadır.

Dünya'da 20.yüzyılın ikinci yarısında başlayan *Enerjide ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik* (Leadership in Energy and Environmental Design-LEED) yarışına ülkemiz, henüz katılmıştır. Enerji etkin çözümler, uzun vadede şirketlere maliyet tasarrufu sağlarken şirketlerin marka değerlerini de artırmaktadır. Bu anlamda ekonomi ve ekoloji kriterleri odağında malzeme ve tedarikçi seçimi analiz imkânları sunan bir model sayesinde, yapım yönetiminde malzeme tedarik sürecinin daha ekonomik ve daha çevre duyarlı bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

1.4. Önem

Ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde çok kriterli karar analizleri ile yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi aşamalarında karar desteği sağlayabilen, CBS destekli bir İTZY modelinin, ulusal ve uluslararası alanyazına, sektöre ve topluma önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın önemi aşağıda detaylı olarak ifade edilmiştir.

1. *Alanyazına Katkı:* Ülkemizde yapım yönetimi alanında yapılmış çalışmalara bakıldığında, TZY üzerine yapılmış detaylı bir araştırmanın olmadığı; gerek TZY'nin, gerekse CBS destekli İTZY'nin daha önceki çalışmalara konu olmadığı gözlemlenmektedir. CBS-BBM entegrasyonlu TZY ise araştırılmayı bekleyen bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. CBS ve BBM birlikte işlerliği ve entegrasyonu odağında geliştirilmiş TZY çalışmaları, uluslararası alanyazında dahi oldukça kısıtlıdır. Bu anlamda çalışmanın, ulusal alanyazın için yeni bir konu olan TZY sürecine CBS ve BBM teknolojilerinin sağlayacağı yararları irdemesi yönü ile önemli olduğu; hem ulusal hem de uluslararası alanyazına katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Öte yandan, hem yapı malzemesi hem de tedarikçi seçimi için geliştirilmiş bir TZY modeli, yapım yönetimi alanında önemli bir yenilik niteliğindedir. Yapı malzemelerinin YDD süreçlerini ele alarak karşılaştırmalar yapabilen ve seçilen yapı malzemesinin tedarikçi seçimi analizlerini ekoloji-ekonomi optimizasyonu ile gerçekleştirebilen bir karar destek modelinin, yapım yönetimi alanına olduğu kadar mimarlık, endüstri, işletme ve çevre mühendisliği, lojistik vb. alanlara da sağlayacağı katkılar nedeni ile önemli olduğu düşünülmektedir.

2. *Sektöre Katkı:* Geliştirilen modelin TZY'nin tasarım ve uygulama aşamalarını kapsaması; hem malzeme seçimi hem de tedarikçi seçimi fonksiyonlarını bünyesinde barındırması sayesinde mimarlar ve yapım yöneticileri başta olmak üzere inşaat projelerinin tüm katılımcılarına karar desteği sağlayabilmesi, önerilen modeli değerli kılmaktadır. Zira çağdaş teknolojinin imkânlarına rağmen hâlâ geleneksel yöntemlerin hâkim olduğu inşaat sektörü; yapım yönetiminin zaman, maliyet ve kalite perspektiflerini aynı anda karşılayabilen araçlara gereksinim duymaktadır.

Çevre duyarlılığı düşük, enerji sarfıyatı ve karbon ayak izi yüksek bir iş sahası olarak inşaat sektörü, çağın yeniliklerini yakalayabilmek adına ekolojik çözümlere yönelmeli ve bu konudaki akademik araştırmaların sonuçlarından yararlanmalıdır. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen model, ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde malzeme ve tedarikçi seçimi olanakları sunmaktadır. Bu bağlamda modelin, yapım yönetimine ekoloji perspektifini de kazandırması yönü ile önemli olduğu düşünülmektedir.

3. *Topluma Katkı:* İnşaat sektörü, toplumla güçlü bağları olan ve faaliyetleri toplumu doğrudan etkileyen bir meslek dalı olması nedeni ile bu alanda yapılan çalışmaların topluma katkısı önem arz etmektedir. Mimarların ve inşaat mühendislerinin öncelikli görevi, insanlar için yaşanabilir alanlar tasarlamak ve inşa etmektir. Tasarım aşamasında ekonomik olduğu kadar ekolojik malzemelerin tercih edilmesi, sürdürülebilir yapıların üretimine, ekoloji algısının toplum tarafından benimsenmesine ve çevre duyarlı bir toplumun gelişimine olanak sağlayacaktır. Uygulama aşamasında ekonomik ve ekolojik tedarikçi seçimi, zamanında ve doğru miktarda malzemenin şantiyelere tedariki ile atık malzeme miktarının ve inşaat projelerinin karbon ayak izinin düşürülmesine yardımcı olacaktır. Çalışmada hedeflenen ekolojik tasarım ve uygulamanın, çevreye ve topluma önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

1.5. Varsayımlar

Bu tez çalışması, modern bilgi teknolojilerinin tasarım ve yapım süreçlerindeki başarı için esas rolü üstlendiği düşüncesini dikkate alarak ekonomi ve ekoloji optimizasyonuna dayalı çok kriterli karar desteğinin, inşaat sektöründe malzeme tedarik sürecinde kullanılan konvansiyonel yaklaşımlardan daha etkin olduğu varsayımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın varsayımları aşağıdaki gibidir:

1. *CBS teknolojileri; İTZY sürecinde proje ve yapım yönetimi hedeflerine ulaşılmasını sağlar (H₁):* Sektörel anlamda malzeme ve tedarikçi seçimleri, kısıtlı bilgi ile ve çok az kriter göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir. Proje için uygun malzemenin seçilmemesi, yanlış zamanda gerçekleştirilen malzeme tedariki, uygun olmayan tedarikçiden malzeme temini vb. nedenler iş programında, bazen doğrudan projenin teslim tarihinde gecikmelere neden olmaktadır. BBM, iş programı ile doğrudan bütünleştirilebilen yapısı ile plan bazındaki verilerin uygulama detaylarını da kapsayan 3B görsel sunumu sağlamaktadır. Mimarlar ve inşaat mühendisleri tarafından proje ve yapım yönetimi sürecinde sıklıkla başvuru alan BBM'nin; çoklu disiplinli bir kullanıcı portföyüne sahip olan, konumsal analiz fonksiyonları başta olmak üzere veritabanı yönetimi, görselleştirme, haritalama, veri entegrasyonu ve birlikte işlerlik özellikleri ile öne çıkan CBS ile bütünleşik

kullanımının, TZY sürecinde en kısa zaman, en az maliyet ve en yüksek kalite hedeflerine ulaşılmasını sağlayacağı varsayılmaktadır. Ayrıca TZY sürecinde maliyetleri düşürerek inşaat projelerinin belirlenen bütçe dâhilinde tamamlanmasına katkı sağlayabilmektedir. CBS'nin İTZY sürecinde malzeme ve tedarikçi seçimi amaçlarıyla kullanımının; konvansiyonel yöntemlerle gerçekleştirilemeyen ya da çok zaman gerektirdiği için göz ardı edilen çoklu kriterli ve konuma dayalı analizleri gerçekleştirebileceği öngörülmektedir.

2. *CBS ve BBM'nin birlikte işlerliği, İTZY sürecinde konuma dayalı problemlere çözümler sunmakla birlikte çevre duyarlı hedeflere ulaşılmasını da sağlar (H₂):* BBM araçları, binaların enerji etkinliğini tespit etmek için kullanılan fonksiyonlara sahiptir. CBS ise güneş ışıınımı ve ısı haritalarının hazırlanmasına imkân veren fonksiyonları ile karbon ayak izinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır. İTZY sürecinde ise rota optimizasyonları ve ağ analizleri ile ekolojik yönden sürdürülebilir bir yapım yönetimine destek olmaktadır. Bu araçların bütünleşik kullanımının, inşaat projelerinin malzeme tedarik süreçlerindeki çevresel etkilerini azaltacağı ve ekonomi-ekoloji optimizasyonu sağlayacağı varsayılmaktadır.
3. *Yapım yönetimi sürecinde çevre duyarlı çözümler, aynı zamanda ekonomiktir (H₃):* Çalışma kapsamında gerçekleştirilecek tedarikçi seçimi karar destek analizleri, şantiyeye en yakın tedarikçinin ve taşıma için en uygun rotanın belirlenmesini sağlayacaktır. En uygun yolun daha az yakıt sarfıyatı ve daha düşük enerji sarfıyatı nedeni ile hem daha ekonomik hem de daha ekolojik olacağı düşünülmektedir. Ekonomi ve ekoloji optimizasyonu, inşaat projelerinin TZY sürecindeki maliyetlerini ve karbon ayak izini azaltmaktadır. Böylece önerilen modelin; yapım yönetiminin zaman, maliyet, kalite ve ekoloji hedeflerine ulaşılmasını sağlayacağı varsayılmaktadır.

1.6. Kısıtlılıklar

Bu tez çalışması, kavramsal yoğunluğu ve süreç içerisinde beliren sorunlar nedeni ile birçok kısıtlılığı da bünyesinde barındırmaktadır. İnşaat sektörü, her projenin kendine has özellikleri nedeni ile standardizasyonun bir noktaya kadar mümkün olduğu bir çalışma alanıdır. Bu bağlamda TZY anlayışı da projeden projeye farklılık

göstermektedir. Tüm bu nedenler, geliştirilen modelin standardizasyon özellikleri için birtakım kabuller yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Çalışmanın alanyazın araştırmaları esnasında, CBS ve BBM teknolojilerinin, TZY sürecinde öne çıkan iki teknoloji olduğu bulgulanmış olup bu teknolojilerin entegrasyonunu kapsayan bütünleşik bir İTZY modeli önerisi düşünülmüştür. BBM yazılımlarında oluşturulan 3B bina modelinin bağımsız bir yazılım arayüzüne çağrılabilmesi ve tüm BBM fonksiyonlarının, geliştirilen yazılım arayüzünde erişilebilir olması hedeflenmiştir. Aynı şekilde 3B bina modelinin harita tabanlı düzleme oturtulabilmesi ve CBS'nin konumsal analiz fonksiyonlarından Ağ Analizleri (Network Analysis) kullanılarak plan bazındaki verilerle harita bazlı verilerin entegrasyonu öngörülmüştür.

Ancak CBS ve BBM'nin kendine özgü standartları ve veri yapıları, her iki teknolojinin de yazılım ortamlarını kullanmaktan ziyade bağımsız bir arayüz ortamında hedeflenen entegrasyonun gerçekleştirilmesini oldukça zor hale getirmektedir. BuildingSMART tarafından geliştirilen ve açık kaynak kodlu bir veri yapısı olan IFC, CBS'nin CityGML veri yapısı ile birlikte işlerlik özelliklerine sahiptir. Fakat bu çalışmada CityGML veri yapısından yararlanılmamış olup harita tabanlı uygulamaların Google Haritalar üzerinde gerçekleştirilmesinin daha kullanıcı uyumlu olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle kapsamlı bir CBS-BBM entegrasyonundan vazgeçilmiştir. Önerilen model, CBS fonksiyonlarının desteği ile şantiye ve tedarikçi konumları arasındaki mesafe hesaplamalarını; mesafelere bağlı olarak malzeme taşıma aşamasındaki maliyet ve karbon emisyonu hesaplamalarını ve seçilen tedarikçiden şantiyenin bulunduğu konuma en hızlı güzergâhın belirlenmesi fonksiyonlarını kapsamaktadır. BBM tabanlı olarak ise *Autodesk Revit* ortamında 3B bina modeli oluşturularak metraj bilgilerinin pratik bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır.

CBS tabanlı İTZY modelinin malzeme seçimi analizleri için beşikten mezara YDD tekniğinden yararlanılması öngörülmüş; yapı malzemelerinin hammadde elde edilmesi, üretim, taşıma, kullanım ve atık yönetimi/geri dönüşüm aşamalarına ait ekoloji kriterlerinin malzeme seçimi analizlerinde kullanılması düşünülmüştür. Yine malzeme seçimi analizleri esnasında; küresel ısınma, asitleştirme, ötrifikasyon, fosil yakıt tüketimi, iç hava kalitesi, habitat değiştirme, su girdisi, hava kirleticiler, duman/kirli hava, ekotoksiste, ozon incilmesi ve insan sağlığı olmak üzere 12 adet orta nokta çevresel etki kategorilerinin kullanımı planlanmıştır; EPA tarafından geliştirilen bir

ekolojik yapı malzemesi seçimi karar destek yazılımı olan BEES için oluşturulan önem derecelerinden ve yüzdesel ağırlıklardan yararlanılması düşünülmüştür. Fakat yapı malzemelerinin bu beş aşamasına ait çevresel etki kategori değerlerinin ülkeden ülkeye, hatta bölgeden bölgeye değişmesi ve çalışmada ele alınan yapı malzemelerine ait çevresel etki kategori değerlerinin Türkiye için mevcut olmaması, çalışmanın başlıca kısıtlılıklarından biridir. Ülkemizde yapı malzemelerinin YDD süreçlerine ait herhangi bir yasal bağlayıcılığın bulunmaması ve bu alanda yapılan çalışmaların henüz yeterli olmaması, bu kısıtlılığın esas nedenleri olarak gösterilebilir. Gerçekten de birçok ülkede, yasa ve yönetmeliklerle çevre duyarlı yaklaşımlar zorunlu hale getirilirken Türkiye’de yapı sektörü özelinde bu duyarlılık çevre etki değerlendirmesi (ÇED) ve enerji kimlik belgesi (EKB) ile sınırlı kalmakta olup yapı malzemelerinin yaşam döngüsü adına herhangi bir yasa, yönetmelik ya da yaptırım bulunmamaktadır. Sektördeki çevre duyarlılık faaliyetlerine bakıldığında ise, bilinen yapı malzemesi üretici şirketlerin belirli aralıklarla Çevresel Ürün Beyanı (Environmental Product Declaration-EPD) dökümanları yayımladıkları gözlemlenmektedir. Fakat bu dökümanlar, malzemelerin beşikten kapıya YDD çalışmalarını, yani yalnızca üretim aşamalarına ait çevresel etki kategori değerlerini kapsamaktadır. Ayrıca bu aşamalarda, yukarıda listelenen 12 adet çevresel etki kategorisinden yalnızca birkaçına ait ampirik değerler mevcut olup büyük çoğunluğu hakkında hiçbir veri bulunamamaktadır.

Ulusal anlamda çevresel etki kategorilerine ait değerlerin belirlenmesi, geniş kapsamlı bir bilimsel araştırma projesinin konusu olup doktora tezinin süre kısıtlılığı da dikkate alınarak bu çalışmada değerlendirilmemiştir. Çalışmanın kapsamı daraltılarak yapı malzemelerinin üretim, taşıma ve uygulama olmak üzere 3 aşamasını kapsayan basitleştirilmiş YDD yaklaşımı geliştirilmiştir. Yapı malzemelerine ait değerlerine ulaşamayan 12 adet çevre etki kategorisi için de basitleştirilmiş bir yaklaşıma gidilmiştir. EPA tarafından geliştirilen uzman paneli çalışmasının bir bulgusu olarak çevresel etki kategorilerinin önem derecelerinde birinci sırada yer alan küresel ısınma kriteri, yapı malzemelerine ait tek ekoloji kriteri olarak belirlenmiştir (http-1, BEES, 2011). Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential - GWP), atmosfere salınan bir maddenin küresel ısınmaya katkısını ölçmek için kullanılan bir indeks olup başta sera gazı emisyonu, yani karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) olmak üzere 100 yıllık bir zaman aralığı için hesaplanmaktadır. GWP, kilogram CO₂ eşdeğeri cinsinden ölçülmektedir. Yapı malzemelerine ait birkaç çevre etki kategorisine ait değerlere

erişilebilmesine rağmen bu çalışmada, ele alınan yapı malzemeleri arasında bir kıyaslama söz konusu olduğundan, verilerine ulaşılabilen tek kriter GWP'dir. Bu kriterin tek başına yapı malzemelerinin ekoloji kriteri olarak yeterli olup olmadığı tartışmaya açık bir konu olmakla birlikte bu çalışmada, zorunlulukların doğurduğu bir kabul olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geliştirilen basitleştirilmiş YDD yaklaşımı da kendi içinde birtakım kısıtlılıkları barındırmaktadır. Malzemelerin üretim aşamasına ait GWP değerlerine ulaşılabilir olsa da taşıma ve uygulama aşamalarına ait herhangi bir GWP değeri mevcut değildir. Taşıma aşaması için geliştirilen formül, Condeixa vd. (2015, s. 7916) tarafından kullanılan malzeme taşıma karbon emisyonu formülünden uyarlanmış olup Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 5. İklim Değişikliği Değerlendirme Raporu IPCC2013'te tanımlanan taşımacılık faktörü dikkate alınmıştır (http-2, IPCC, 2013). Uygulama aşamasına dair ise daha önce yapılmış herhangi bir çalışma, dolayısı ile herhangi bir formül ya da veri bulunmamaktadır. Malzemelerin uygulama aşamaları için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan yıllık kişi başına düşen karbon salınımı değeri ile inşaat adam/saat tablolarındaki imalat süre değerinin çarpımını kapsayan pratik bir formül geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşım, yalnızca işçilik karbon emisyonunu vermekte olup malzeme ve yardımcı malzemelerin karbon emisyonu için bir katsayı belirlenmesi ya da daha kesin bir formülün elde edilmesi gerektiği açıktır. Bu tez çalışmasının süre kısıtlılığı, malzeme uygulama aşamasında daha bilimsel ve kesin bir formülün geliştirilmesi önünde büyük bir engel teşkil etmektedir.

Önerilen modelin tedarikçi seçimi aşaması için belirlenen kriterlerin önem derecelerinin ve yüzdesel ağırlıklarının belirlenmesi için; inşaat sektöründe, akademi ve kamu kuruluşlarında yapı malzemelerinin siparişi, satın alınması ve tedariki üzerine uzman kişilerden oluşan bir grupta uzman paneli gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Fakat bahsi geçen kişilerin aynı anda bir araya getirilmesi; meşguliyet, ilgi ve isteksizlik vb. birkaç nedenle mümkün olmamıştır. Bu sebeple, belirlenen kriterlerin önem derecelerini ve yüzdesel ağırlıklarını belirlemek için bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması; bu çalışmalarda verilen yanıtların, katılımcılar tarafından manipüle edilme ihtimalini barındırdığından; anket kapsamındaki soruların katılımcılar tarafından yanlış anlaşılabilir olarak yanıtlanmış olması her zaman ihtimal dâhilinde olduğundan ve anket sonuçlarının isteğe göre düzenlenmeye müsait istatistik veriler

olması nedeni ile kesin olmayan ve tartışmaya açık bir veri toplama aracıdır. Çalışmada uzman paneli yerine anket çalışması gerçekleştirilmesi, bu tez çalışmasındaki bir diğer kısıtlılık olarak görülmektedir.

Yapı malzemeleri için tedarikçi seçimi amacı ile belirlenen kriterler, nitel ve nicel özelliklere sahiptir. Örneğin *fiyat* kriteri, her bir tedarikçi için malzeme sipariş fiyatına karşılık gelmekte olup sayısal olarak ifade edilebilmekteyken *kalite*, yapı malzemesinin kalitesini belirten ve sayısal değerle ifade edilemeyen, nitel bir kriterdir. Bu şekilde sayısal ve özniteliksel kriterleri ortak bir skalada değerlendirilebilecek şekilde standardize etmek, ancak tedarikçilerden veri toplama ve belirlenen tedarikçi seçimi kriterlerini formüle etme yolu ile mümkündür. Yapı malzemesi tedarikçileri üçüncü şahıslarla, inşaat sektörünün rekabetçi yapısı nedeni ile ve verilerinin paylaşılması yolu ile zarara uğratılma düşüncesi ile tedarik ettikleri malzeme türleri dışında herhangi bir bilgiyi paylaşmamaktadır. Tedarikçilerden veri toplanamaması, tedarikçi seçimi kriterlerinin standardizasyonunun da gerçekleştirilememesine neden olmuştur. Bu nedenle tedarikçilerin değerlendirilmesi için ödül puanı yaklaşımı geliştirilmiştir. Tedarikçi seçimi için belirlenen 10 ana kriterden *fiyat*, *teslimat*, *coğrafi konum*, *tedarikçi kapasitesi* ve *ekolojik özellikler*; elde edilen malzeme ve tedarikçi verilerine bağlı olarak normalize edilirken *kalite*, *ödeme planı/şekli*, *tedarikçi profili*, *ikili ilişkiler* ve *malzeme teknik özellikleri* kriterleri için 1-10 aralığında varsayımsal değerler atanmıştır. Tedarikçi seçimi analizlerinin gerçek veriler yerine varsayımsal değerler kullanılarak yapılması, bu tez çalışmasındaki kayda değer kısıtlılıklardan biridir. Bu kısıtlılık beraberinde bir başkasını da getirmektedir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen ve *ECO-SUPPLY* olarak adlandırılan yazılım aracı; uzunca bir zaman diliminde gerçekleştirilen yoğun bir çalışmanın ürünü olsa da, tedarikçilerden elde edilen gerçek veriler olmadan sektöre katkı sağlayan bir yazılım olmaktan ziyade yalnızca bu tez çalışmasında önerilen modelin anlamsal bütünlüğünü ve uygulanabilirliğini sınamak üzere kullanılabilen bir araç olarak kalmaktadır.

1.7. Tanımlar

1.7.1. Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY)

Proje yönetiminin kaynak yönetimi alt birimi içinde ele alınan tedarik zinciri; bütünsel bir ağda, hammadde temininden ürünlerin son tüketicilere dağıtım ve pazarlanmasına kadarki tüm iş süreçlerinin birlikte uyum içinde hareketini sağlamak

üzere, malların ve bilginin akışını yöneten bütünleşik bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Paksoy, 2005, s. 435). Tedarik zinciri; müşteriye fayda sağlamak üzere; malzemenin tedariki, tedarik edilen malzemenin yarı mamul ve mamullere dönüştürülmesi ve bu mamullerin müşterilere dağıtılması fonksiyonlarını zincire değer katarak gerçekleştiren şirket içi ve dışı fonksiyonlardan oluşan fiziksel ve teknolojik araçlar, süreçler ve yöntemlerden oluşan bütünleşik bir ağıdır (Şerbetçioğlu, 2007, s. 4).

Tedarik zinciri yönetimi ise; malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar (olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım dahil) yönetimini kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir (Tan vd. 1998, s. 2).

Tedarik Zinciri Profesyonelleri Konseyi'nin (CSCMP) TZY tanımı ise şu şekildedir:

“Tedarik Zinciri Yönetimi; satın alma, dönüştürme ve tüm lojistik faaliyetlerdeki planlama ve yönetimi içerir. Aynı zamanda tedarikçiler, ara aktörler, üçüncü şahıs (third party) hizmet sağlayıcıları ve/veya müşterilerden oluşan zincir aktörleri ile koordinasyon ve işbirliğinin sağlanması da tedarik zinciri yönetiminin kapsamındadır” (http-3, CSCMP, 2008).

1.7.1.1. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi (YTZY)

1980'lerde gerçekleşen üretimde kalite atılımı ve 1990'lardaki tedarik zinciri devrimi, malzeme yönetimi ve TZY alanındaki uygulamaların çevresel yönetim anlayışına ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. TZY ile şirketler arası rekabet düzeyi artarken çağın yönelimlerine de uyum sağlamak öncelikli bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır. Bu gelişmeler klasik TZY'den YTZY'ye geçişi zorunlu kılmaktadır. YTZY; ürün tasarımı, malzeme tedariki ve seçimi, üretim aşaması, son ürünün kullanıcıya teslimatından ürünün yaşam sonu yönetimine kadar tüm TZY süreçleri ile çevresel düşünce sisteminin bütünleştirilmesi olarak tanımlanmıştır (Srivastava, 2007, s. 54-55).

1.7.1.2. İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi

“İnşaat tedarik zinciri, müşterinin talebinden başlayarak en son yıkımına kadar olan çok geniş bir süreci kapsamaktadır. İnşaat tedarik zinciri yönetimi; tasarım, inşaat, ana yüklenici, alt yüklenici ve tedarikçi arasındaki bilgi, malzeme ve nakit akışlarının etkin olarak yönetilmesidir” (Şerbetçioğlu, 2007, s. 2).

İnşaat tedarik zinciri yönetimi; tedarikçiler, yükleniciler, müşteriler ve diğer kuruluşların, inşaat projeleri için malzeme, tesis, geçici işler, ekipman ve işçilik ve/veya diğer kaynaklar üretmek amacı ile bilgi üretmek ve kullanmak için birlikte ve koordinasyon halinde çalıştıkları bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Hatmoko ve Scott, 2010, s. 36).

1.7.2. Bina Bilgi Modellemesi (BBM)

BBM; bir tesisin tüm ilgili kişiler tarafından sanal ortamda işbirliği içinde tasarımını, inşasını ve işletilmesini sağlayan teknoloji, süreç ve ilkeler bütünüdür. (Succar, 2013, s. 3). BBM kavramları, araçları ve iş akışları alanyazında, sektöre yönelik seminerlerde ve çevrimiçi oturumlarda çokça tartışılmıştır. Bununla birlikte BBM, sektörün etkinliğini ve etkililiğini artıran ve yetersiz birlikte işlerlik özelliklerinin neden olduğu yüksek maliyetleri engelleyen bir teknoloji olmasının yanı sıra, sektördeki değişim için bir katalizör olarak tanımlanmıştır (Hampson ve Brandon, 2004, s. 20; Hardin, 2015, s. 25).

“BBM bir yapı projesinin fiziksel ve fonksiyonel karakteristiklerinin ve bu projenin maliyet, malzeme, bina, tür, ekipman, enerji analizi, montaj gibi bütünleşik tasarım ve inşaat verileri ile ilişkili parametrelerinin 3B dijital sunumudur. BBM, yapı ile ilgili tüm tasarım ve yapım aşamalarına ait verilerin yapı sahibi, tasarımcı, uygulamacı, yüklenici tarafından erişimine ve paylaşımına izin vererek yapının yaşam döngüsünü uzatan ve tesis yönetimini geliştiren bir sistemdir” (Hardin, 2015)

Amerika Müteahhitler Birliği’ne (Associated General Contractors-AGC) göre BBM, bir tesisin inşasını simüle eden bilgisayar yazılım modelinin gelişimi ve kullanımudur. Bir bina bilgi modeli, inşa edilecek tesisin veri yönünden zengin, nesne yönelimli, akıllı ve parametrik dijital modeli olup çeşitli kullanıcıların görüntülemesine, ayıklayıp analiz etmesine olanak sağlayan verileri kapsamaktadır (http-4, AGC, 2008).

ABD Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü (National Institute of Building Sciences - NIBS) ise BBM’yi şu şekilde tanımlamıştır:

“Bina Bilgi Modeli; görselleştirme, mühendislik analizleri, çakışma analizleri, kod kriter kontrolü, maliyet kontrolü, uygulanan ürün, bütçeleme ve diğer birçok amaç doğrultusunda bir tesisin elektronik modelinin oluşturulmasıdır” (NIBS, 2007, s. 150).

1.7.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)

YDD, 90'lı yılların başından bu yana karmaşık karar verme süreçlerinde gittikçe daha sık başvurulmuş ve sürekli geliştirilen bir yöntemdir (Guinee vd, 2011, s. 90).

“YDD yöntemi, bir ürün ya da hizmet üretiminde kullanılan hammaddelerin elde edilmesinden başlayarak, ilgili tüm üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafı da kapsayan yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkilerini belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan bir tekniktir” (Demirer, 2011, s. 5).

EPA (1995), YDD'yi şu şekilde tanımlamıştır:

“YDD; bir ürün, süreç ya da aktivitenin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisini ve çevresel iyileştirmeleri gerçekleştirme olanaklarını belirlemek amacı ile kullanılan bütünsel bir kavram ve yöntemdir. YDD'de söz edilen yaşam döngüsü; hammadde satın alma, üretim, kullanım/yeniden kullanım, bakım ve geri dönüşüm/atık yönetimi aşamalarını kapsamaktadır.” (http-5, EPA, 1995).

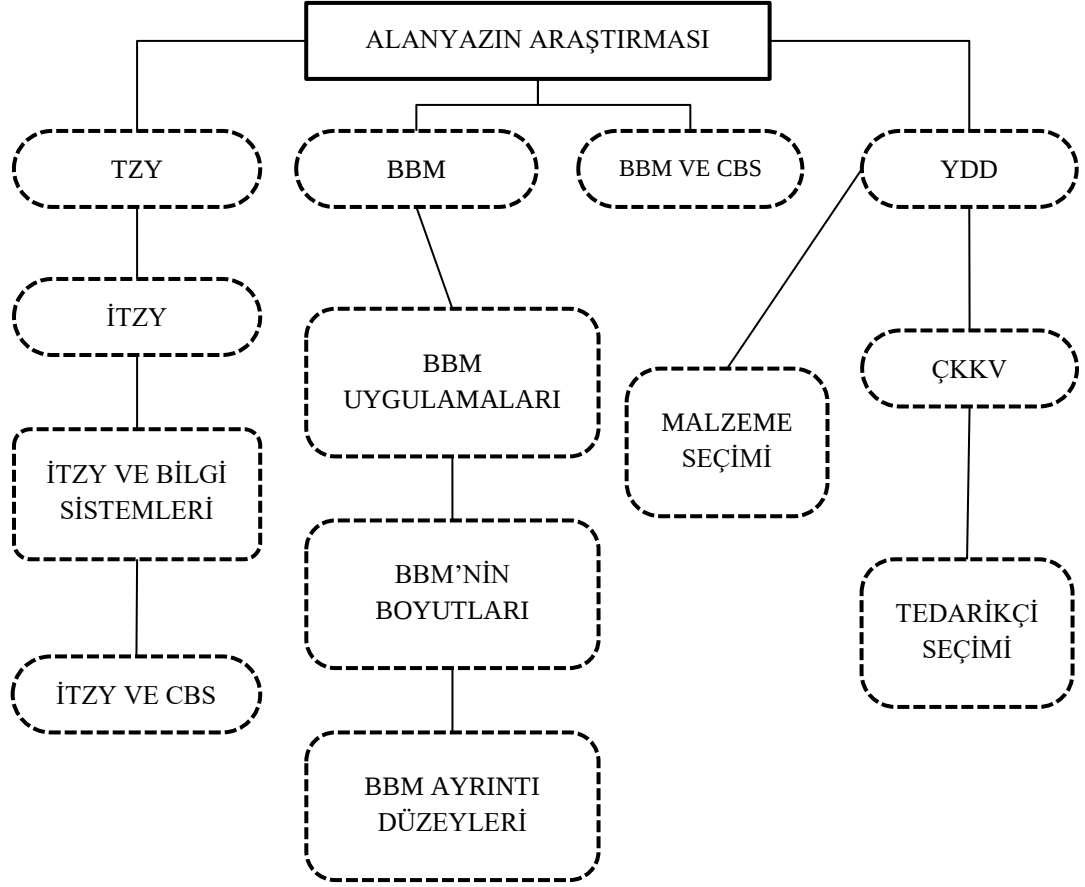
YDD; harcanan enerjinin, atık oluşumunun ve uzaklaştırılmasının, doğal kaynakların kullanımının ve tüketiminin miktarını ölçmektedir. Bu değerlendirmeler ürünün beşikten mezara kadar olan sürecinde incelenirken kapsam, araştırmacı tarafından sınırlandırılabilir.

2. ALANYAZIN

Son on yılda birçok araştırmacı tarafından yapım yönetiminin malzeme odaklı faaliyetleri odağındaki problemlerin çözümü üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İşletme ve endüstri mühendisliği alanlarında oldukça geniş bir alanyazına sahip olmasına karşın inşaat mühendisliği alanında daha önce yaygın bir araştırma ve uygulama konusu olarak ele alınmamış olan TZY süreci için model önerileri geliştirilerek İTZY alanyazınında önemli katkılar sağlanmıştır. Çağdaş bilgi teknolojilerinin sunduğu olanaklar sayesinde gelişmiş modeller ve araçlar geliştirilmiştir. Hızlı Cevap (Quick Response-QR) ve Radyo frekansı tanımlama (Radio-frequency identification - RFID) teknolojileri, TZY'nin tarihsel süreci içinde yararlanılan ilk teknolojiler olarak karşımıza çıkarken İTZY'de CBS'nin öncelikli olarak tercih edilen bir bilgi teknolojisi olduğu gözlemlenmiştir. BBM araçlarına inşaat projelerinin malzeme lojistik ve tedariki süreçlerinde yararlanılabilecek fonksiyonların eklenmesi ile BBM de TZY alanında kullanılabilen bir teknoloji olarak benimsenmiştir. BBM ve CBS birlikte işlerliğinin İTZY için önemli bir gelişme olduğu anlaşılmaktadır. Farklı standartlara sahip bu teknolojilerin çeşitli amaçlar çerçevesinde entegrasyonu üzerine geniş bir alanyazın mevcuttur. Alanyazın kapsamında çalışmanın ekoloji boyutunun önemli bir ayağı olan, çevre duyarlı tasarım ve uygulamaya olanak sağlayan YDD üzerine yapılan çalışmalar, malzeme seçimi amacı kapsamında araştırılmıştır. Ayrıca çok kriterli problemlerin çözümünde yararlanılan ÇKKV yöntemleri tedarikçi seçimi aşamasına dayalı olarak araştırılmıştır. Şekil 2.1'de alanyazın çalışmalarının şematik gösterimi sunulmuştur.

2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin (TZY) Tarihsel Gelişimi

1950'lerde ve 1960'larda, üreticiler, ürün ve süreç esnekliğine çok az izin veren fordist üretim anlayışını benimsemiştir. Yeni ürün geliştirme faaliyetleri yavaş ve kurum içi teknolojiye ve kapasiteye bağlı kalarak ilerlemiştir. Koordinasyonlu ve stratejik alıcı-tedarikçi ilişkileri, teknoloji ve uzmanlık paylaşmanın riskli ve güvensizliğinden dolayı kabul edilemez bulunduğundan pek değer kazanmamıştır. Satın alma fonksiyonu genel olarak üretime bir hizmet olarak görülmüş olup yöneticiler satın alma konularına pek eğilmemişlerdir (Tan, 2001, s. 40).



Şekil 2.1. Alanyazın şematik gösterimi

1970'lerde, Üretim Kaynak Planlaması (Manufacturing Resource Planning-MRP) sisteminin tanıtılmasından sonra yöneticiler; süreç içi çalışmaların, üretim maliyeti, kalite, yeni ürün geliştirme ve teslimde tedarik zamanları üzerine olan önemli etkisini fark etmişlerdir. Bu dönemde, şirketler kendi içlerinde pazarlama, üretim ve finansman ile ilgili dağıtım faaliyetlerini yürütecek merkezi birer fiziksel dağıtım bölümü oluşturmuşlar ve her bir faaliyetin lojistiğini ayrı ayrı en iyilemek yerine bütün sistemin lojistik yönetimini birleştirmek gerektiğini anlamışlardır. Bunun sonucunda, farklı depolar arası, depolama ve taşıma fonksiyonları ve müşteri hizmet seviyeleri bütünleştirilmiş ve tedarik zinciri yönetimi gelişiminin ilk safhası olarak adlandırılan fiziksel dağıtım yönetimi aşamasına geçilmiştir (Metz, 1998, s. 3). Fiziksel dağıtım kavramını ilk kullanan kişi olan Bowersox, dağıtım fonksiyonunun şirket dışında, kanal-içi entegrasyonla, rekabetçi bir avantaj sağlayacağını öne sürmüştür.

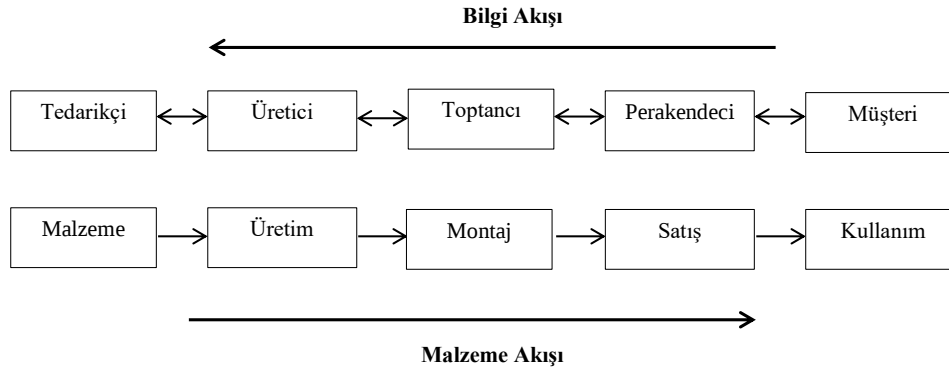
1980’lerde şirketler arasındaki büyük rekabet, bu kuruluşları kalite ve maliyetten ödün vermeden en güvenilir ürünleri sunmaya zorlamıştır. Bunun sonucunda Tam Zamanında (Just in Time- JIT) gibi yönetim anlayışları kullanılmaya başlanmıştır. JIT, depolama alanını ve tedarik zamanlamasını düşüren etkin bir yönetim anlayışı olarak benimsenmiştir (Tan, 2001, s. 41).

Tedarik zincirinin ilk öncüsü sayılan Hızlı Cevap (Quick Response-QR) sistemi ise 1985’lerde geliştirilmiştir. İlk defa tekstil sektöründe kullanılan bu teknolojiyi Etkin Müşteri Cevabı (Efficient Consumer Response -ECR) programları izlemiştir. ECR’den bir sonraki gelişme, Sürekli İkmal Planlaması (Continous Replenishment Planning-CRP) olarak ortaya çıkmıştır. 1980’den sonra, bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, malzeme yönetimine büyük katkılar sağlamıştır. (Lummus ve Vokurka, 1999, s. 13)

1990’lardan sonra yöneticiler, tedarikçilerden alınan mal ve hizmetlerin, şirket müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılama yeteneği üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu fark etmişlerdir. Yöneticiler aynı zamanda kaliteli mal üretmenin de tek başına yeterli olmadığını anlamışlardır. Ürünleri müşteriye zamanında, doğru yere, uygun tekniklerle ve istenen miktarda, maliyet-etkin bir yöntemle ulaştırmak yeni başarı yöntemi olmuştur. Bütün bu gelişmeler sonucunda, şirket yöneticileri yalnızca kendi firmalarını yönetmenin yeterli olmadığını farkına varmışlardır. Böylece, kendilerine girdi temin eden yukarı yöndeki bütün şirketlerin yer aldığı ağın ve aynı zamanda ürünleri son müşteriye ulaştıran ve satış sonrası hizmetleri veren bütün şirketlerin yer aldığı ağın bütününün yönetiminde yer almaları gerektiğini anlamışlardır Bu süreç, literatürde “Tedarik Zinciri Yönetimi” olarak adlandırılmıştır (Houlihan, 1985: 25). TZY, belirlenmiş işlemleri tamamlamak için ayrı ayrı şirketler yerine şirketler topluluğuna odaklanmaktadır. Daha geniş bir bakış açısı ile tedarik zinciri, bir servis ya da bir ürün sağlamak için birçok şirketin beraber çalıştığı bir yapıdır. Şekil 2.2’de tedarik zinciri yönetimi bileşenleri verilmiştir. Tedarik sürecinin aktörleri arasında malzeme ve bilginin ters yönlü akışı, tedarik zinciri yönetiminin temel özelliklerinden birini oluşturmaktadır.

Tedarik Zinciri Yönetimi, gerek akademik gerekse sektörel çalışmalarda lojistik yönetimi ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Ancak bilgi sistemlerinin bütünleştirilmesi, planlama, kontrol ve koordinasyon gibi bileşenleri kapsayan Tedarik Zinciri Yönetimi, lojistikten daha kapsamlı bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Tedarik Zinciri Yönetimi; son kullanıcılardan müşterilere katma değer sağlayan ürün,

servis ve bilgileri temin eden tedarikçilere kadar gerçekleştirilen iş süreçlerinin entegrasyonudur (http-6, Council of Logistic Management, 2001). Sistemin genel yapısını iş süreçleri, yönetim bileşenleri ve tedarik zincirinin yapısı olmak üzere üç temel ve birbiri ile ilişkili bileşen oluşturmaktadır. İş süreçleri, müşteriler için belirli bir değer çıktısı üreten işlemlerdir. Yönetim bileşenleri, iş süreçlerinin düzenlendiği ve yönetildiği bir bileşen iken tedarik zinciri yapısı, tedarik zinciri içerisindeki şirketlerin yapılanmasını ifade etmektedir (Cooper vd. 1997, s. 5).



Şekil 2.2. Tedarik zinciri yönetimi genel yapılanması (Christopher, 1992)

2.1.1. İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi (İTZY)

İnşaat sektörünün yüksek maliyet, uzun süre ve farklı birçok katılımcı gibi karakteristik özellikleri inşaat projelerinde planlama ve yönetim uygulamalarının zorlukla gerçekleştirilmesine neden olmaktadır. Bu durum, inşaat projelerinde maliyetin önemli bir bölümünü oluşturan malzeme için de geçerlidir. Tam bir planlama olmaksızın malzeme tedarikinde çeşitli zorluklar yaşanabilmektedir.

Projelerin uygulama aşamasında kullanılan malzemelerin inşaat alanına süre, kalite, maliyet ve saha şartları kriterlerini optimize edecek şekilde getirilmesi istenmektedir. Fakat bu süreç, çoğunlukla kötü zamanlama, bilgi ve iletişim eksikliği vb. nedenlerle sancılı hale gelmekte ve projenin yönetim başarısına doğrudan etki etmektedir. İnşaat tedarik zinciri, müşterinin talebinden başlayarak yapının servis ömrünün sonunda yıkımına kadar olan çok geniş bir süreci kapsamaktadır.

İnşaat sektöründe malzeme yönetimi, geçmiş deneyimlere bağlı olarak ve kısıtlı bilgi ile sağlanmakta; bu nedenle daha sistematik yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

O'Brien (1998, s. 9-122), inşaat malzeme tedarik yönetiminin geleneksel yapım tekniklerine yeni bir yaklaşım önerdiğini, maliyetlerin düşürülmesi ve inşanın hızlandırılmasını sağladığı belirtilmiş, ele alınan iki örnek proje üzerinden tedarik zinciri yönetiminin etkin yönleri vurgulanmıştır. İnşaat malzeme tedarik zincirinin optimum maliyetle daha gelişmiş bir koordinasyon ve kontrole olanak tanıdığı, bu nedenle gerçekleştirilmesi mümkün bir sistem olduğu bildirilmiştir. Maliyet ve üretim arasındaki daha gelişmiş bir bağlantının, sistem optimizasyonuna izin vereceğini belirten O'Brien, tedarik zinciri yönetiminin üretime odaklanarak güçlü bir mühendislik disiplini, projeye değer katma iddiasındaki altyüklenici ve tedarikçilere odaklanarak da etkin bir proje yönetimi sunduğunu belirtmiştir.

Akintoye vd. (2000, s. 159-168), malzeme tedarik yönetiminin inşaat sektörü uygulamacıları tarafından ne derece anlaşılmış ve benimsenmiş olduğunu belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında, İngiltere'nin tanınmış yüz yüklenici şirketine, bu yönetim anlayışı hakkında sorular içeren bir anket uygulamışlardır. Yedi bölümden oluşan ve katılımcılara tedarik zinciri işbirliği ve yönetiminin kendileri için ne derece önemli olduğu sorusunu yönelten anketin sonuçları, katılımcıların büyük çoğunluğunun projelerin başarısı için tedarik zinciri yönetimini önemli ya da çok önemli bulduklarını göstermiştir.

Dubois ve Gadde (2000, s. 207-215), inşaat sektöründe satın alma davranışları içerisinde tedarik zinciri stratejisinin yerini araştırdıkları çalışmalarında; kişisel görüşmeler yardımı ile proje yöneticilerinden ve yüklenicilerden veri toplamış; inşaat projelerindeki faaliyetlerin aktörler arasında kusursuz bir iletişime ihtiyaç duyduğunu, bu nedenle tüm departmanları birbirine bağlayan ağ yapısının, etkili bir tedarik zinciri sağlayacağını bulgulamışlardır.

Vrijhoef ve Koskela (2000, s. 171), inşaatla TZY için dört ana görev önermişlerdir. Bu görevler: 1) tedarik zinciri ile şantiye arasındaki arayüze odaklanmak, 2) tedarik zincirine odaklanmak, 3) faaliyetlerin şantiyeden tedarik zincirine aktarılmasına odaklanmak, 4) tedarik zinciri ve şantiyenin bütünleşik yönetimine odaklanmak şeklindedir. Hollanda ve Finlandiya'daki üç adet inşaat projesini örnek olay olarak belirleyerek önerilen görevlerde TZY problemlerini ortaya koymuşlardır. Çalışmada, TZY'nin inşaat sektöründe uygulanabilirliğinin artırılması için pratik yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Saad vd. (2002, s. 173), tedarik zinciri yönetimini, Rothwell (1992) tarafından tanımlandığı gibi “beşinci kuşak inovasyon” olarak tanımladıkları çalışmalarında bu stratejik anlayışın, inşaat sektöründe henüz başlangıç aşamasında olduğunu vurgulamışlardır. İnşaat sektöründe tedarik zinciri yönetiminin gelişiminin bir inovasyonun ayırt edici özelliklerini taşıyıp taşımadığını, bir anket çalışması ile araştırmış; sonuç olarak inşaat sektörünün Tam Zamanında (Just in Time - JIT) ve Toplam Kalite Yönetimi (TQM) gibi öncül inovasyonlardan yararlanmadan İTZY anlayışını benimsediğini bulgulamışlardır.

İTZY üzerine uygulamaya yönelik bir araştırmada Polat vd. (2006, s. 1185–1198), ekonomik bir donatı tedarik zinciri yönetimi önerdikleri çalışmalarında yerinde ve saha dışında inşaat donatı imalatını ekonomik yönden karşılaştırarak yerinde donatı imalatının daha az maliyetli olduğunu bulgulamışlardır. Polat vd. (2009, s. 29-39), bir başka araştırmada daha önceki çalışmalarından farklı olarak depolama ve bekleme maliyetlerini de dikkate alarak yerinde donatı imalatı ile saha dışında donatı imalatını ekonomik yönden karşılaştırmışlar; saha dışında imalatın, yerinde imalattan daha ekonomik olduğu sonucuna varmışlardır.

Şerbetçioğlu (2007, s. 55-100), yüksek lisans tez çalışmasında bütünleşik bir inşaat proje yönetimi modeli önermiştir. Tedarikçi ve alt yüklenicilerin seçilmesi ve değerlendirilmesi için bir dizi kriter belirleyerek bir örnek inşaat altyapı projesi için modelin uygulamalarını gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonunda, İTZY’nin yalnızca üretim sektöründe değil inşaat sektöründe de uygulanabileceği hipotezi doğrulanmış, ancak inşaat sektörü için yeni bir kavram olduğu için araştırmalar sayesinde geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışma, ülkemizde İTZY’yi akademik anlamda irdeleyen ilk çalışma olarak öne çıkmaktadır.

2.1.2. İTZY ve bilgi teknolojileri

Bertelsen (1993, s. 2), iyi planlanmamış bir tedarik zincirinin, proje toplam maliyetini yaklaşık %10 yükselttiğini ileri sürmüştür. Malzeme tedarikinin daha etkin yapılabilmesi ve gecikmelerin önlenmesi için bilgi teknolojilerinin kullanımı önerilmiştir. Alanyazında, inşaat tedarik zinciri yönetiminin entegrasyonunu geliştirmek amacı ile çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalarda, zaman ve maliyet kaynaklarını görüntülemek için bilgi teknolojilerinin olanaklarından yararlanılmaktadır (London ve Kinley, 2001, s. 781-786).

Bilgi teknolojilerinin kullanımı, iş kalemleri arası ilişkilerin kurulması yolu ile geleneksel yönetim yapılarından daha etkin bir yönetim anlayışı sunmaktadır. Radyo frekans ile tanımlama (Radio-frequency identification - RFID), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Küresel konumlama sistemi (Global Positioning System - GPS) gibi teknolojiler; malzemelerin konumunun saptanması, takibi, inşaat sahasında depolanması ve uygulanması esnasında otomatik veri toplama yeteneklerine sahiptir.

2.1.3. İTZY ve CBS

İnşaat sektörü küresel ölçekte büyümekte ve bu durum, üretim ve malzeme yönetimi optimizasyonu için TZY anlayışının gelişimini zorunlu hale getirmektedir. İnşaat projelerinin yönetimi aşamasında değerlendirilen yapı malzemesi seçimi ve bu malzemenin tedarik edileceği tedarikçi şirketlerin tespit edilmesi, projenin başarısı için oldukça önemli faaliyetlerdir. Malzeme tedarik edilirken; tedarikçilerin coğrafi konumu ve şantiyelere uzaklıkları, yapım maliyet ve kalitesine doğrudan etki eden faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. CBS; mühendislik, planlama ve analizi kapsayan birçok disiplin tarafından kullanılmaktadır. İnşaat tedarik zinciri sürecini geliştirmek amacı ile inşaat malzeme tedarik zinciri yönetimi ile CBS'yi entegre eden çalışmalar yapılmıştır.

Çin'in belirli bir bölgesinde malzeme bilgisini sorgulayan bir e-ticaret uygulaması için internet tabanlı bir CBS uygulaması geliştirilmiştir. Bu çalışmada, şantiyeye malzeme tedarik sürecinde CBS'nin en kısa yol analiz fonksiyonlarının, proje ve kaynak yönetimine sağladığı yararları da değinilmiştir. (Li vd, 2003, s. 690).

Li vd. (2005, s. 331), şantiye içi ters lojistik uygulaması için CBS ve GPS destekli bir malzeme yönetim sistemi önerdikleri çalışmalarında ERP'nin bu sistemlerle entegrasyonunun şantiyelerde malzeme atıklarının azaltılmasında etkililiğine vurgu yapmışlardır. Ghanem ve Arfaj (http-7, 2008); CBS'nin coğrafi referanslı veri sağlama, ilişkisel verileri görselleştirme ve haritalama gibi özelliklerinin ERP'nin servis odaklı mimarisi ile bütünleştirilmesini önermişlerdir. ESRI ve ERP SAP yazılımları arasında geliştirilen entegrasyon yöntemleri, iki sistemin birlikte çalışabilirlik özelliklerine temel bir örnek teşkil etmektedir.

Jadid ve Idrees (2013, s. 1076-1080), malzeme tedarikçilerinin konumlarının tespit edilmesini sağlayan CBS etkileşimli bir karar destek aracı geliştirmişlerdir. Sistem, web haritalama hizmetlerinin İTZY sistemleri ile entegrasyonunu geliştiren

etkileşimli bir CBS uygulamasıdır. CBS teknolojisinin inşaat sektöründeki uygulamalarının sektörün verimliliğini arttırıp maliyetleri azaltacağı belirtilmiştir.

İnşaat sektöründe veri yönetimine, CBS destekli bir yaklaşım getiren bir diğer çalışmada, web haritalama servisleri İTZY sürecinde kullanılan verilerle bütünleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada geliştirilen sistem, inşaat projelerinin plan bazındaki verileri ile harita tabanlı verilerini bütünleştirerek verilerin tek ortam üzerinden yönetimine olanak sağlamaktadır. CBS'nin imkânlarından yararlanan bu yaklaşımın inşaat sektöründe kullanılmasının verimliliği artıracığı ve maliyetten tasarruf sağlayacağı belirtilmiştir (Jadid, 2016, s. 1210).

İTZY sistemlerinde kullanılan verilerin büyük kısmı; yazılım uygulamaları, barkod okuyucuları ve sensörler gibi otomatik sistemlerden elde edilmektedir. Bu bağlamda RFID ve GPS teknolojilerini CBS ile entegre eden uygulamalar, konumsal kaynaklı problemlere etkin çözümler getirebilmektedir. Otomatik takip sistemlerinin yapım sürecinde kullanılmasının esas nedeni; etkililiği artırmak, veri giriş hatalarını ve işgücü maliyetlerini azaltmaktır. RFID ve CBS uygulamaları şantiyelerde yalnızca otomatik takip avantajı değil, aynı zamanda CBS ile uyumlu ve tedarik zinciri boyunca kullanılabilen gerçek zamanlı ulaşım bilgisi de sağlamaktadır.

2.2. Bina Bilgi Modellemesi (BBM)

İnşaat sektörü; proje maliyetini düşürmek, üretkenlik ve kaliteyi artırmak ve proje teslim süresini kısaltmak amacı ile uzun süredir yeni tekniklere ihtiyaç duymaktadır. BBM bu hedefleri gerçekleştirme potansiyeline sahiptir (Azhar vd, 2008, s. 435). BBM teknolojisi ile bir yapının sanal modeli dijital olarak oluşturulabilmektedir. BBM; yapının doğru geometrisini ve tasarım, malzeme tedarik, üretim ve inşaat faaliyetlerinin yönetimi için gerekli verileri kapsamaktadır. Bir bina bilgi modeli; geometri, konumsal ilişkiler, coğrafi bilgi, metrajlar ve yapı malzemelerinin özellikleri, maliyet tahmini, malzeme stokları ve proje iş programı olmak üzere yapının tüm yaşam döngüsünü göstermek için kullanılabilir (Bazjanac, 2006, s. 42).

BBM'nin ana kavramlarından biri tasarım aşamasından bakım- onarıma ve hatta binanın yıkımına kadar binanın tüm yaşam döngüsü içeren modellerin kullanımınıdır. (Eastman vd, 2011, s. 29). Bu sayede modelde saklanan bilgiler proje katılımcıları arasında paylaşılabılır, güncellenebilir ve projenin farklı alanlarında ve safhalarında yeniden kullanılabilir. (Jiang, 2011, s. 30).

Stanford Üniversitesi tarafından yapılan çalışmada 32 büyük inşaat projesinden toplanan veriler ışığında BBM'in faydaları aşağıdaki gibi sıralanmıştır (CRC for Construction Innovation participants, 2007, s. 3-4):

- Bütçelendirilmemiş proje değişikliklerinin %40'a kadar azaltılması
- Geleneksel keşif yöntemlerine göre daha yüksek doğruluklu maliyet tahmini
- Maliyet analizi için %80 civarında zaman tasarrufu
- Çakışma analizleri sayesinde %10 oranında daha düşük sözleşme bedeli
- %7 oranında proje zaman tasarrufu

2.2.1. BBM'nin uygulama alanları

Tasarım Modelleme: Parametrik nesne yönelimli yaklaşımı sayesinde BBM, tasarımcılara yapı iş programını ve şartnameleri kapsayan 3B modelden bina projesinin kapsamlı uygulama çizimlerini otomatik olarak hazırlama imkânı sunmaktadır. Ayrıca BBM'deki bütünleşik model tasarım aşaması daha sonra yapı iş programında ve keşif çalışmalarında kullanılabilecek bilgilerin geliştirilmesini sağlamaktadır.

Koordinasyon: Sanal tasarım ve yapım ortamı mimari, statik-betonarme, elektrik ve sıhhi tesisat modelleri arasındaki çakışmaların belirlenmesini sağlayan *çakışma tespiti (clash detection)* özelliğine sahiptir (Şekil 2.3). Diğer yandan, bina bilgi modeli oluşturulurken bir değişiklik oluştuğunda, bu değişiklikler projenin farklı modellerine yansıtılacaktır. Bu durum zaman tasarrufu sağlarken proje veri ve dokümanları arasındaki tasarım koordinasyonunu da mümkün hale getirmektedir. (Gu ve London, 2010, s. 988)

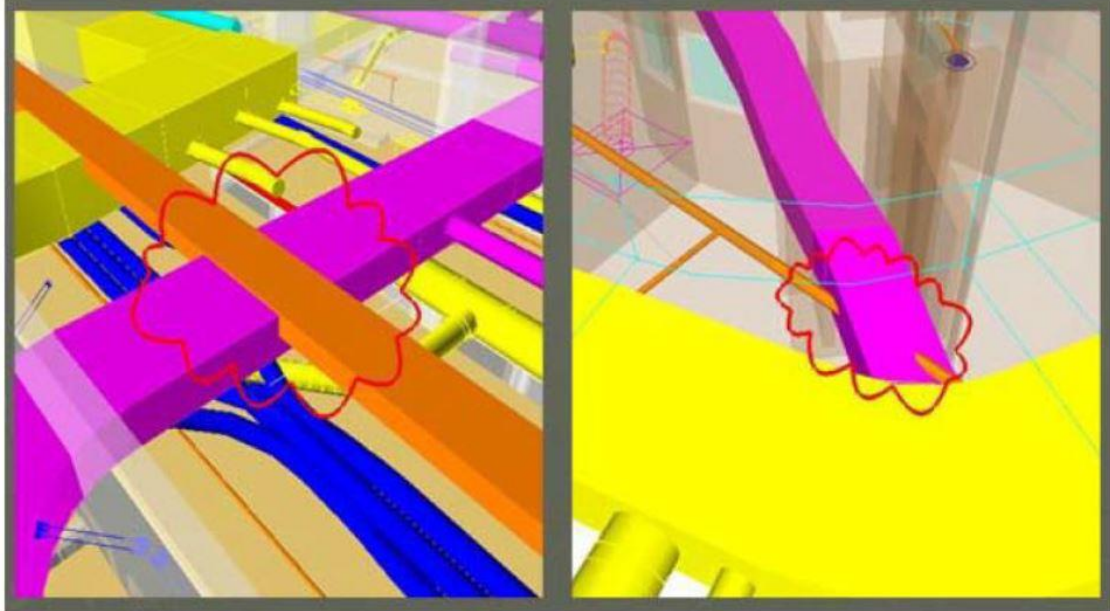
Yapım İş Programı Oluşturma: BBM, sanal ortamda yapım faaliyetlerinin sıralılığını göstermek için yapım iş programı ile bütünleştirilebilmektedir. İnşaat projesinin her aşamasında proje performansını göstermek için videolar ve anlık durum görüntüleri yaratılabilmektedir. 4B BBM olarak bilinen bu yaklaşım, teknik ofis çalışanlarına iş takibini kolaylaştırma ve risk senaryoları oluşturma anlamında önemli veriler sağlamaktadır.

Maliyet Tahminleme: BBM; 3B bina modelinden doğru ve otomatik olarak metraj bilgisinin elde edilmesi sayesinde bütçeleme ve maliyet analizi gibi konularda da yararlı bir araçtır. Keşif çalışmaları için metraj verilerinin maliyet ile BBM ortamında bütünleştirilmesi yüklenicilere, yapım aşamalarındaki olası değişikliklerde daha hızlı

düzenlemeler ve finansal planlar yapma konusunda etkili bir çalışma sağlamaktadır. (Jiang, 2011, s. 32).

Enerji Analizleri: BBM yazılımları tasarımcılara akustik ve termal analiz, havalandırma ve hava akımı gibi enerji odaklı konularda geniş bir çevresel analiz ve simülasyon yeteneği sağlamaktadır. Aynı zamanda sürdürülebilirlik standartlarının sağlanması için güneş ışıınımı ve karbondioksit emisyonu hesaplamaları gibi birçok analiz yeteneği sunmaktadır. (Issa vd. 2009, s. 2665).

Tesis Yönetimi: Tesis yöneticileri mekân planlama, bakım-onarım faaliyetleri ve yapı projelerindeki çeşitli teknik konuları yürütme noktasında BBM yazılımlarını kullanabilmektedir.



Şekil 2.3. Betonarme modeldeki kiriş ve sıhhi tesisat modelindeki çakışma tespiti (Kia, 2013)

2.2.2. BBM'nin boyutları

Azhar vd. (2008, s. 435), BBM'yi, yapı projelerinin analiz ve görüntülemelerinin daha gerçekçi ortamda yapılabildiği, bilgisayar ürünü, N-boyutlu modeller olarak tanımlamışlardır. BBM alanyazınına bakıldığında, yapılan çalışmalardaki boyut vurgusunun bu tanımlamayı doğrular nitelikte olduğu gözlemlenmektedir. Aşağıda, BBM teknolojisinin boyutları açıklanmıştır.

3B BBM: Mimari, statik-betonarme, elektrik ve mekanik disiplinleri arasında 3B entegre bir model olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu 3B modeller; imalat çizimleri,

mimari tasarım görselleştirmesi ve 3B *render* çıktılarının otomatik olarak üretilmesine olanak sağlayan bilgi tabanlı modellerdir. Bunun yanı sıra, proje katılımcıları yapım aşamalarında önce 3B BBM'den gerçek zamanlı navigasyon, *içinde gezinme (walkthrough)*, *üzerinde gezinme (flythrough)* ve *çakışma tespiti* gibi fonksiyonlardan yararlanabilmektedir. 3B BBM modelleri iş güvenliği ve malzeme tedariki gibi alanlarda gelişmiş yönetim olanaklar sunmakla birlikte ekipman ve malzemelerin saha içinde düzenlemesinin üç boyutlu düzlemde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Günümüzde bu amaçlar çerçevesinde kullanılan çeşitli BBM yazılımları mevcuttur. Bu yazılımlar 2B tasarım verilerinden 3B modeller oluşturulmasını ve statik performansın değerlendirilmesini sağlamakla birlikte olası hataların azaltılmasına ve modeller arası çakışmaların giderilmesine de yardımcı olmaktadır (Kia, 2013, s. 25).

4B BBM: BBM yazılımları sayesinde, 3B BBM modellerine zaman boyutu eklenerek 4B modeller elde edilmektedir. 4.boyut desteği sunan yazılımlar, teknik ofis çalışanları tarafından yapım faaliyetlerinin gelişiminin, iş programı ile entegre şekilde simüle edilmesi amacı ile kullanılmaktadır. 4B BBM ile yapılabilecekler yalnızca iş programının 3B geometrisi ile bütünleşik sunumundan ibaret değildir. Teknik ofis çalışanları, iş programındaki hataların yakalanıp düzeltilmesine yardımcı olabilecek malzeme siparişi, üretim ve tedarikini simüle edebilmektedirler.

5B BBM: BBM'nin 5.boyutunu maliyet analizleri oluşturmaktadır. Malzemelere ve imalatlara metraj ve maliyet bilgisi bir kere eklendiğinde, modeldeki herhangi bir değişiklik yapılması durumunda 5B model bu verileri otomatik olarak güncelleyebilmektedir (Jiang, 2011, S. 12).

6B BBM: 6.boyutun yapım yönetimi alanyazınında henüz evrimleşme evresinde olduğunu söylemek mümkündür. Bazı çalışmalar 6.boyutu tedarik zinciri olarak ifade ederken kimi çalışmalarda sürdürülebilirlik, bir kısmında da tesis yönetimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında 6.boyutun; proje yaşam döngüsü yönetimi olarak ifade edildiği de görülmektedir. Anlaşıldığı üzere 6.boyut, yapılan araştırmanın çözüm sunmaya çalıştığı probleme göre değişiklik gösterebilmektedir. BBM araçlarına bakıldığında ise bu durumu doğrular nitelikte fonksiyonlar dikkat çekmektedir. 6B BBM araçları, tesis yöneticilerinin kullanabileceği çeşitli bina/tesis yaşam döngüsü stratejilerini değerlendirebilmekte, bakım-onarım planlarını oluşturmada kullanılabilmektedir. 6B BBM yazılımları aynı zamanda enerji ve ekoloji analizleri yapabilmekte, kullanıcılara ekolojik tasarım parametreleri eşliğinde modelleme

imkânları sağlayabilmekte ve sürdürülebilir malzeme takibi yapabilmektedir. Bu özellikler tasarımcılara ve yapım yöneticilerine binaların enerji performanslarını değerlendirme ve yeşil bina anlayışına ait şartnameleri sağlama olanağı sunmaktadır.

2.2.3. BBM'nin ayrıntı düzeyleri

BBM'nin ayrıntı düzeyi; bir BBM ögesinin kavramsal yakınlığın en düşük düzeyinden temsili hassasiyetin en yüksek seviyesine kadar mantıksal çerçevede yürütülmesi olarak tanımlanmaktadır. Bedrick (2008, s. 2); BBM modelleri için *kavramsal, yaklaşık geometri, hassas geometri, imalat ve uygulanan* olmak üzere beş ana ayrıntı düzeyi tanımlamıştır. Çizelge 2.1'de farklı proje safhalarında ayrıntı düzeyi tanımlamaları görülmektedir. Proje devam ederken, modelin ayrıntı düzeyi daha yüksek seviyelere çıkacak ve bilginin bolluğu geliştirilmiş olacaktır. Bu durum; mimarlar, maliyet ve iş programı analizörleri gibi proje kapsamındaki farklı meslek dalları arasındaki koordinasyonla mümkündür. Her bir meslek dalının katılımcıları, gereksinimlerine göre modele bilgiler yerleştirebilmektedir.

2.3. BBM ve CBS

Bina Bilgi Modellemesi (BBM) olarak tanınan 3B nesne tabanlı yapı sistemleri kavramı, 40 yılı aşkın bir süredir hayatımızdadır. Başlangıçta programlama ile sınırlı olan kavram, zamanla yaşadığımız çevrenin gerçekliğini barındıran bir yapı kazanmıştır. BBM, CBS üzerine çalışmalar yürüten araştırmacıların ilgi odağı haline gelerek sıkça kullanılmaya başlamıştır ve BBM-CBS entegrasyonu sayesinde yapım yönetiminin birçok araştırma alanında başarılı çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

3B BBM ve 3B CBS verileri arasındaki birlikte işlerlik ve entegrasyona yönelen büyük bir ilgi mevcuttur (Işıkdag vd. 2008, s. 504). CBS ve BBM; farklı çalışma alanlarına ve farklı standartlara sahip iki ayrı teknoloji olmakla birlikte bu teknolojilerin entegrasyonu, CBS ve BBM'nin ayrı ayrı kullanıldığı çalışmalarda gerçekleştirilemeyen birçok uygulamanın gerçekleştirilebilmesine yardımcı olmaktadır (Karimi ve Akıncı, 2009, s. 51). Bu entegrasyon, standartların farklılığından dolayı pek kolay değildir. Bu farklılıklar semantik uyumsuzluklar kadar konumsal ölçek, ayrıntı düzeyi, geometri betimleme yöntemleri, depolama ve erişim yöntemleri farklılıkları olarak sıralanabilir (Işıkdag ve Zlatanova, 2009a, s. 20; El-Mekawy ve Östman, 2010, s. 2)

Çizelge 2.1. Ayrıntı düzeyi tanımlamaları (Bedrick, 2008; Leite, 2010)

Proje Safhaları	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Tasarım	Geometrik olmayan çizgiler, alanlar, hacimler	Üç boyuta eşdeğer öğeler	Boyut, kapasite ve uzamsal ilişkilere sahip belirli öğeler	Tasarım, üretim, montaj gibi teknik detayları içeren saha çizimleri	Uygulanan tasarım
İş Programlama	Tüm proje yapım süreci	Zaman ölçekli, ana faaliyetlerin sıralı gösterimi	Zaman ölçekli, detaylı faaliyetlerin sıralı gösterimi	Yapım yöntemlerini içeren imalat ve montaj detayları	
Maliyet Tahminleme	Kavramsal maliyet tahminleme	Üretilmiş öğelerin ölçümüne dayalı maliyet tahminleme	Belirli imalatların ölçümüne dayalı tahmini maliyet	Satınalmada taahhüt edilen alım fiyatı	Uygulanan maliyet
Enerji Analizleri	Alan ve hacimlere dayalı strateji ve performans kriterleri	Geometri ve tahmini sistem türlerine dayalı kavramsal tasarım	Yaklaşık simülasyon	Belirli bilgilere dayalı detaylı simülasyon	Ölçülen performansın kabulü ve kaydı

BBM ve CBS entegrasyonuna odaklanan çeşitli çalışmalar mevcut olup uygulama, süreç ve veri aşamaları olmak üzere üç grupta irdelenebilir. Uygulama aşamasında, entegrasyon yöntemleri yeniden yapılandırma ya da yeniden inşayı kullanmaktadır. Var olan bir CBS ya da BBM aracı yazılım yamaları/eklentileri ile çalışmanın amacına uygun şekilde değiştirilmiş ya da diğer teknolojinin fonksiyonlarını kapsayacak şekilde yeniden yapılmıştır (Karimi ve Akıncı, 2009, s. 39-55). Bu yöntem genellikle pahalı ve esnek olmayan bir özelliğe sahiptir.

Diğer taraftan, OGC tarafından yürütülen OWS-4 projesi (2007) gibi süreç düzeyi entegrasyonu yöntemleri her ikisinin yeteneklerine gereksinim duyan işlemlerde BBM ve CBS sistemlerine katılıma izin vermek amacı ile Servis Odaklı Mimari'den (Service Oriented Architecture-SOA) yararlanmaktadır (http-8, OWS-4, 2007). Bu yöntem, uygulama düzeyi entegrasyon yöntemlerinden daha çok esneklik sağlamasına rağmen,

entegrasyon zorlukları teknolojiler arası birlikte işlerliği sağlamak için henüz temel veri düzeyinde çözülebilmektedir.

BBM-CBS entegrasyonunu veri düzeyinde geliştiren çeşitli yöntemler mevcuttur. ESRI ArcSDE gibi birleştirme yöntemleri, bir Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interface-API) sayesinde BBM ile CBS arasında veri transferine olanak sağlamaktadır. *FME Workbench* ([http-9](http://9), Safe Software, 2013) gibi araçlar ve Nagel, Stadler ve Kolbe (2009, s. 2-7) tarafından geliştirilen Çeviri/Dönüşüm yöntemleri, CBS ve BBM formatları arasında doğrudan dönüşüm amacı ile geliştirilmiştir. Bu yöntem çoğunlukla IFC ve CityGML arasında veri dönüşümünü sağlamaktadır. Anlamsal kayıplar, geometri dönüşümündeki kısıtlılıklar ve yalnızca başlıca yapı elemanlarına odaklı olması ve diğer yönleri (şebekeler ya da bağlantılar gibi) göz ardı etmesi, bu yöntemle ilgili başlıca endişeleri oluşturmaktadır. Geometri dönüşüm problemlerini çözmek için birkaç araştırmacı, genel entegrasyonu yalnızca kısmen sağlayabilen çalışmalar yapmışlardır (Li vd. 2006, s. 3-4; Wu vd. 2010, s. 297).

Daha kapsamlı ve esnek entegrasyon yöntemlerinde, BBM ile jeouzsamsal bilgi arasında bir üst seviyede entegrasyon sağlamak için bir “meta model” olarak yeni bir veri modeli geliştirilmiş; CBS ya da BBM tarafındaki bir veri modeli, (CityGML ve IFC) verilerin birleştirilmesini sağlayacak şekilde genişletilmiştir.

Berlo ve Laat (2011, s. 215-221) ve Hijazi vd. (2011, s. 101-110) tarafından geliştirilen şebeke ağı eklentileri, CityGML’nin kullanımına iyi birer örnektir. Diğer yandan, IFC-for-GIS Projesi, IFC modelini konumsal verileri kapsayacak şekilde genişletmeyi amaçlamıştır. Meta modellerin öne çıkan örneklerinden biri, acil tahliye amaçları ile bina için ara veri modeli geliştirmeye odaklanan “Birleştirilmiş Bina Modeli”dir. (El-Mekawy vd. 2011, s. 78-90). Bu modeller, genellikle uygulama odaklı olup entegrasyon, belirli gereksinimlere sahip belirli kullanım durumları için geliştirilmiştir. Bu nedenle bu modellere dahil edilen kavramlar ve ilişkiler, farklı işlevsel gereksinimlere sahip diğer uygulamalara uyumlu olmayabilir.

IFC ve CityGML, bu iki teknolojinin önemli anlamsal modelleri olarak tanınmaktadır. IFC veri modeli, inşaat sektöründe veri değişimi ve paylaşımı için uluslararası bir sektör standardı haline gelmiştir. IFC veri modeli; kaynak (resource), temel (core), birlikte işlerlik (interoperability) ve çalışma alanı (domain) olmak üzere dört temel kavramsal katmana sahiptir. Birlikte işlerlik katmanı, IFC’de tanımlanan iki ya da daha fazla çalışma alanı (mimari, yapım yönetimi gibi) modelleri için ortak

kavramları ifade etmektedir. Birlikte işlerlik katmanı ve özellikle IFC şartnamesinin “Paylaşılan Yapı Elemanları” bölümü, IFC ve CityGML arasındaki dönüşüm çerçevesinin geliştirilmesi için önemli bir başlangıç noktası oluşturabilmektedir.

IFC nesneleri geometrik ve anlamsal bilgiler çerçevesinde tanımlamak için tasarlanıp geliştirilmiştir (http-10, buildingSMART, 2009). IFC yalnızca duvarlar, kapılar, girişler vb. somut nesneleri değil, aynı zamanda iş programları, aktiviteler, yapım maliyeti vb. soyut kavramları da betimlemektedir. Diğer yandan bir OGC standardı olarak CityGML 3B kentsel nesnelerin yapılarla birlikte betimlenmesi için gerekli özellikleri bünyesinde barındırmaktadır (http-11, CityGML, 2009).

CAD-CBS ve IFC-CBS entegrasyonu üzerine birçok çalışma yürütülmüş ve 2 temel yaklaşım kullanılmıştır. Bunlardan biri; CBS’den CAD/BBM ortamına veri dönüşümü iken diğeri CAD/BBM verilerinin CBS ortamına transfer edilecek şekilde dönüştürülmesidir. IFG (IFC for GIS), IFC modellerinin CBS ile entegrasyonu için geliştirilen çalışmaların ilki olarak bilinmektedir. Diğer bir çalışma Benner vd. (2005) tarafından önerilen, kentsel gelişim/şehircilik için 3B anlamsal bina modeli olan QUASY veri modelidir. Bu çalışmada aynı zamanda IFC formatındaki anlamsal bina modellerinin otomatik üretilmesi için bir araç geliştirilmiştir. (Benner vd. 2005, s. 17-21).

Wu ve Hsieh (2007, s. 1085-1090), IFC’nin GML’e otomatik dönüşümünü sağlayan bir algoritma sunmuşlardır. Algoritma; yalnızca katı modellerin B-rep (Boundary representation) adı verilen, geometri ve topoloji içeren modeller arasındaki dönüşümünü sağlayabilmektedir.

Işıkdag ve Zlatanova (2008, s. 85-93), IFC veri modeli ve CityGML arasında anlamsal haritalamayı tanımlamak için öncül fikirler sunmuşlardır. Işıkdag ve Zlatanova (2009b s. 93), iki teknoloji arasındaki veri dönüşümlerinin hem geometrik hem de anlamsal veri setlerinin iki yönlü dönüşümüne ihtiyaç duyduğunu bulgulamışlardır. Araştırma, IFC’den CityGML’ye tek yönlü dönüşüme odaklanmış ve bu dönüşüm *FME Workbench* aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tek yönlü dönüşümlerden fazlasına ihtiyaç olduğundan bir başka çalışmada; bir CityGML Uygulama Etki Alanı Eklentisi (CityGML Application Domain Extension) ve Birleştirilmiş Yapı Modeli (Unified Building Model) geliştirilmesi önerilmiştir (El-Mekawy vd, 2012a, s. 142-143). Sonuç olarak BBM ve CBS arasındaki anlamsal entegrasyonun çıkışan anlamsal veri yapılarının bir sistematik haritalama gerektirmektedir (Bittner vd, 2006, s. 7).

BBM-CBS entegrasyonu üzerine yapılan çalışmalardan anlaşıldığı üzere, bu iki teknoloji arasındaki veri dönüşümü, genişletme ve birlikte işlerlik fonksiyonları BBM'nin IFC; CBS'nin CityGML veri yapıları odağında geliştirilmektedir. BBM-CBS entegrasyonu üzerine yapılan çalışmalar neticesinde bulgularan modellerin olanakları ve doğrulanması, genellikle kullanım senaryoları (use case) yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bu çalışmalar detaylı olarak sunulmuştur.

Işıkdag vd. (2008, s. 504-519); BBM verilerinin yer seçimi ve yangın müdahalesi amaçları ile jeouzsamsal ortamda uygulanabilirliğini araştırdıkları çalışmalarında bağımsız bir masaüstü yazılımı geliştirerek araştırmanın uygulamalarını ortaya koymuşlardır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi yetkilileri ve yerli-yabancı birçok akademisyenin katkıları ile gerçekleştirilen çalışmada geliştirilen araç; BIMserver veritabanında saklanan IFC verilerini ESRI Geodatabase API ve ESRI Shapefile Read/Write API geliştirme araçlarını kullanarak CBS ortamına transfer edebilmekte ve CBS'nin konumsal analiz fonksiyonlarını gerçekleştirebilmektedir. Şematik model haritalamaları EXPRESS-G yardımı ile yapılmış; ESRI'nin *Multipatch* veri yapısına dönüştürülen IFC verileri, kentsel nesnelerle bütünleştirilmiş; örneklem olarak ele alınan yapının yer seçimi ve bu yapıya olası bir yangın müdahalesinde itfaiye ekiplerinin kullanması gereken en kısa yol ArcGIS ortamında konumsal analizler yardımı ile belirlenmiştir. Çalışma; BBM-CBS teknolojileri arasında dönüşüme odaklanan IFG ve OWS-4 projelerinin aksine yalnızca veri düzeyinde dönüşüme değil aynı zamanda bu iki teknolojinin geometrik ve anlamsal entegrasyonuna odaklanması yönü ile önemlidir.

Işıkdag ve Zlatanova (2009b, s. 79-96), BBM'den CityGML modellerine anlamsal ve geometrik bilgi dönüşümü ve CityGML ortamında yapıların otomatik üretimi üzerine genel bir çerçeve sunmuşlardır. IFC-CityGML veri dönüşümünün anlamsal bilginin ve geometrinin dönüşümü olmak üzere iki adımlı yaklaşımı gerektirdiğini vurgulamışlardır. Çalışmada, başarılı bir dönüşüm için uygulanması gereken adımlar şu şekilde sıralanmıştır:

- CityGML'nin her bir ayrıntı düzeyinde, her iki modelin sınıfları arasında anlamsal haritalamaları tanımlamak için bir dizi kural açıkça tanımlanmalıdır.
- Geometrik model birleştirme için kurallar/algoritmalar oluşturulmalıdır.

- Her bir ayrıntı düzeyi için CityGML nesnelerinin özelliklerini oluşturmak amacı ile dönüştürülecek bilgiler tanımlanmalıdır. (Işıkdag ve Zlatanova, 2009b, s. 86).

Çalışmanın bulguları; IFC modelinin, CityGML modelindeki farklı ayrıntı düzeylerinde yapı görselleştirme için gerekli tüm bilgileri kapsadığını göstermektedir. IFC bileşenlerinden CityGML nesnelere geometrik bilgilerin dönüşümü ve iki model arasında anlamsal eşleşmenin kolaylaştırılabilmesi için kurallar tanımlamanın mümkün olduğu bulgulanmıştır. Çalışmada tek yönlü dönüşüm üzerine odaklanıldığı, bu alanda yapılacak çalışmalarda çift yönlü dönüşüm yöntemlerinin araştırılıp geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Hijazi vd. (2010, s. 45-49), bina tesisat şebekeleri için IFC-CityGML arasındaki veri dönüşümlerini sağlayan bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışma, IFC'den CityGML ortamına otomatik dönüşüm için bir yazılım bileşeni geliştirmeyi ve şebeke analiz fonksiyonlarını destekleyen mevcutta var olan bir sistemde şebeke ağ elemanlarının analizini gerçekleştirmeyi kapsamaktadır.

Van Berlo ve de Laat (2011, s. 211-225), IFC veri modelindeki yapı bilgi modelinin açık kaynak kodlu CBS geliştirme araçlarının başında gelen CityGML ortamına yüksek doğruluklu ve anlambilimsel yapısı ile aktarımını sağlayabilen, GeoBIM adını verdikleri bir eklenti geliştirmişlerdir. Öncelikle bilinen CityGML nesne tiplerine (Bina, oda, kapı, pencere vb.) IFC özellikleri (Pencere ve kapı uzunluk ve genişlikleri gibi) tanımlanmış; sonra IFC verisi CityGML ortamına aktarılmıştır. Oluşturulan parametreler ve IFC sınıfları sayesinde veri kaybı olmadan IFC-CityGML veri entegrasyonu sağlanabilmiştir. Modelin uygulanabilirliği için BIMserver, IFC formatındaki BBM verileri için bir veritabanı olarak kullanılmış; CityGML verileri ise bir Java kütüphanesi olan *citygml4j*'de saklanmıştır. *LandExplorer* görüntüleme aracı ortamında IFC ve CityGML verileri entegre edilerek prototipin uygulamaları sunulmuştur.

El-Makewy vd (2012a, s. 159-171), IFC'nin 900 adet sınıfından yalnızca 60 ila 70 adet sınıfın CBS'ye dönüştürülebildiğini vurguladıkları çalışmalarında IFC sınıflarının CityGML ortamındaki eşleşim özellikleri araştırılmış; yapısal elemanlarda eşleşme olmazken boşluk elemanlarında kısmen eşleşmenin ve kapı, pencere gibi yapı elemanlarında tam eşleşmenin olduğunu bulgulamışlardır. IFC ve CityGML'nin tam entegrasyonu için Birleştirilmiş Yapı Modelinin (Unified Building Model- UBM)

kullanımı önerilmiştir. Ayrıca UBM'nin IFC ve CityGML'de gerçekleştirilemeyen uygulamaları da gerçekleştirilebileceği işaret edilmiştir.

El Mekawy vd. (2012b, s. 159-171), IFC ve CityGML veri modelleri arasındaki veri dönüşüm zorlukları ve veri kayıplarını önleyebilen Birleştirilmiş Veri Modeline (Unified Building Model-UBM) dayalı veri entegrasyonu için yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bina iç ve dış nesnelerinin ilişki ve özellikleri ile birlikte her iki modelden de elde edilebilmesi ve nesneler arasındaki kavramsal ilişkilerin tanımlanması için Birleştirilmiş Modelleme Dili'nden (Unified Modelling Language-UML) yararlanmışlardır. Çalışmada, IFC ve CityGML veri yapıları, bu modeller arasındaki farklılıklar, bu modellerin entegrasyonu ve aralarındaki veri birlikte işlerliğini konu edinen yaklaşımlara değinilmiştir. UML yardımı ile her iki modelden veriler elde edilmiş, nesne ilişkileri çıkarılmış, çakışma konseptleri yardımı ile çakıştırılarak hem iç mekâna hem de bina dışına ait yeni nesneler yaratılmış ve son olarak nesneler arasındaki konumsal ve kavramsal ilişkiler yeniden tanımlanarak UBM oluşturulmuştur. Geliştirilen yaklaşım; esnek veri birlikte işlerlik özellikleri, CBS uygulamalarındaki etkililiği, çok sayıda 3B fonksiyonu dikkate alınarak ArcGIS yazılımı ortamında görüntülenmiştir. Bu amaçla UBM'nin ArcGIS Konumsal Veritabanı ile eşleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın uygulamaları bir hastane binası üzerinde, hastaların acil durum tahliyesi ve hasta koğuşlarının tahsis alanlarının belirlenmesi olmak üzere iki temel amaç için geliştirilmiştir. Konumsal analizler; trafik yoğunluğu, gürültü kriterleri ve trafik verileri ışığında ArcGIS ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışma; IFC ve CityGML arasındaki tam entegrasyona bir başlangıç noktası oluşturan bir yaklaşım sunması açısından önemlidir.

Berlo vd. (2013, s. 279-284), ulusal ölçekte belediyeler tarafından kullanılabilecek ve 3B imar planı ve BBM entegrasyonu sayesinde bina yapım izinlerini çok daha hızlı ve en doğru şekilde gerçekleştirebilen bir model geliştirmişlerdir. Çalışmanın iki temel amacı; mimarlar tarafından tasarım aşamasında kullanılabilecek bir 3B BBM destekli imar planlaması geliştirmek ve yapım izinlerinin 3B olarak kontrol edilebilmesini sağlamaktır. IFC veri modelindeki yapı bileşenlerini imar planı ile ve 3B topografya ile bütünleştiren modele *3D IMRO GML* adı verilmiştir.

El Meouche vd. (2013, s. 31-34), CBS ortamında BBM verisinin yönetimi üzerine yaptıkları araştırmada, IFC formatındaki bina bilgi modelinin ArcGIS Veri Birlikte İşlerlik Eklentisi (Data Interoperability Extension) yardımı ile ArcGIS yazılımı

ortamına aktarılmasını ve coğrafi koordinat atamaları ile gerçek lokasyonunda görüntülenebilmesini sağlamış; aynı zamanda bu yazılım ortamında sorgulamaların yapılabileceğini göstermişlerdir.

Irizarry vd (2013, s. 241–254), İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi sürecinde BBM ve CBS entegrasyonunu önermişlerdir. Yapı malzemelerini sipariş üzerine yapılan, yerinde işlenen, montaj edilen ve stoklanan malzemeler olarak 4 temel gruba ayırdıkları çalışmalarında BBM-CBS entegrasyonunu 5 adımda tarif etmiş ve sistemin uygulanabilirliğini örnek bir uygulama üzerinde göstermişlerdir. Autodesk *Revit* ortamında iş programı, malzeme tedarik parametreleri ve şartnameleri içerecek şekilde 3B BBM'yi oluşturmuşlardır. VBA'nın Autodesk *Revit* içinde gömülü program geliştirme olanaklarını kullanarak, renk kodlamaları sayesinde sırası ile tedariki geciken, siparişi verilmiş olup tedariki beklenen, tedariki zamanında sağlanan ve imalatı gerçekleştirilen malzemelerin sorgulamasını yapabilen bir sistem geliştirmişlerdir. Malzemenin tedarik sürecini; şantiyenin, malzeme üreticileri ve tedarikçilerinin lokasyonunu görselleştirmek amacı ile ArcGIS yazılımı içinde Python yazılım dili kodlamaları ile tedarik sürecinin takibini sağlayan bir model geliştirmişlerdir. İTZY'de BBM ve CBS teknolojilerinin entegrasyonunu önermesi bakımından alanyazındaki diğer araştırmalardan biri olan bu çalışma, BBM ve CBS ortamlarında yazılım geliştirmeleri sayesinde lojistik problemlerine çözüm sunmasına rağmen bu iki teknolojinin İTZY'de kullanılmak amacı ile tek platformda entegrasyonunu sağlayamaması, çalışmanın temel kısıtlılığı olarak belirtilmiştir.

Amirebrahimi vd. (2015, s. 78-89), afet yönetiminde CBS-BBM entegrasyonunu ve sel felaketinin binalarda neden olduğu hasarların 3B görselleştirilmesini sağlayan bir model üzerine çalışmışlardır. Teorey vd. (2011, s. 3-9) tarafından geliştirilen veritabanı yaşam döngüsü (database life cycle), çalışma yöntemi olarak seçilmiştir. Bir dizi parametre tanımlı sonrasında ArcGIS Birlikte İşlerlik Araçları Eklentisi (ArcGIS Interoperability Tools Extention) yardımı ile IFC veri formatındaki geometrik model verileri ArcGIS yazılım ortamına aktarılmış, BIM Server ve ifcXML geliştirme araçları sayesinde öznitelik ve semantik veriler ışığında sorgulama ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sel felaketi sonucu hasarların her bir yapı elemanı için ne kadar maliyete neden olduğu da analiz edilmiş ve CBS-BBM entegrasyonunun afet yönetiminde kullanıldığı çalışmaların geliştirilmesi önerilmiştir.

Boyes vd (2015, s. 101-103), BBM-CBS entegrasyonu için IFC açık kaynak kodlu araçlarından IFCSpace'in kullanımını önermişlerdir. IFCSpace ile oluşturulan bina bilgi modeli, konumsal veritabanı olarak kullanılan Oracle Spatial ortamına transfer edilmiştir. Çalışma, Revit yazılımında oluşturulan bina bilgi modeli verilerinin 3B CBS ortamında analiz için uygun formatta dönüştürülebildiğini bulgulası yönünden önemlidir.

Karan vd. (2015, s. 1-11), BBM-CBS entegrasyonunu semantik web ontolojisi kurarak sağlamayı önerdikleri çalışmalarında BBM'nin CBS ile eşleşmesini iki farklı noktadan ele almışlardır. Öncelikle BBM hiyerarşi yapısı ve CBS ilişkisel veritabanı olmak üzere 2 heterojen veritabanı arasında bilgi akışını sağlayabilen ontolojik model geliştirilmiş ve modelin doğrulamaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra gerekli bilginin çekilmesi için CBS'de IFC şemasının tamamen anlaşılabilmesini sağlayan sadeleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen anlamsal web ontoloji modeli 5 temel adımda ifade edilmiştir. Öncelikle BBM nesnelerinin, ilişki ve özelliklerinin hiyerarşik yapısını tanımlayan IFC-uyumlu bir ontoloji modeli geliştirilmiştir. Kaynak (BBM) ve hedef (CBS) ontolojileri arasında benzer ilişki ve kavramları bütünleştirmek için ontoloji eşleşmesi kullanılmıştır. Üçüncü adım olarak bina elemanları ve CBS verisi anlamsal web standartlarına çevrilmiş ve anlamsal web uygulamalarında kullanılabilir hale getirilmiştir. Veri setinden bilgi çekmek için SPARQL sorgulama dilinden yararlanılmıştır. Son olarak yöntemin bütünlüğü, bir örnek uygulama ile doğrulanmıştır.

Kang ve Hong (2015, s. 26), BBM-CBS entegrasyonu üzerine yapılan çalışmaları şema tabanlı, servis tabanlı, ontoloji tabanlı, süreç tabanlı ve sistem tabanlı yaklaşımlar olmak üzere 5 temel kategoride ele almışlardır. Tesis yönetiminde BBM-CBS entegrasyonu tabanlı bir prototip geliştirmişlerdir. BG-ETL adı verilen sistem; BBM, CBS ve Tesis Yönetimi modelleri arasında veri genişletme, dönüştürme ve yükleme gibi veri birlikte işlerlik özelliklerini sağlamaktadır. Sistemin doğrulanması BBM ve CBS sektörü katılımcıları ile yapılan görüşmeler ışığında gerçekleştirilmiştir.

2.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD): Genel bir Bakış

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), Çevresel Etki Değerlendirmesi için ürünlerin ve hizmetlerin çevresel yükünü değerlendiren ve karşılaştıran bir yöntemdir. YDD çalışmaları, süreçler ve alt süreçler arasındaki kütle dengesini; girdileri, çıktıları

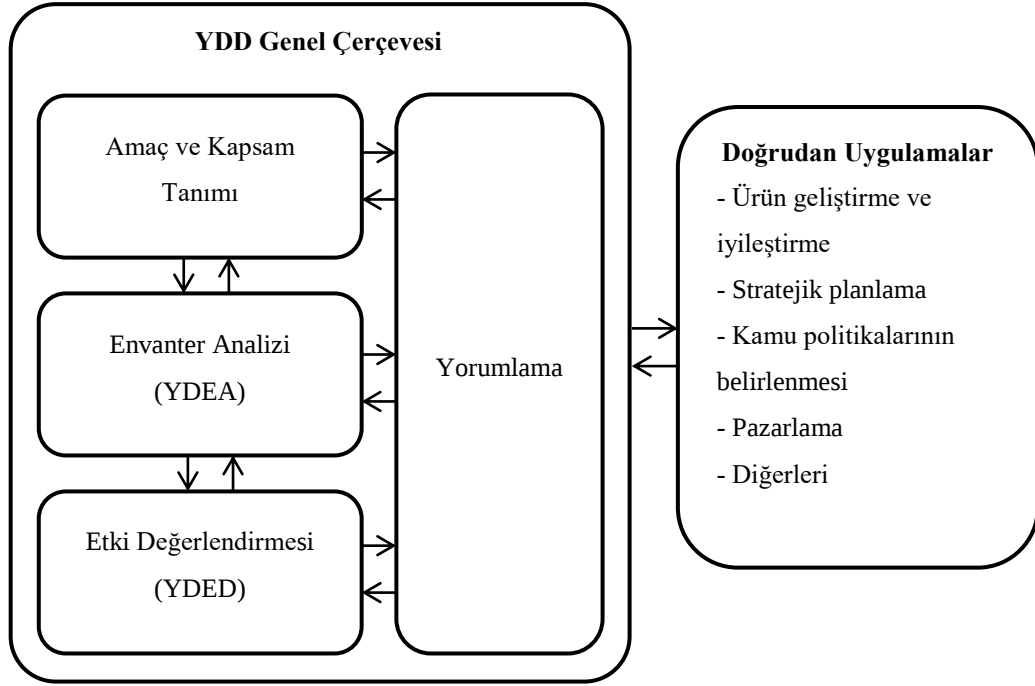
ve emisyonları tespit etmek için parçalı bir şekilde araştırmakta; böylece sistemi modelleyebilmekte ve hizmetlerin ve ürünlerin yaşam döngüsü hakkında kapsamlı bir bilgi sunabilmektedir (Condeixa vd, 2015, s. 7905). YDD, bir ürün ya da hizmet yaşam döngüsü ile ilişkili çevresel girdi ve çıktıları beşikten mezara, yani, hammadde elde edilmesinden üretim, taşıma ve kullanım aşamasına, gerektiğinde tekrar işleme tabi tutarak, nihai bertaraf işlemine kadar incelemektedir (Khasreen vd, 2009, s. 676). Bu bağlamda YDD'nin temel hedefleri şu şekildedir:

- Bir ürünün veya işlemin çevresel performansını ölçmek ve değerlendirmek ve karar vericilerin alternatifler arasından seçim yapmalarına yardımcı olmak
- Genel çevresel etkilerini azaltmak için bir sistemde değişiklikler yapmak veya sistemi tasarlamak sureti ile sistemin çevresel performansındaki potansiyel iyileştirmeleri değerlendirmek için bir temel sağlamak (http-12, Ding, 2016, s. 10).

YDD Yönteminin kendine özgü standartları mevcuttur. Bu standartlara göre, YDD çalışmaları dört aşamadan oluşmaktadır: Amaç ve kapsam tanımı, Yaşam Döngüsü Envanter Analizi (YDEA), Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED) ve Yorumlama (http-13, ISO 14040, 2006, s. 7). Şekil 2.4'te YDD'nin aşamaları görülmektedir.

Amaç ve kapsam tanımı; ürün ya da hizmetlerin tanımlamasının yapılması, karşılaştırma için fonksiyonel birimin seçimi ve gerekli detay bilginin tanımlanmasını kapsamaktadır. Yaşam döngüsü envanter analizi, ürün ömrünün çeşitli aşamalarında fiziksel malzeme ve enerji akışları ile ilgili bilgilerin toplanması ve sentezi ile ilgilenmektedir. Yaşam döngüsü etki değerlendirmesinde karakterizasyon faktörü, farklı çevresel etki kategorileri (iklim değişikliği, ozon tüketimi, ekotoksosite, insan toksisitesi, fotokimyasal ozon oluşumu, asitlendirme, ötrofikasyon, kaynak tüketimi ve arazi kullanımı) çerçevesinde bileşenlerin her birinin katkısını hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu aşama; etki kategorilerinin seçimi, sınıflandırılması ve karakterizasyonu olmak üzere üç unsurdan oluşmaktadır. Yaşam döngüsü etki sonuçlarının sınıflandırılması; kullanılan emisyonları, atıkları ve kaynakları, seçilen etki kategorilerine (Örneğin CO₂, CH₄, CO) dönüştürmektedir (Ortiz vd, 2009, s. 30).

Son olarak yaşam döngüsü yorumu, YDD'nin tüm aşamalarında yar almakta olup hem YDEA hem de YDED sonuçlarının yorumlanmasını sağlamaktadır. (Cabeza vd, 2014, s. 396).



Şekil 2.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin aşamaları (http-14, ISO 14040, 2006)

YDD fikri Avrupa'da ve ABD'de 1960'ların sonu ve 1970'lerin başında olgunlaşmıştır. Ancak YDD'nin, çevre bilincinin artması ve enerji kullanımı konusunda daha geniş bir ilgi görmesi, 1980'lerin sonu ve 1990'ların başında gerçekleşmiştir (Azapagic, 1999, s. 2). YDD, gelecekteki hammadde ve enerji kaynaklarının bir yaşam döngüsü yaklaşımı üzerinden tahmin edilmesine yönelik net enerji analizi çalışmalarından doğmuştur (http-13, Ding, s. 10).

YDD inşaat sektöründe 1990 yılından beri kullanılmaktadır ve binaları değerlendirmek için önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. YDD yönteminin geliştirilmesi amacı ile çalışmalar yapan Çevresel Toksikoloji ve Kimya Topluluğu (Society of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC) 1998 yılında, yapı sektöründe YDD uygulamalarının incelendiği bir çalışma grubu oluşturmuştur. Bu grubunun amacı; YDD'nin kendine özgü önemli özelliklerinin tanımlanması, yönetime dayalı seçimler için belirli bir kılavuzun ya da seçeneklerin önerilmesi ve gelecek çalışmalar için öngörülerde bulunmaktır. YDD çalışmalarında ana hedef; farklı

Çalışmalardan elde edilen YDD sonuçlarının karşılaştırılması ve inşaat sektöründe anlamlı seçimlerin yapılmasına olanak sağlanmasıdır (zdemir, 2012, s. 26).

2.4.1. Yaşam döngüsü değerlendirmesi yönteminin uygulanması

YDD tekniği ile tüm yapının evre duyarlılık ölçümlerini yapan yeşil bina sertifika sistemleri mevcut olduğu gibi yapı malzemelerinin çevresel etkilerini belirleyen ve ekolojik malzeme karar desteği sağlayan araçlar mevcuttur. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method – Bina Araştırma Kuruluşu evresel Değerlendirme Yöntemi), LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – Enerjide ve evre Dostu Tasarımda Liderlik), BEPAS (in), CASBEE (Japonya), Green Globe (ABD), tüm yapının evre duyarlılığını değerlendiren sistemlerin başında gelmektedir. Bunun yanı sıra bütün yapının tasarım karar desteği için geliştirilmiş LISA (Australia), Envest (İngiltere), ATHENA (Kanada), BEE (Finlandiya) gibi araçlar mevcuttur. BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability – evresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik için İnşa), Gabi (Almanya), SimaPro (Hollanda), TEAM (Fransa), LCAiT (İsveç) ise yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş karar destek sistemleridir (Ortiz vd, 2009, s. 30).

Bu alışma kapsamında geliştirilen CBS destekli İTZY modelinin malzeme seçimi karar destek analizlerinde YDD yöntemi kullanılmış olduğundan, ileriki bölümlerde yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren karar destek araçlarına detaylı olarak yer verilecektir.

2.4.2. Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDD araçları

Son yıllarda, yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendirerek evre duyarlı yapı malzemelerinin seçimi için YDD yöntemini kullanılabilir hale getiren çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bu araçlar, analiz verimliliğini önemli ölçüde artırmış ve YDD uygulamasını genişletmiştir. Bu analiz araçları aynı teoriyi paylaşsa da fonksiyonlarının performansı, sistem erevesi ve hatta uygulaması tamamen farklıdır. Ayrıca bu araçların çeşitliliği, kullanıcılar için karar verme güçlüğü sorununu beraberinde getirmektedir (Fu vd, 2014, s. 3).

2006 yılında ABD’de gerçekleştirilen ve özel sektör, kamu ve akademi çalışanı olan katılımcılara uygulanan bir anket çalışmasında, katılımcıların sırasıyla %58 ve %31’inin Gabi ve SimaPro yazılımları kullandıkları, geriye kalan %11’in TEAM, BEES ve diğer yazılımları tercih ettiği bulgulanmıştır (Cooper ve Fava, 2006, s. 13). Buradan hareketle, daha geniş bir değerlendirme mümkün olmasına rağmen bu bölümde, sıkça kullanılan YDD yazılımları ele alınmıştır.

2.4.2.1. Athena

Kanada'daki Athena Sürdürülebilir Malzeme Enstitüsü, yakın zamana kadar ücretsiz bir bilişim aracı olan EcoCalculator aracının kullanımının desteklemekteydi. Bu araç, basitleştirilmiş YDD’yi Kuzey Amerika verileri ışığında inşaat malzemeleri için beşikten mezara kapsamında analiz edebilmekteydi. Athena Enstitüsünün 2013 yılında geliştirdiği ve dökümanlarını yayınladığı Impact Estimator for Buildings, yine beşikten mezara YDD yaklaşımını kullanarak tüm yapının ya da montaj seviyesinin çevresel etkilerini değerlendirebilmektedir (<http-14>, ATHENA Impact Estimator for Buildings, 2012). Bu YDD aracı; mimarların, mühendislerin ve araştırmacıların endüstriyel, kurumsal, ofis fonksiyonlu, çok birimli konut ve tek ailelik konut yapı tasarımının çevresel etkilerini değerlendirmesine olanak tanımaktadır (Fu vd, 2014, s. 46). Alternatif YDD tasarımları arasında karşılaştırmalar yapmak ve her aşamadaki çevresel etkileri gözlemlemek mümkündür.

2.4.2.2. BEES

BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability); yapı malzemelerinin, ekonomik ve çevresel performanslarını ölçmeye yönelik bir yazılım aracı olup NIST (ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) tarafından geliştirilmiştir. BEES analiz aracı standartlara dayalı olup pratik, esnek ve şeffaf biçimde tasarlanmıştır. BEES; internet üzerinden herkesin erişimine açık ve çevrimiçi bir veritabanına sahiptir. Veritabanı, 230 adet yapı malzemesi için gerçek çevresel ve ekonomik performans verilerini kapsamaktadır. Tasarımcılar, araştırmacılar ve inşaat projesi katılımcılarının, üreticilerin ve eğitimcilerin kullanımına yöneliktir.

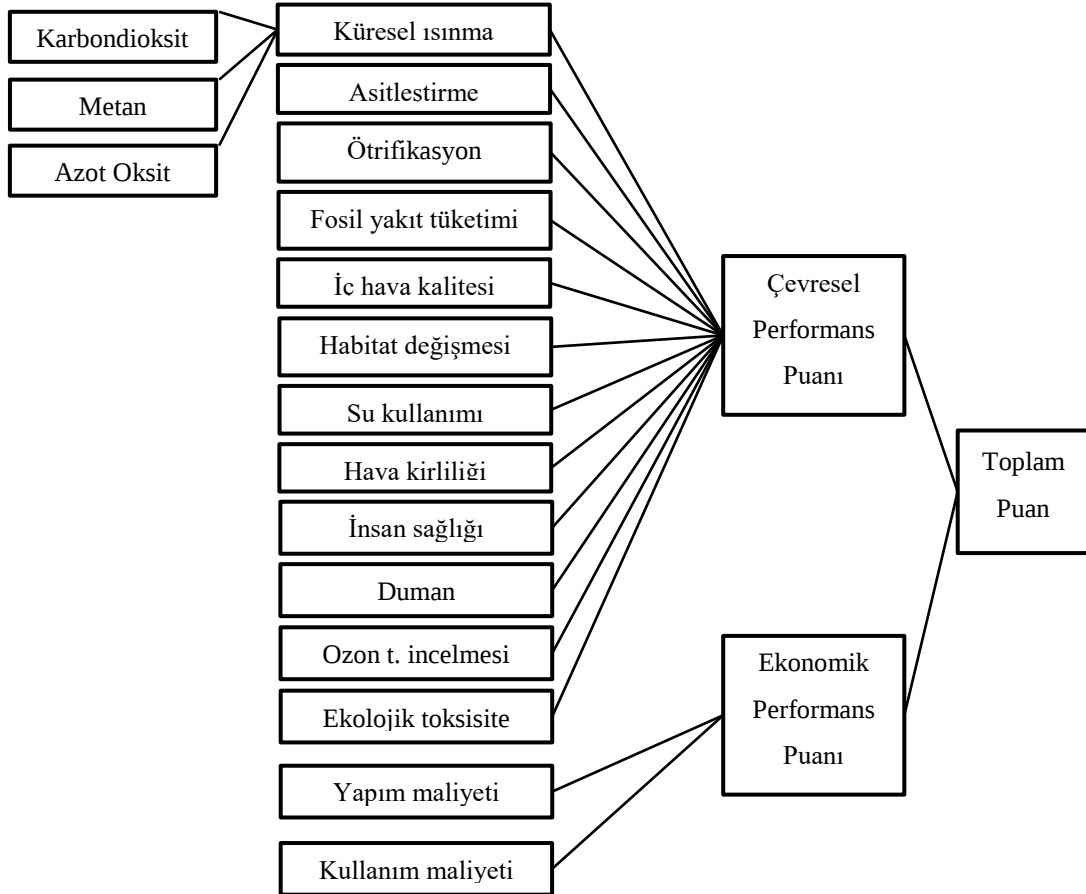
BEES; ISO 14040 standartlar serisinde belirtilen “beşikten mezara” yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımını kullanılarak yapı malzemelerinin ömrü boyunca tüm aşamalardaki çevresel performansını değerlendirmektedir. Ekonomik performans

içinse; Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM) standardındaki yaşam döngüsü maliyet yöntemi (ASTM E917 - Life-Cycle Costing) kullanılarak; ilk yatırım, yenileme, işletme, bakım, onarım ve yok edilme süreçlerindeki giderlerini kapsayan süreçler hesaplanmaktadır. Çevresel ve ekonomik performansı oluşturan toplam performans ise; yine ASTM standardındaki çok özellikli karar analizi ile oluşturulmaktadır (Günaydın, 2011, s. 39). BEES; çevresel anlamda tercih edilen, uygun maliyetli yapı malzemelerinin seçimi için üç adım tanımlamaktadır (http-15, BEES Online Tutorial, 2010):

1. *Önemli varsayımların özelleştirilmesi için çalışma parametrelerinin kurulması:* EPA tarafından YDD kapsamında 12 adet çevresel etki kategorisi tanımlanmış olup ekonomi verileri; yapım ve kullanım maliyeti olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. BEES, kullanıcılara *BEES Stakeholder Panel*, *EPA Science Advisory Board*, kullanıcı tanımlı ve eşit ağırlıklı ağırlıklandırma yöntemleri ile analiz imkânı sunmaktadır. Ekonomik ve ekolojik performans ağırlıkları eşit tanımlı olup kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Ekonomik ve ekolojik performans skorlarının birleştirilebilmesi amacı ile kullanıcılar için bir ağırlık faktörü belirlemektedir. Buna göre kullanıcılar ekonomi ya da ekoloji boyutlarını diledikleri yüzdesel ağırlıkla analize dâhil edebilmektedir.
2. *Karşılaştırma için alternatif yapı malzemelerinin seçilmesi:* Çalışma kapsamındaki malzeme seçimleri ASTM Standartları UNIFORMAT II kategorizasyon sisteminden alınmış olup ana malzemeler grubu, malzeme grupları ve malzemeler şeklinde listelenmiştir. BEES aracı geniş bir malzeme listesine sahip olmakla birlikte farklı imalat aşamalarına ait 230 adet malzeme türünü kapsamaktadır.
3. *Seçilen malzemeler için ekonomik ve ekolojik performans puanlarının karşılaştırılması için BEES sonuçlarının değerlendirilmesi:* BEES aracında ekonomik performans, ekolojik performans ve bu ikisinin optimizasyonundan oluşan toplam performans olmak üzere üç farklı analiz sonucu görüntülenebilmektedir. Sonuçlar gömülü enerji raporlarını da kapsamakta olup tablo ve grafikler şeklinde kullanıcıya sunulmaktadır

Model, etkilerin değerlendirilmesinde SETAC tarafından geliştirilen çevresel problemler yaklaşımını kullanmakta ve yapı malzemesinin ömrünü 50 yıl olarak değerlendirmektedir. Orta nokta çevresel etki kategorileri olarak; küresel ısınma, asitleşme,

ötrofikasyon, fosil yakıt tüketimi, iç hava kalitesi, doğal ortamın değişimi, su tüketimi, hava kirleticileri, insan sağlığı, kirli sis oluşumu, ozon tabakasının incelmesi ve ekolojik zehirliliği ele almaktadır (Öztaş, 2014, s. 30). Şekil 2.5'te BEES aracının performans ölçümleri analiz altyapısı görülmektedir.



Şekil 2.5. BEES aracı analiz altyapısı (http-16, BEES, 2016)

2.4.2.3. GaBi

GaBi; 1992 yılında Almanya'da geliştirilmiş olup ürün ve sistemleri bir yaşam döngüsü perspektifinden modellemek için dünya çapında önde gelen bir yaşam döngüsü değerlendirme aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. GaBi; fiziksel süreç zincirlerine dayalı modeller yaratmaya olanak tanımaktadır. Kullanıcılar tarafından, yapı malzemeleri için sistem tanımlamalarını ve yapı malzemelerinin süreçleri için hammadde ve enerji akışlarını kapsayan modeller oluşturulabilmektedir. Sektörel incelemeler ve teknik literatürden yararlanılarak geliştirilen; 800 farklı enerji ve hammadde akışını kapsayan bütünleşmiş bir ürün veritabanına sahiptir (Günaydın,

2011, s. 45). GaBi tarafından kullanılan veritabanları uzaktan servise alınabilmektedir. Bu durum verilerin doğrudan müşterinin modellerini güncellenmesine, müşterinin kendi veritabanlarını etkin bir şekilde yönetmesine ve tutarlı veritabanlarının temin edilmesine olanak tanımaktadır (Fu vd, 2014, s. 5).

2.4.2.4. SimaPro

Bir diğer YDD yazılımı olan SimaPro (System for Integrated Environmental Assessment of Products); kullanıcıların mevcut birim süreçleri, yerleşik etki değerlendirme yöntemleri ve kullanım ömrü sonu seçenekleri ile bir YDD çalışması yürütmelerini sağlamaktadır. 1990 yılında Hollanda’da geliştirilen SimaPro; ürünlerin ve hizmetlerin çevresel performansını toplamak, analiz etmek ve izlemek için profesyonel bir araç sağlamaktadır.

SimaPro, farklı etki değerlendirme yöntemlerini kullanma esnekliği ile öne çıkmaktadır. SimaPro, büyük bir veritabanını kapsamaktadır ve dış veri kaynakları ile bağlantılar kurmak da mümkündür. Veritabanının değiştirilebilir, genişletilebilir ve müşterinin kendi gereksinimine bağlı tasarlanabilir bir yapıda olduğu belirtilmiştir (Fu vd, 2014, s. 5).

Analiz, tüm yaşam döngüsü süreçlerini içerdiği gibi, hizmet ömrünün sona ermesinden sonraki sökülme ve geri dönüşüm işlemleri için de olası senaryoları kapsamaktadır. Kullanıcılar, sonuçları hem metin ve hem de grafik olarak görüntüleyebilmektedir. Analizler; sera gazı etkisi, enerji, hava, ozon tüketimi, zehirlilik, su kirliliği, katı atık gibi etki kategorilerini içermektedir (Günaydın, 2011, s. 45-46).

2.4.2.5. TEAM

TEAM, etki hesaplama işlevlerini ve duyarlılık analizini entegre bir veritabanı yöneticisi ile bütünleştirebilmektedir. TEAM, kullanıcıların ürün, süreç ve faaliyetlerle ilişkili herhangi bir sistemi modellemek; yaşam döngüsü envanterlerini ve potansiyel çevresel etkileri ISO 14040 standartlarına uygun olarak hesaplamak için geniş bir veritabanı oluşturup kullanmalarına izin vermektedir. Ayrıca TEAM, değişkenleri tanımlayarak simülasyonların ve senaryo karşılaştırmalarının yapılmasına olanak sağlamaktadır. TEAM tarafından kullanılan veritabanları, simüle edilmiş kaynak verileri ile elde edilen sonuçlar arasında tam izlenebilirliği korurken, istenilen sayıda simülasyon gerçekleştirilmesine imkân tanımaktadır (<http-17>, TEAM 5.2, 2013).

2.5. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Alanyazında tedarikçi seçimi amacı ile AHP, ANP, vaka tabanlı muhakeme (Case-Based Reasoning-CBR), veri zarflama analizi (Data Envelopment Analysis-DEA), bulanık küme teorisi (fuzzy set theory), genetik algoritma (GA), matematiksel programlama, basit çoklu kriter değerlendirme tekniği (Simple Multi-Attribute Rating Technique-SMART) ve bütünleşik yöntemler başta olmak üzere birçok ÇKKV yönteminden yararlanılmıştır (Yadav ve Sharma, 2016, s. 328). ÇKKV problemlerinde kullanılan yöntemler, bunlarla sınırlı değildir. Chai vd. (2013, s. 3872) tarafından gerçekleştirilen sistematik alanyazın araştırmasında karar verme teknikleri ÇKKV yöntemleri, matematiksel modeller ve yapay zeka teknikleri olmak üzere üç ana kategoride incelenmiştir. Bu doktora çalışmasında geliştirilen model, malzeme ve tedarikçi seçimi aşamalarında ÇKKV yöntemlerinden yararlanmaktadır. İleriki bölümlerde ÇKKV yöntemleri, inşaat malzemesi tedarikçi seçimi literatürü çerçevesinde ele alınmıştır.

2.5.1. Tedarikçi seçimi

Tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi, nicel ya da nitel olabilen çoklu kriterleri kapsayan tipik bir ÇKKV problemidir. ÇKKV, tedarikçi seçimi için, çoklu ve çoğunlukla tutarsız kriterlerin sistematik bir şekilde değerlendirilmesine dayanan etkin bir çerçeve sunmaktadır (Chai vd, 2013, s. 3877). 1960'lerden beri tedarikçi seçim kriterleri ve tedarikçilerin performansları birçok araştırmacının odak noktası haline gelmiştir. Geleneksel tedarikçi değerlendirme yöntemleri, karar verme sürecinde öncelikli olarak finansal ölçümleri dikkate alırken daha yeni yöntemler, birden fazla kriterin birleşimini esas almaktadır (Talluri ve Narasimhan, 2003, s. 543).

Tedarikçi seçimi literatürü; iki problem çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmaları kapsamaktadır. Çalışmaların bir kısmı ÇKKV yöntemleri ile alternatifler arasından en iyi tedarikçinin belirlenmesi üzerine eğilirken diğer bir kısmı, tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi ve ağırlıklandırılmasını konu almaktadır.

Tedarikçilerin değerlendirmesi ve en uygun tedarikçinin belirlenmesi için ÇKKV yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ho vd. (2010, s. 16-24), 2000-2008 yılları arasında tedarikçi seçimi üzerine gerçekleştirilen 78 adet çalışmayı inceleyerek tedarikçi seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerini ve 68 adet makaleyi inceleyerek en sık kullanılan kriterleri ortaya koymuşlardır. AHP, ANP, vaka tabanlı muhakeme (Case-

Based Reasoning-CBR), veri zarflama analizi (Data Envelopment Analysis-DEA), bulanık küme teorisi (fuzzy set theory), genetik algoritma (GA), matematiksel programlama, basit çoklu kriter değerlendirme tekniği (Simple Multi-Attribute Rating Technique-SMART) ve bu yöntemlerin ikili entegrasyonları ile oluşan bütünleşik yöntemler, literatürde en sık kullanılan ÇKKV yöntemleri olarak bulgulanmıştır. Ayrıca sırası ile *kalite, teslimat, fiyat, üretim kapasitesi, hizmet, yönetim, teknoloji, araştırma ve geliştirme, finans, esneklik, tedarikçi şirket profili, ilişkiler, risk ve güvenlik ve çevre*, literatürde en sık yararlanılan kriterler olarak öne çıkmıştır. Çalışma sonucunda fiyat kriterini beklediği gibi en önemli kriter olmadığı, kalite ve teslimatın ardından üçüncü en önemli kriter olduğu bulgulanmıştır. Bu nedenle, fiyat bazlı tedarikçi seçimi yaklaşımının modern tedarik zincirinde geçerli ve yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ma ve Yang (2010, s. 190), tedarikçi değerlendirme ve seçimi yöntemlerinin, tedarik edilecek malzeme türüne göre değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. ÇKKV yöntemleri ile ilgili dikkat çekici bir diğer araştırma, Khaled vd. (2011) tarafından gerçekleştirilmiş olup birbirleri ile karşılaştırıldığında güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek için farklı çok kriterli karar verme yaklaşımlarını ortaya koymuştur. Çalışmada doğrusal ağırlıklı yöntem (weighted method), kategorik yöntem (categorical method), bulanık yaklaşım (fuzzy approach) ve AHP kullanılmıştır. Her yöntemin, şirketlerin ihtiyaçlarına göre kendi avantaj ve dezavantajlarına sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Khaled vd. 2011, s. 10).

Chai vd. (2013, 3872–3885) tarafından gerçekleştirilen sistematik alanyazın araştırmasında, karar verme yöntemleri ÇKKV, matematiksel programlama ve yapay zeka olmak üzere 3 ana kategori altında incelenmiştir. Araştırma bulguları, tedarikçi seçiminde en sık kullanılan yöntemin AHP olduğunu ve bunu doğrusal programlama, TOPSIS, ANP, DEA ve çok amaçlı optimizasyon yöntemlerinin takip ettiğini göstermektedir. Alanyazına önemli bir bilgi birikimi sunan çalışmanın en önemli kısıtlılıklarından biri, ÇKKV yöntemleri ile tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan değerlendirme kriterlerinin araştırılmamış olmasıdır.

Ghodsypour ve Brien (1996, s. 199-212) tarafından gerçekleştirilen ve tedarikçi seçim sürecinde AHP ile doğrusal programlama yöntemlerinin birlikte kullanımının önerildiği çalışmada 4 adet kriter çerçevesinde 4 adet tedarikçi arasından en uygun alternatif belirlenmiştir.

Liu vd. (2000, s. 143-150), tedarikçi seçimi ve tedarikçilerin sıralanması için veri zarflama analizini önermişlerdir. Çalışmada, veri zarflama analizi yöntemine geniş bir yer ayrılmış olup yöntemin uygulamaları, tarım ve inşaat ekipmanları üreten bir şirket örnek seçilerek gerçekleştirilmiştir.

Chen vd. (2006, s. 289-301), tedarik zinciri yönetiminde tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçilmesi için bulanık TOPSİS yöntemini önerdikleri çalışmalarında, 5 adet varsayımsal kriter çerçevesinde 5 adet tedarikçi arasından en iyi alternatifin seçimini gerçekleştirmişlerdir. Yöntem, yüksek teknolojlili üretim yapan bir şirketin yeni ürünün temel bileşenlerini satın almak için seçeceği tedarikçiler üzerinde uygulanmıştır.

Safa vd. (2014, s. 64-73), entegre bir yapı malzemeleri yönetim modeli oluşturdukları çalışmalarında farklı malzemeler için tedarikçi seçimi amacı ile fiyat, süre, performans ve indirim oranı gibi temel kriterler çerçevesinde, TOPSİS yöntemini kullanarak farklı senaryolarda malzeme tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Tedarikçi seçiminde en sık kullanılan yöntem olan AHP'nin inşaat sektöründeki tedarikçi seçim problemleri çerçevesinde kullanıldığı çalışmaların nadir olduğu görülmektedir. Bayazıt vd. (2006, s. 217-231), AHP'nin ilk kez varsayımsal olmayan bir örnek çerçevesinde kapsamlı bir uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Tedarikçi seçimi sürecinde *lojistik performans*, *ticari yapı* ve *üretim* olmak üzere 3 ana kriter, 15 adet birincil ve 44 adet ikincil kriter belirleyerek AKG gazbeton şirketi için 3 ayrı lokasyondaki kireç tedarikçilerinden en uygununu belirlemişlerdir.

Tezcan (2010, s. 46-77), yüksek lisans çalışmasında AHP yönteminin inşaat sektöründe kullanılabilirliğini araştırmıştır. AHP'nin alanyazında kabul görmüş avantajlı ve eksik yönlerinin irdelediği çalışmasında AHP yönteminin doğru kararı garanti etmediğini; AHP'de sıkça kullanılan ve Saaty (1990) tarafından geliştirilen 1-9 ölçeğinde sayısal hükümlerin sözel hükümlerle birbirini karşılamadığı yönünde eleştirilerin mevcut olduğunu vurgulamıştır. AHP yaklaşımının inşaat yatırım projelerinde kullanım olanaklarını araştırdığı çalışmasında AHP'nin kullanılabilirliğini örnek bir uygulama ile ortaya koymuştur. Çalışmada *finansal yatırım*, *satış-pazarlama*, *konum* ve *firmaya katkı* olmak üzere 4 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 10 adet alt kriter çerçevesinde sosyal konut, lüks konut ve alışveriş merkezi yatırım projelerinden en uygun olan yatırımın karar desteğini AHP yöntemi ile gerçekleştiren bir yaklaşım

önerilmiştir. Yöntemin adımları Expert Choice yazılımında uygulanmış, tüm ana kriterlerde alış-veriş merkezi yatırımlarının en uygun yatırım olacağı bulgulanmıştır.

Kent (2014, s. 59-92), çok kriterli bir karar verme sürecine ve inşaat projelerinin başarısında önemli bir paya sahip olan inşaat malzeme tedarik zinciri yönetiminde AHP yönetiminin kullanımı üzerine bir araştırma ve örnek bir uygulama gerçekleştirmiştir. Çalışmada *kaynak, fiyat, iş deneyimi* ve *yönetim-organizasyon* olmak üzere 4 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 10 adet alt kriter çerçevesinde 3 adet hazır beton tedarikçi şirketi arasından en uygun alternatifin belirlenmesi sağlanmıştır. Modelin kriterleri, hazırlanan anket çalışmasının 70 adet şirket yöneticisi ve yetkilisine uygulanması neticesinde belirlenmiştir. AHP yönetiminin adımları Expert Choice yazılımında uygulanmıştır. Çalışma sonucunda *fiyat* ana kriterinin diğer kriterlerden daha üstün ve alternatif seçiminde en önemli özellikte olduğu, bunu önem sırası ile *kaynak* ve *yönetim-organizasyon* ana kriterlerinin takip ettiği; *iş deneyimi* kriterinin ise tedarikçi seçiminde en az etkiye sahip olduğu bulgulanmıştır.

ANP; tedarikçi değerlendirme kriterlerinin birbirlerini etkiledikleri ve değerlendirme sürecinde kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılığın dikkate alınması gereken durumlarda, uygun bir ÇKKV yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Sarkis ve Talluri (2002, s. 21-27), en uygun tedarikçiyi seçmek için 7 adet değerlendirme kriteri çerçevesinde ANP yöntemini uygulamışlardır. Bayazıt (2006, s. 566-579), en iyi tedarikçiyi belirleyebilmek için, *tedarikçi performansı* ve *tedarikçi kapasitesi* olmak üzere 2 ana kategoride kümelediği 10 adet kriter çerçevesinde ANP yöntemini uygulamıştır. Gencer ve Gürpınar (2007, s. 2477-2480), elektronik ürünler satan bir şirket için, tedarikçinin iş yapısına, üretim kapasitesine ve kalite sistemine göre sınıflandırdıkları toplam 33 adet kriter çerçevesinde en uygun tedarikçiyi değerlendirmek ve seçmek amacı ile bir ANP modeli önermişlerdir.

Aytekin ve Acar (2014, s. 233-243), Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process-ANP) yönteminin inşaat sektöründeki çok kriterli karar desteği gerektiren problemlere sunduğu çözümleri araştırmışlardır. ANP yönteminde, AHP yaklaşımında olduğu gibi kriterlerin ikili olarak karşılaştırılması sonucunda sisteme olan etkilerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. ANP'nin AHP yönteminden en önemli farkının kriter, alternatif ve faktörler arasında bağımlılığın dikkate alınması olduğu vurgulanmıştır. Çalışmanın uygulamaları, inşaat projelerinde alt yüklenici seçimi amacı çerçevesinde; *finansal durum, kaynaklar, fiyat ve süre durumu, iş deneyimi ve finans durumu*,

organizasyon yapısı ve teknik kadro olmak üzere 5 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 19 adet alt kriter çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. ANP yöntem adımları, matris hesaplamalarını ve ikili karşılaştırmaları sağlayabilen Super Decision yazılımında uygulanmıştır. Ana ve alt kriterler alanyazında sıklıkla kullanılan kriterlerden seçilmiş olup yapılan anket çalışması ile önem dereceleri belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları, teklif fiyatı yüksek olmasına rağmen işi tamamlama süresi kısa, işi tamamlama kabiliyeti yüksek, borç durumu daha az, işgücü ve teknik personel yeterliliği daha yüksek olan şirketin alt yüklenici olarak seçildiğini, bu sonuçların alınan uzman görüşleri ile paralel olduğunu işaret etmektedir. Çalışma sonucunda ANP yönteminin, inşaat sektöründeki çok kriterli alt yüklenici seçimi problemlerine etkin çözümler sunabileceği bulgulanmıştır.

Eray (201, s. 35-78), inşaat sektöründe tedarikçi seçiminde ÇKKV yöntemlerini karşılaştırdığı yüksek lisans tezinde, bu yöntemlerin üstün ve zayıf yönlerini ortaya koymayı hedeflemiştir. Bu doğrultuda AHP, ELECTRE III, PROMETHEE, TOPSİS, bulanık AHP, bulanık ELECTRE ve bulanık TOPSİS olmak üzere 7 adet ÇKKV yöntemine göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Örnek uygulamalar için bir Türk yüklenici şirketinin Suudi Arabistan'da gerçekleştirdiği şehirlerarası demir yolu projesi örneklem olarak seçilmiş ve ray tedarikçisi seçimi problemi esas alınmıştır. Projede tedarikçi seçiminden sorumlu olan teknik personelle yapılan görüşme neticesinde, ray tedarikçisi seçim kriterleri “ürün kalitesi”, “tedarik süresi”, “tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler”, “ürün toplam fiyatı”, “ödeme kolaylığı”, “tedarikçi ile iletişim”, “üretim kapasitesi” ve “teknik yeterlilik” olmak üzere 8 adet kriter tanımlanmış ve 5 adet tedarikçi alternatifi için 7 farklı yöntemle çözüm yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda farklı yöntemlerle farklı sonuçlar elde edildiği bulgulanmıştır. Yöntemler arasında karşılaştırma yapılmamış olup karar vericinin elindeki veri türüne ve miktarına göre yöntem seçebileceği belirtilmiştir.

İkinci kategorideki çalışmaların birçoğu tarafından atıfta bulunulan iki önemli çalışma; *kalite, teslimat, fiyat ve tedarikçi kapasitesi* kriterlerinin; tedarikçi seçimi aşamasında kullanılan en önemli kriterler olduğunu ortaya koymaktadır. Dickson (1966, s. 5-17), 170 satın alma yöneticisi ile yaptığı anket çalışması sonucunda tedarikçi seçimi için 23 adet kriter tanımlamış ve kriterlerin önem derecelerini belirlemiştir. *Kalite*, en önemli kriter olarak bulgulanmış olup bu kriteri *teslimat* ve *performans geçmişi* kriterleri izlemektedir. Weber vd. (1991, s. 16), 1966'dan bu yana alanyazında tedarikçi

seçimi üzerine araştırma yapılan 77 adet makaleyi inceleyerek *net fiyat, teslimat, kalite* ve *kapasite* kriterlerinin, çalışmalarda en sık rastlanan kriterler olduğunu ortaya koymuştur. Dickson (1966) ve Weber vd. (1991) tarafından tanımlanan kriterler ve önem sıraları Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Ellram (1990, s. 8-14); tedarikçi seçiminde *maliyet, kalite, teslimat güvencesi* ve diğer benzer faktörler gibi ölçülebilir kriterler bulunmasına rağmen satın alma pratiklerinde alıcı ve tedarikçi arasındaki ikili ilişkilere daha çok dayanan bir yapılanmanın olduğunu belirtmiştir. Tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışmaları tanımlayıcı ve kuralcı araştırmalar ana başlıklarında özetleyerek uzun vadeli satın alma ilişkilerinde alıcı şirketlerle tedarikçi şirketler arasında stratejik ortaklığın önemli yanlarına değinmiştir. Stratejik tedarikçi seçiminin örnek uygulamaları, beş büyük üretici şirketin satın alma bölümlerinde görevli sekiz kişi ile yapılan kişisel görüşmeler neticesinde, stratejik ortaklık amacı ile tedarikçi seçiminde önemli kriterler dört ana başlık altında belirlenmiştir. *Finansal boyut, organizasyonel kültür ve strateji, teknoloji boyutu ve diğer faktörler* ana kriterlerinin, tedarik şirket seçiminde önemli olduğu bulgulanmıştır. Çalışma, stratejik tedarikçi şirket seçimi konusunda alanyazına bir başlangıç noktası sağlaması yönü ile önemlidir.

Cressman (1997, s. 527–551); *malzemenin teknik özellikleri, brüt fiyat, indirim oranı, net fiyat, hakediş, özel ücretler, nakliye bedeli, varış noktasına kadarki toplam maliyet, ödeme koşulları, pahalanma, proje şart ve koşullarının kabulü, taahhüt edilen teslimat süresi, taşıma ağırlığı ve teklif bitiş tarihi* kriterlerinin, tedarikçi seçiminde öne çıkan kriterler olduğunu bulgulanmıştır

Kannan ve Tan (2002, s. 11-21), tedarikçi seçimi sürecinde kullanılmak üzere 30 adet tedarikçi seçim kriteri belirlemişlerdir. Anket sonuçlarına göre *fiyat, kalite, teslimat performansı, kapasite ve kültür*, çoğunlukla önemli görülen kriterler olarak bulgulanmıştır.

Ho vd. (2007, s. 403-426), Tayvan ve Vietnam’daki inşaat sektöründe tedarikçi değerlendirme ve seçim kriterleri üzerine yaptıkları çalışmada, her iki sektörün dinamiklerini dikkate alarak tedarikçi değerlendirme için 13, tedarikçi seçimi içinse 30 adet kriter belirlemişlerdir. Çalışmada, Kannan ve Tan (2002) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kullanılan kriterler esas alınmıştır.

Çizelge 2.2. *Tedarikçi seçim kriterleri ve önem dereceleri (Mendoza, 2007)*

Kriter	Önem Derecesi	
	Dickson (1966)	Weber vd. (1991)
Kalite	1	3
Teslimat	2	2
Performans geçmişi	3	10
Garanti ve hak talebi politikaları	4	23
Üretim tesisleri ve kapasitesi	5	4
Net fiyat	6	1
Teknik yeterlilik	7	6
Finansal durum	8	9
İhale prosedür uyumluluğu	9	16
İletişim sistemleri	10	18
Tanınırlık ve sektördeki konumu	11	8
İş yapma isteği	12	21
Yönetim ve organizasyon	13	7
İşletme denetimleri	14	14
Onarım hizmetleri	15	11
Tutum	16	12
İzlenim	17	20
Paketleme kabiliyeti	18	13
Çalışan ilişkileri kayıtları	19	17
Coğrafi konum	20	5
Geçmiş işlerin miktarı	21	22
Eğitim yardımları	22	15
Karşılıklı Düzenlemeler	23	19

Tedarikçi değerlendirme kriterleri; *teslimat ve servis kalitesi, bilgi paylaşımı ve hızlı çözüm sağlama* olmak üzere 3 ana kategoriye ayrılırken tedarikçi seçim kriterleri; *kapasite, alıcının ihtiyaçlarını karşılayabilme, dürüstlük ve doğruluk, fiyat, alıcı-tedarikçi uyumu ve stratejik taahhüt* olmak üzere 6 grupta ele alınmıştır. Bir anket çalışması gerçekleştirilerek her iki ülkeden 200 olmak üzere toplam 400 şirket

yetkilisine e-posta yolu ile gönderilmiş; Tayvan'daki 35, Vietnam'daki 37 yetkiliden cevap alınmıştır. Anket sonuçlarına göre tedarikçi değerlendirmesi kriterlerinin önem derecelerinin Tayvan ve Vietnam inşaat sektörü için değişkenlik gösterdiği bulgulanmıştır. Aynı şekilde, tedarikçi seçimi için belirlenen kriterlerin önem dereceleri de iki ülke için farklılık göstermektedir.

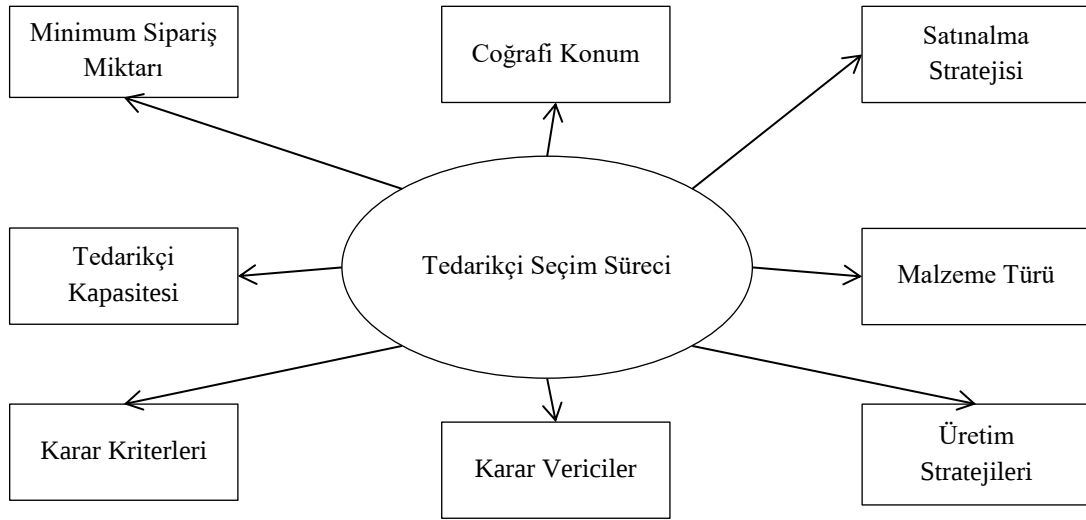
Dış Kaynak Kullanımı Enstitüsü (http-18, The Outsourcing Institute, 2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tedarikçi seçimi için en sık kullanılan kriterler *kalite, fiyat, şirket referansları/itibarı, esnek sözleşme maddeleri, kaynak/ürün çeşitliliği, katma değer yeteneği, kültürel uyumluluk, var olan iş ilişkileri* ve *konum* olarak listelenmiştir.

Areoulis vd. (2010, s. 209–230), yapım yöneticilerine tedarikçi seçimi sürecinde yardımcı olabilecek basit ve pratik bir yöntem önermek amacı ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Cressman (1997) tarafından tanımlanan 12 adet tedarikçi seçim kriteri çerçevesinde bir anket çalışması hazırlamışlardır. 1-12 Likert ölçeğinde hazırlanan anket çalışması, inşaat şirketlerinin proje yöneticileri arasından seçilen katılımcılara uygulanmıştır. 48 adet anket cevabı analiz edilerek malzeme teknik özellikleri en önemli; teklif bitiş tarihi ise en az önemli kriter olarak bulgulanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları Simos yöntemi ile belirlenmiştir. Modelin uygulamaları için 5 adet tedarikçi seçilerek her bir tedarikçi için kriterlere 1-10 arasında varsayımsal değerler atanmış; en yüksek puanı alan tedarikçi, en iyi tedarikçi olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen modelin işletmelerin mevcut yaklaşımına nazaran daha pratik ve anlamsal olduğu vurgulanmıştır. Anket katılımcıları tarafından önerilen ek kriterlerin çalışmada esas alınan kriterlere dâhil edilmemesi, çalışmanın kısıtlılıklarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Khaled vd. (2011, s. 2), tedarikçi değerlendirme süreci için 7 temel adım önermiş olup bu adımlar şu şekildedir:

1. Tedarikçi değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi
2. Her bir değerlendirme kriterinin ağırlandırılması
3. Alt kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması
4. Kriter ve alt kriterler için puanlama sisteminin belirlenmesi
5. Tedarikçilerin doğrudan değerlendirilmesi
6. Değerlendirme sonuçlarının incelenmesi ve seçim kararının verilmesi
7. Tedarikçi performanslarının sürekli incelenmesi

Çalışmada tedarikçi seçimini etkileyen faktörler, Şekil 2.6'daki gibi belirlenmiştir.



Şekil 2.6. Tedarikçi seçimini etkileyen faktörler (Khaled vd. 2010)

Schram ve Morais (2012, s. 643-662), inşaat sektöründe tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında; önem sırasına göre tedarikçinin *kalite yönetim sistemi, birim fiyat, maliyet azaltma politikaları, taşıma ücretleri, reddedilme seviyesi, yardım talebinin yanıtlanması, tedarik süresi, zaman konusundaki esneklik ve ürün miktarında esneklik* olmak üzere 9 adet kriter tanımlamışlardır. Bu kriterler çerçevesinde, SMARTER yöntemi kullanılarak 5 adet tedarikçi alternatifi arasından en iyi tedarikçi belirlenmiştir.

Patil ve Adavi (2012, s. 1807) inşaat sektöründe tedarikçi seçimi üzerinde yaptıkları çalışmada *tedarik süresi, zamanında performans, esneklik, tedarik sıklığı, kalite, ulaşım maliyeti, ücretlendirme şartları, bilgi kordinasyonu yeterliliği, dizayn koordinasyonu yeterliliği, vergiler ve tedarikçinin piyasadaki devamlılığı* olmak üzere 11 adet kriter tanımlamışlardır.

Eshtehardian vd. (2013, s. 263), İran inşaat sektöründe tedarikçi seçimi amacı ile gerçekleştirdikleri çalışmada, Dickson (1996) tarafından tanımlanan 23 adet kriterden yararlanmışlardır. Yaygın kanının aksine *fiyat*'ın, kriterlerin önem derecesinde 6. sırada yer aldığını bulgulamışlardır. Bu durum inşaat sektöründeki satın alma modellerinin rekabetçi hale geldiğinin ve fiyat kriterinin artık tek başına ana faktör olmadığının göstergesidir (Eshtehardian vd. 2013, s. 269).

Bir diğerk çalışmada, 1990'lı yıllarda ve öncesinde tedarikçi seçimi için esas alınan kriterlerin niceliksel olduğunu, bu durumun modern tedarik zinciri yönetimi anlayışı ile kalite kriterleri yönünde değiştiğini ve böylece tedarik sürecinin olgunluğunun arttığını vurgulamıştır. Fiyat ya da maliyetin en çok benimsenen kriter olmadığı, bunun yerine kalite, teslimat, maliyet ve diğer kriterlerin tedarikçi performanslarının değerlendirilmesi için en yaygın şekilde kullanılan kriterler olduğu gözlemlenmiştir. Böylece en düşük fiyata odaklanan geleneksel tek kriterli yaklaşımın, ağdaş tedarik zinciri yönetiminde yerinin olmadığı bulgulanmıştır. Geleneksel maliyet odaklı yaklaşım, seçilen tedarikçinin küresel uygunluğunu garanti edememektedir, çünkü *kalite, teslimat, esneklik* gibi müşteri odaklı kriterler göz önünde bulundurulmamaktadır (Ho vd, 2010, s. 22). Kar (2014, s. 4) tarafından yapılan çalışmada; alanyazında ele alınan *yönetim kapasitesi, fiyat, üretim kapasitesi, finansal durum, şirket itibarı, teknik kapasite, satış sonrası hizmetler* gibi kriterlerin arasında *kalite, garanti ve teslimat programı* gibi kriterlerin öncelikli değerlendirme kriterleri olarak öne çıktıkları bulgulanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Teknoloji araştırmaları

Ekonomi ve ekoloji kriterleri çerçevesinde malzeme ve tedarikçi seçimi analizlerini gerçekleştirebilen CBS destekli İTZY modelinin geliştirilebilmesi, modelin kavramsal bir yoğunluk ihtiva etmesi nedeni ile, çeşitli teknolojilerin olanaklarından yararlanmayı gerektirmiştir. Önerilen modelin inşasında, 3B yapı modellerinin yaratılması ve malzeme gruplarına ait metraj bilgisinin hesaplanabilmesi için, BBM'nin tasarımcılar tarafından en yaygın şekilde kullanılan araçlarından biri olan *Autodesk Revit* yazılımından yararlanılmıştır. *Revit*, tasarımdan yapım aşamasına bir BBM'nin iş akışını destekleyen güçlü bir yazılım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra *Revit*'in tasarım aşamasında performans optimizasyonu ve diğeri yazılım ve teknolojilerle üst düzey birlikte işlerlik özellikleri mevcuttur. *Revit* çözümleri; bir yapı projesinin inşa edilebilirlik özelliklerini, yapım sürecine başlanmadan değerlendirerek proje katılımcıları arasında kontrol ve koordinasyonun azami düzeyde sağlanmasına yardımcı olmaktadır. *Revit*, 3B yapı modellemesi gerçekleştirilirken parametrik tasarım sürecini ve *Family* adı verilen 3B nesne protokolünü kullanmaktadır. Parametrik modelleme kullanıcıya, veri yönünden zengin bina modellerinin oluşturulması amacı ile, yapı bilgisinin belirgin geometrik ifadeler olarak üretimini otomatize edebilen teknikler sağlamaktadır (Lee vd. 2006, s. 758). *Family* nesneleri, üretilen modelin türüne göre (mimari, statik, mekanik vb.) yapı elemanlarının 3B şekillerini ifade etmektedir. Örneğın statik bir proje yaratılırken kolon-perde, kiriş, döşeme gibi taşıyıcı sistem elemanları; mimari bir proje yaratılırken duvar, kapı, pencere vb. tasarım elemanları doğrudan nesne kütüphanesinden (*Object library*) seçilerek projedeki boyutlarına göre tanımlanabilmektedir.

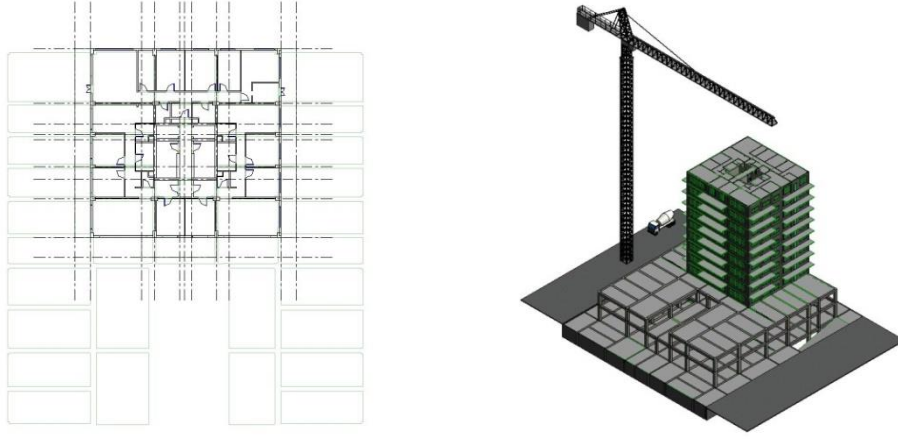
Bir inşaat projesinde, mimari ve teknik çizimler onaylandıktan sonra malzeme odaklı ilk faaliyet olarak kabul gören ve iş programına temel teşkil eden metraj; hâlâ uzun süren ve hatalara açık, geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Metraj çalışmalarındaki esas sorun; inşa edilecek yapı 3B iken mimari ve teknik çizimlerin 2B olmasıdır. Bu nedenle metraj çalışması gerçekleştirilirken, bina ve uygulama detayları 3B olarak tahayyül edilmek zorundadır. Ayrıca, inşaat projelerinde çeşitli imalat kalemleri olduğundan ve farklı birimlerde malzemelerin miktar bilgisinin hesaplanması

gerektirdiğinden, tek bir metraj tablosunda tüm hesaplamaları gerçekleştirmek mümkün olmamaktadır.

Revit ortamında, *Schedule/Quantities* fonksiyonu sayesinde tek butona tıklanarak istenilen mahallerdeki metraj bilgisi elde edilebilmektedir. Önerilen modelin hem malzeme seçimi hem de tedarikçi seçimi karar destek analizleri esnasında, ekonomik ve ekolojik etki değerlerinin hesaplanmasını sağlayan formüller, seçilen fonksiyonel birimde metraj bilgisini zorunlu kılmaktadır. Modelin malzeme ve tedarikçi seçimi karar destek analizlerinde metraj hesaplamaları *BBM* fonksiyonları ile gerçekleştirilmiş, böylece zamandan tasarruf sağlayan pratik bir yaklaşım öngörülmüştür.

Modelin inşasında önemli bir adım olan yazılımın test ve doğrulama işlemleri için bir örnekleme ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla Eskişehir İli Tepebaşı İlçesi'nin, kentin ölçeğine ve yapılaşma karakteristiği yeni bir görünüm kazandıran, orta ve büyük ölçekli inşaat projelerinin yoğunlukta olduğu bir bölgesinde konumlu, yapımı henüz devam eden bir inşaat projesi örneklem olarak seçilmiştir. Toplam 3000 metrekare oturum alanını, 12000 metrekare inşaat alanını kapsayan konut ve ticari kullanım fonksiyonlu inşaat projesi, betonarme yapım tarzında inşa edilmektedir. Örnek yapı; bodrum, zemin ve 10 normal kat olmak üzere 12 kattan müteşekkildir. 77 adet konut ve 6 adet işyeri olmak üzere toplam 83 bağımsız bölümden oluşmaktadır. Proje, özel sektörde hizmet veren bir inşaat şirketi tarafından inşa edilmekte olup yüklenici sözleşmesinde öngörülen yapım süresi 36 aydır. Şekil 3.1'de örnek yapının normal kat planı ve *Autodesk Revit* ortamında oluşturulmuş 3B modeli görülmektedir.

ECO-SUPPLY modelinin CBS uygulamaları, yazılım arayüzünde harita tabanlı analiz uygulamaları ile ortaya konmuştur. Harita tabanlı uygulamalar için Google Haritalar servisinin uygulama programlama arayüzü, *Google Maps JavaScript API*'den yararlanılmıştır. Mobil teknolojileri kullanan hemen herkesin yararlandığı bir uygulama olan Google Haritalar, kullanıcılara yön bulma (navigasyon) ve güzergâh belirleme hizmeti sunan bir servis olarak karşımıza çıkmaktadır. *Google Haritalar*, güzergâh belirleme özelliklerinde CBS tabanlı *Network Analysis* (Ağ Analizi) fonksiyonları içerisinde değerlendirilen en hızlı yol analizlerini varsayılan olarak kullanmaktadır. Kullanıcılar, istediklerinde en kısa yol analizini seçerek bulundukları konumdan hedef noktaya güzergâh belirleme hizmetlerinden yararlanabilmektedir.



Şekil 3.1. (a) Örnek yapının normal kat planı, (b) Autodesk Revit ortamında yaratılan 3B bina modeli

Google Maps JavaScript API ise *JavaScript* yazılım dili kullanılarak web tarayıcıları üzerinden erişilebilir harita tabanlı uygulama ve programlar üretmeye olanak sağlayan bir geliştirme aracıdır. Ayrıca *Google Haritalar*'a ait fonksiyonların farklı yazılım ortamlarında belirli amaçlar çerçevesinde işletilmesine de imkân vermektedir. *Google Maps API* yaygın olarak; müdahale edilebilir haritalar üretmek, verilerin görselleştirilmesi ve veri entegrasyonu gibi amaçlarla kullanılmaktadır (http-19, Google, 2017).

Bu tez çalışmasında *Google Maps* geliştirme araçları, modelin uygulanabilirliğini sınamak üzere geliştirilen ECO-SUPPLY yazılımına harita tabanlı veriler sağlamış ve analiz fonksiyonları ile bütünleştirilmek sureti ile kullanılmıştır. ECO-SUPPLY yazılımının tanımlama ve analiz ekranlarında, *Google Maps API* tarafından sağlanan arayüz üzerinde aşağıdaki fonksiyonlar gerçekleştirilmektedir:

- Tedarikçi konumlarının enlem ve boylam olarak tanımlanması ya da harita üzerinden seçilmesi,
- Şantiye konumunun seçilmesi,
- Malzeme taşıma aşamasındaki ekonomik ve ekolojik parametre değerlerinin hesaplanması,
- Tedarikçilerle şantiye arasındaki uzaklıkların; böylece her bir tedarikçinin karbon emisyonu etkilerinin hesaplanması,
- Seçilen tedarikçi ile şantiye arası yol güzergâhının belirlenmesi.

3.1.2. Maliyet araştırmaları

ECO-SUPPLY modelinin yapı malzemesi seçimi karar destek analizlerinde ekonomi parametreleri olarak malzemenin üretim, sipariş, taşıma ve uygulama aşamasına ait maliyet verileri kullanılmıştır. Malzemenin üretim ve taşıma maliyetleri için sektörel veriler esas alınmıştır. Sipariş ve işçilik maliyeti verileri ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat İşleri birim fiyat analizleri kullanılarak elde edilmiştir.

3.1.3. Çevresel etki araştırmaları

ECO-SUPPLY modelinin yapı malzemesi seçimi karar destek analizlerinde ekoloji parametreleri, EPA tarafından gerçekleştirilen YDD çalışması kapsamında seçilmiş olup hem ekonomik hem de ekolojik performansı değerlendirmesi yönüyle *BEES* analiz aracı, modelin inşasında önemli bir materyal olarak ele alınmıştır. *BEES* yazılımında, yapı malzemelerinin YDD çalışmaları için 12 adet çevresel etki kategorisi tanımlanmıştır. Ancak bu çalışmanın kapsamında araştırılan yapı malzemeleri ve ulusal ölçekte yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren çalışmaların azlığı dikkate alınarak yalnızca GWP, çevre etki kategorisi olarak değerlendirilmiştir.

Küresel ısınma; fosil yakıtların tüketimi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu atmosfere sera gazı emisyonları neticesinde meydana gelmektedir. Küresel ısınma için IPCC tarafından yayınlanan tanımlama modeli, küresel ısınma potansiyelinin değerlendirildiği tek modeldir (Forster vd. 2007, s. 130-234). GWP için 20, 50 ve 100 yıllık senaryolar mevcut olup bu çalışmada 100 yıllık senaryo dikkate alınmıştır.

Karbondioksit (CO₂), küresel ısınma potansiyelinin değerlendirilmesinde kategori göstergesi referans salımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Öztaş, 2014, s. 70). Ülkemizde TÜİK tarafından hazırlanan sera gazı emisyon istatistiklerinde de emisyon değerleri kilogram ve ton biriminde karbondioksit eşdeğeri olarak hesaplanmaktadır. TÜİK'in esas aldığı sera gazlarının dönüştürme katsayıları Çizelge 3.1'deki gibidir.

Bu tez çalışması kapsamında duvar grubu malzemelerinin çevresel etkileri değerlendirilmiş olup Türkiye inşaat sektöründe en yaygın kullanılan duvar malzemeleri olan tuğla, gazbeton ve alçıpan levha üzerine araştırmalar yapılmıştır. Söz konusu üç malzeme, 20 cm kalınlığında dış duvar üretimi perspektifinde değerlendirilmiş olup yardımcı malzemelerin ekonomik ve ekolojik etkileri de dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.1. Sera gazlarının GWP dönüştürme katsayıları (TÜİK, 2009)

Emisyon türleri	Kimyasal formülleri	GWP eşdeğeri
Karbondioksit	CO ₂	1
Metan	CH ₄	25
Di azot monoksit	N ₂ O	298
Hidrokloro flor karbon	HFCs	140-11700
Kükürt hekza florür	SF ₆	23900

Türkiye’de yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi üzerine yapılmış çalışmalar oldukça nadir olmakla birlikte, ulusal bir yaşam döngüsü envanteri mevcut değildir. Yapılan çalışmalar, bu alanda yapılacak yeni araştırmalar için önemli veriler sunmasına karşın duvar malzemelerinin YDD süreçlerinin ve çevresel etki değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bir çalışma mevcut değildir. Aynı şekilde TÜİK başta olmak üzere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı; Orman ve Su İşleri Bakanlığı; Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı vb. ulusal veri kaynaklarında da malzeme üretim sürecine dair karbon emisyon değerlerine ulaşılamamaktadır.

Yapı malzemesi üreticileri, beş yıllık aralıklarla EPD dokümanları yayınlamaktadır. EPD kullanımının önemli avantajlarından biri; EPD’nin, tedarik zinciri içerisinde YDD ve YDE bilgilerinin yerine girdi olarak kullanılabilme olanağıdır. Bu özellik EPD’yi, özellikle büyük oranlarda kimyasalların ve yapı malzemelerinin kullanıldığı inşaat sektörü açısından değerli kılmaktadır (Günaydın, 2011, s. 51). ECO-SUPPLY modelinin malzeme seçimi karar destek analizlerinde üretim süreci çevresel etki değerlerine ulaşabilmek için tuğla, gazbeton ve alçıpan levha malzemelerine ait EPD dökümanlarından yararlanılmıştır. EPD dökümanlarında genellikle malzeme üretimi için YDD’nin hammadde elde edilmesi, üretim tesislerine taşınması ve malzemenin üretimi aşamalarını kapsayan beşikten kapıya (cradle-to-gate) kapsamı kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle, EPD dokümanlarından araştırma konusu olan malzemelerin yalnızca üretim aşamasına ait karbon emisyonu değerleri elde edilebilmektedir. YDD kapsamının daha geniş olduğu çalışmalarda, diğer aşamaların karbon emisyon değerleri için başka kaynak ve yaklaşımlara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu doktora tezi kapsamında önerilen İTZY modelinin malzeme taşıma aşaması için hem malzemenin, hem de karayolu taşımacılığının gerçekleştirildiği aracın karbon emisyon değerlerini hesaplayan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bunun için IPCC

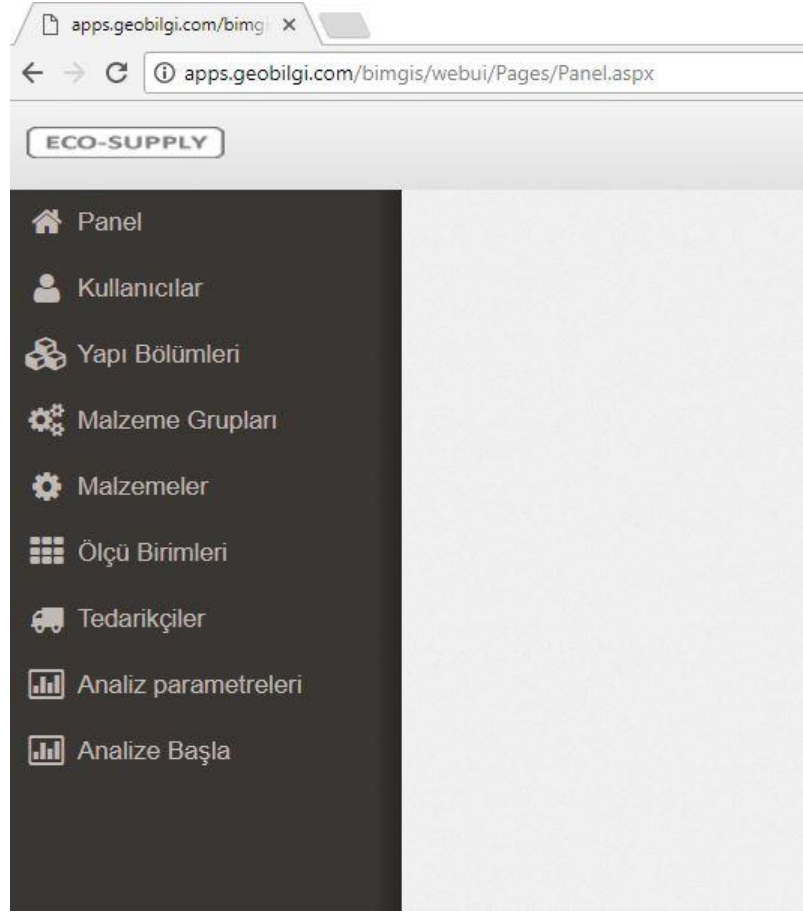
tarafından yayımlanan taşımacılık faktörlerinden yararlanılmıştır (http-3, IPCC, 2013). Malzeme taşıma aşamasının çevresel etki formülü, Condeixa vd. (2015, s. 7916) tarafından kullanılan taşıma formülünden uyarlanmıştır.

Ulusal ve uluslararası alanyazında, yapı malzemelerinin şantiyede uygulama (imalat) aşamasını ele alan çalışmalar, dolayısı ile yaşam döngüsünün bu aşamasına ait veriler kısıtlıdır. Bu nedenle ECO-SUPPLY modelinin malzeme uygulama (imalat) aşaması için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen çerçevede TÜİK tarafından yayınlanan sera gazı emisyon istatistikleri raporu ve inşaat kalemleri adam/saat tablolarından yararlanılmıştır.

3.1.4. Yazılım geliştirme

Modelin inşasında teknoloji araştırmalarının en önemli adımı olan yazılım geliştirme, CBS destekli İTZY modelinin tüm araştırma yöntemlerini bütünleştirme ve modelin uygulanabilirliğini ortaya koyma özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır. ECO-SUPPLY yazılım aracı, web tabanlı bir arayüze sahip olup konumsal analiz fonksiyonlarını Google API sayesinde sağlanan Google Haritalar üzerinde gerçekleştirmektedir. HTML 5'i destekleyen tüm internet tarayıcılarında çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. ECO-SUPPLY; operatör, tedarikçi kullanıcı ve sistem yöneticisi rollerini kapsamakta; yazılım arayüzüne erişim kullanıcı adı ve şifre girişi ile sağlanmaktadır. Sistem yöneticisi kullanıcı rolü en geniş düzenleme yetkilerine sahipken operatör kullanıcıları, arayüzde sunulan tanımlama ekranlarını görüntüleme, bilgileri düzenleme ve karar destek analizlerini gerçekleştirme yetkilerine sahiptir. Tedarikçi kullanıcısı ise tedarikte bulunduğu malzeme türlerini ve bu malzemelere ait stok bilgilerini tanımlama ve düzenleme yetkilerine sahiptir. ECO-SUPPLY yazılımı karşılama ekranının yan panelinde *Yapı Bölümleri*, *Malzeme Grupları*, *Malzemeler*, *Ölçü Birimleri*, *Tedarikçiler* ve *Analiz Parametreleri* gibi tanımlama sayfaları ve analiz adımlarının gerçekleştirilmesine olanak sağlayan *Analize Başla* fonksiyonu yer almaktadır. Şekil 3.2'de ECO-SUPPLY yazılım aracının kullanıcı arayüzü görülmektedir.

Yazılımın yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi karar destek analizleri için yaratılan birçok fonksiyonu mevcut olup bu fonksiyonların tasarımı ve geliştirilmesi, bir kullanıcı öyküsü (user story) ışığında gerçekleştirilmiştir. Yazılımın kullanıcı öyküsü EK-1'de detaylı bir şekilde ifade edilmiştir.

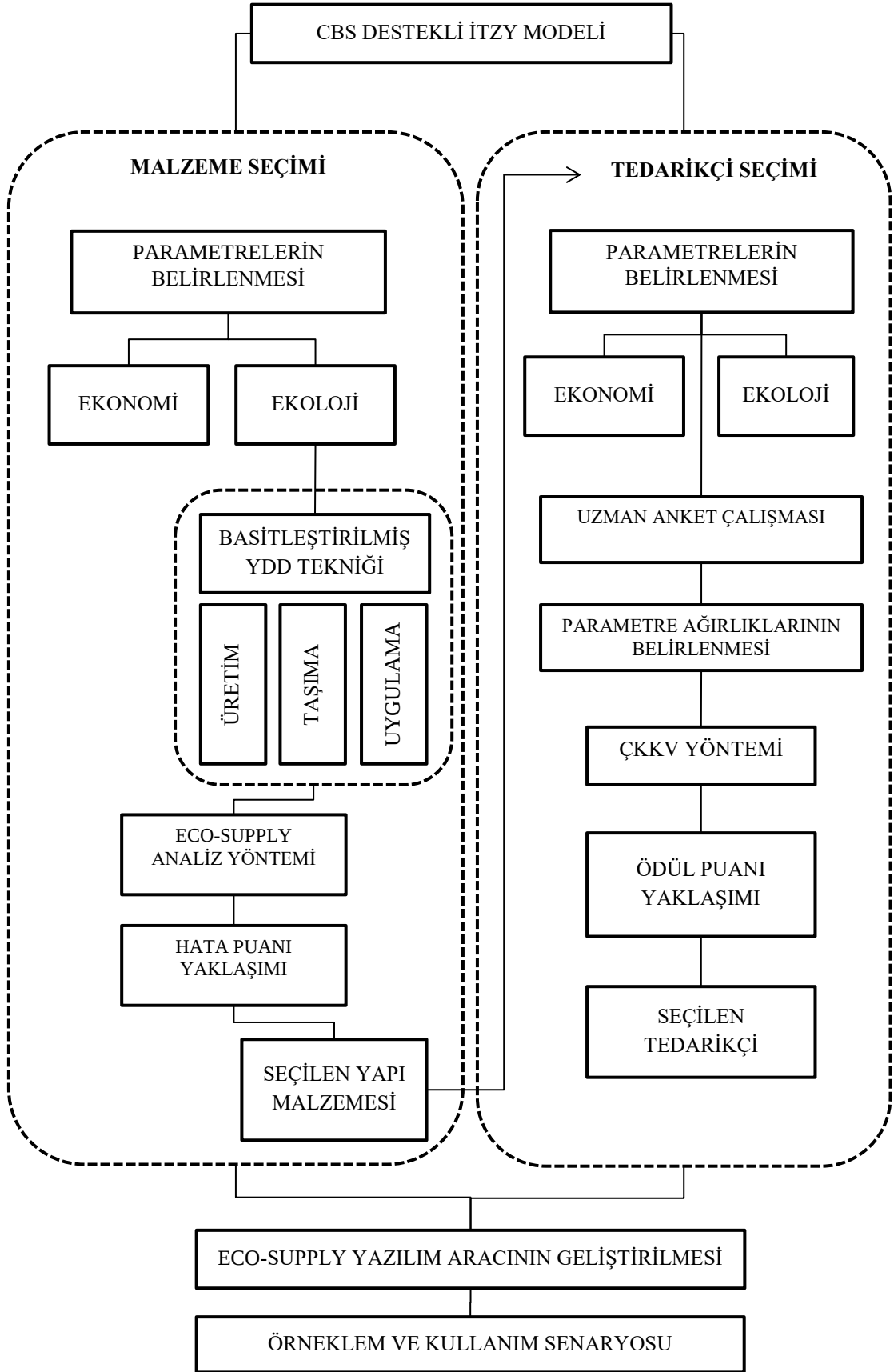


Şekil 3.2. ECO-SUPPLY yazılım aracının kullanıcı arayüzü

3.2. Yöntem

Bu doktora tez çalışmasında, CBS'nin ve ÇKKV yöntemlerinin olanaklarından yararlanılarak yapı sektörü katılımcılarına ve karar vericilere, TZY sürecinde karar desteği sağlayabilecek bir model önerilmiştir. Önerilen modelin işlevselliği, geliştirilen web tabanlı bir yazılım sayesinde sınanmıştır. Modelde kullanılan yöntem ve yazılım aracına ECO-SUPPLY adı verilmiştir.

CBS destekli İTZY modeli, yapı malzemelerinin tüm yaşam döngüsü kapsamında tasarım ve yapım aşamalarını esas alarak bu aşamalarda ekonomi ve ekoloji parametreleri çerçevesinde malzeme seçimi ve önerilen malzeme için yine çoklu parametreler ışığında tedarikçi seçimini gerçekleştirebilen anlamsal bir çerçeveye sahiptir. Bu çerçevenin kurulabilmesi için hem malzeme seçimi hem de tedarikçi seçimi aşamalarında ÇKKV yöntemlerine ve çeşitli tekniklere ihtiyaç duyulmuştur. Bu yöntemler, Şekil 3.3'te şematik olarak gösterilmiş olup ileriki bölümlerde detaylı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.3. Araştırma yöntemleri şeması

3.2.1. Malzeme seçimi

3.2.1.1. Analiz parametrelerinin belirlenmesi

ECO-SUPPLY modelinin en önemli özelliklerinden biri İTZY sürecinde ekonomik olduğu kadar ekolojik bir karar desteği önermesidir. Yapı malzemesi seçimi karar destek analizleri, ekonomik ve ekolojik performansı ifade eden parametreler çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Bunun için ekonomi ve ekoloji boyutlarına ait parametreler belirlenmiştir. EPA tarafından, yapı malzemelerinin YDD çalışmalar için 12 adet çevresel etki kategorisi tanımlanmıştır. Gloria vd. (2007, s. 7551); *EPA Bilim Danışma Kurulu (Science Advisory Board-SAB)* tarafından gerçekleştirilen uzman paneli neticesinde GWP'nin, %16'lık ağırlıkla en önemli çevresel etki kategorisi olarak belirlendiğini dile getirmişlerdir (Gloria vd. 2007, s. 7551).

Öztaş (2014, s. 85); ulusal bir YDD aracının oluşturulmasına katkı sağlayacağını öngördüğü doktora tez çalışmasında, 11 adet çevresel etki kategorisi tanımlamıştır. Akademi, kamu ve sektör çalışanlarından oluşan katılımcılara uygulanan anket çalışması neticesinde GWP, fosil yakıt tüketiminden sonra en önemli ikinci çevresel etki kategorisi olarak belirlenmiş; sektör katılımcılarına göre ise GWP'nin, fosil yakıt tüketimi ile eşit ve %25'lik ağırlıkla en önemli etki kategorisi olduğu bulunmuştur.

3.2.1.2. Araştırma yönteminin belirlenmesi

ECO-SUPPLY modelinde, duvar malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendirmek ve karşılaştırmalar yaparak en düşük çevresel etkiye sahip duvar malzemesini belirleyebilmek için, YDD yaklaşımı benimsenmiştir. YDD; beşikten mezara, beşikten kapıya, beşikten beşiğe ve kapıdan kapıya olmak üzere çeşitli kapsamlara sahiptir. Gerek ulusal gerekse uluslararası kaynaklarda yapı malzemeleri için beşikten mezara YDD üzerine yapılmış çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Ulusal veri kaynakları ve araştırma çıktıları da çevresel etki verileri anlamında yetersiz kalmaktadır. Sektöre yönelik olarak hazırlanan EPD dokümanlarında ise beşikten kapıya YDD kapsamı kullanıldığından, yalnızca malzemenin üretim aşamasına ait çevresel etki değerlerine ulaşılabilmektedir. Ayrıca ulusal ve uluslararası alanyazında, bu çalışma kapsamında ele alınan yapı malzemeleri için tüm YDD safhalarına ait etki değerlerinin araştırıldığı kapsamlı bir çalışma henüz mevcut değildir. Bahsedilen engeller, basitleştirilmiş bir yaklaşımın inşasını zorunlu kılmıştır.

3.2.1.3. Basitleştirilmiş YDD yaklaşımı

CBS tabanlı İTZY modelinin malzeme seçimi karar destek analizleri için basitleştirilmiş bir YDD yöntemi önerilmiştir. Bu yaklaşım, yapı malzemelerinin üretim, taşıma ve uygulama olmak üzere üç aşamasında çevresel etki değerlendirmesine olanak sağlamaktadır. Yapı malzemeleri için düşük maliyet ve düşük karbon emisyonu, en iyi ekonomik ve ekolojik performans anlamına geldiğinden; her iki kriter sınıfı “düşük değer; daha iyi” kuralına göre puanlanmaktadır. Yapı malzemelerinin YDD süreçlerinde ele alınan safhalar, eşit önem derecesinde değerlendirilmiştir. Hem maliyet hem de ekoloji parametre değerlerinin her üç aşama için kümülatif toplamaları ile nihai maliyet ve nihai karbon emisyonu değerlerine ulaşılmıştır. Önerilen bu pratik yaklaşıma Hata Puanı (HP) adı verilmiştir. Malzemelere ait maliyet hata puanı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$HP_{malzeme - ekonomi} = (C_{\text{üretim}} + C_{\text{taşıma}} + C_{\text{uygulama}}) \quad (3.1)$$

$HP_{malzeme-ekonomi}$: Yapı malzemesine ait maliyet hata puanı, $C_{\text{üretim}}$: Malzeme üretim maliyeti, $C_{\text{taşıma}}$: Malzeme taşıma maliyeti ve C_{uygulama} : Malzeme uygulama maliyeti olarak ifade edilmiştir.

Malzemelere ait ekoloji hata puanı ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$HP_{malzeme - ekoloji} = (CO_2_{\text{üretim}} + CO_2_{\text{taşıma}} + CO_2_{\text{uygulama}}) \quad (3.2)$$

$HP_{malzeme-ekoloji}$: Yapı malzemesine ait karbon emisyonu hata puanı, $CO_2_{\text{üretim}}$: Malzeme üretim karbon emisyonu, $CO_2_{\text{taşıma}}$: Malzeme taşıma karbon emisyonu ve CO_2_{uygulama} : Malzeme uygulama karbon emisyonu olarak ifade edilmiştir. Basitleştirilmiş YDD yönteminin her bir aşamasında maliyet ve karbon emisyonu değerleri birim malzeme bazında hesaplanmakta olup fonksiyonel birim *metrekare* (m^2) olarak belirlenmiştir.

3.2.1.3.1. Üretim aşaması

ECO-SUPPLY modelinde yapı malzemelerinin üretim aşamasındaki maliyet denklemi şu şekildedir:

$$C_{\text{üretim}} = (m * C_{\text{birim}} - \text{üretim}) \quad (3.3)$$

$C_{\text{üretim}}$: Malzeme üretim maliyeti (TL), $C_{\text{birim üretim}}$: Birim malzeme üretim maliyeti (TL/m²), m : Malzeme miktarı (Metraj) (m²) olarak tanımlanmıştır.

Yapı malzemelerinin üretim aşamasındaki karbon emisyon değeri ise Denklem 3.4'te ifade edilen eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$CO_2_{\text{üretim}} = (m * CO_2_{\text{birim üretim}}) \quad (3.4)$$

$CO_2_{\text{üretim}}$: Malzeme üretim karbon emisyonu (kg CO₂-eq), $CO_2_{\text{birim üretim}}$: Malzeme birim üretim karbon emisyonu (kg CO₂-eq/m²), m : Metraj (m²) olarak tanımlanmıştır.

3.2.1.3.2. Taşıma aşaması

ECO-SUPPLY modelinde yapı malzemelerinin taşıma aşamasındaki maliyet; hem malzemenin sipariş ve fiziksel taşıma maliyetini, hem de malzemenin şantiyeye taşınmasında yararlanılan motorlu aracın yakıt sarfıyatı sonucu oluşan maliyeti kapsamaktadır.

$$C_{\text{taşıma}} = (m * C_{\text{birim sipariş}}) + (m * C_{\text{birim taşıma}}) + \left(2 * N * D * C_{\text{birim yakıt}} * \frac{FC}{100} \right) \quad (3.5)$$

Denklemden $C_{\text{taşıma}}$: Malzeme taşıma maliyeti (TL), $C_{\text{birim sipariş}}$: Birim malzeme üzerinden tedarikçi kârı (TL/m²), $C_{\text{birim taşıma}}$: Birim malzeme taşıma maliyeti (TL/m²), m : Metraj (m²), N : Sefer sayısı, D : Şantiye-tedarikçi arası uzaklık (km), $C_{\text{birim yakıt}}$: Birim yakıt maliyeti (TL/lt), FC : 100 km'deki ortalama yakıt sarfıyatı (lt-100 km) olarak tanımlanmıştır.

Eşitlikte $C_{\text{birim sipariş}}$ olarak verilen parametre; tedarikçinin birim malzemedan elde ettiği kârdır. Bir başka deyişle; birim malzeme satış fiyatından birim üretim maliyetinin çıkarılması sonucu elde edilen değerdir.

Görüldüğü üzere malzemenin motorlu bir araç vasıtası ile taşınması sırasındaki maliyet, uzaklık bilgisine, bu uzaklığın kat ediliş seferine ve motorlu yakıt tarafından harcanan ortalama yakıt sarfıyatına bağlıdır. ECO-SUPPLY modelinde malzeme seçimi yapıldıktan sonra tedarikçi seçimi yapılabildiğinden, şantiye-tedarikçi arası mesafe,

tedarikçilerin şantiye uzaklıklarının ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Sefer sayısı ise metraj bilgisi ile doğrudan orantılı olup şu formülle hesaplanmaktadır:

$$N = \left(\frac{m * w}{PL} \right) \quad (3.6)$$

N : Sefer sayısı, m : Malzeme miktarı (m^2), w : Malzeme genişliği (m), PL : Taşıt taşıma kapasitesi (İstiap haddi) (m^3) olarak ifade edilmiştir. Sefer sayısı, tam sayı olacağından daima yukarı yuvarlanmaktadır. Örneğin; N değeri 3,4 olarak hesaplandığında, sefer sayısı 4 olarak alınmaktadır.

Yapı malzemelerinin taşıma aşamasındaki karbon emisyon değeri de malzeme miktarına, sefer sayısına, şantiye-tedarikçi arası mesafeye, motorlu taşıtın ortalama yakıt sarfiyatına ve taşıma maliyeti denkleminde farklı olarak malzemenin kütlesine bağlıdır. Taşıma aşamasındaki karbon emisyonu şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$CO_{2taşıma} = \left(2 * N * D * \frac{FC}{100} * f_{taşıt} \right) + \left(\frac{M * D * f_{taşıma - tipi}}{1000} \right) \quad (3.7)$$

$CO_{2 taşıma}$: Malzeme taşıma karbon emisyonu (kg CO₂-eq), N : Sefer sayısı, D : Şantiye-tedarikçi arası uzaklık (km), FC : 100 km'deki ortalama yakıt sarfiyatı (lt-100 km), $f_{taşıt}$: Motorlu taşıta ait karbon emisyon faktörü (kg CO₂-eq/lt), $f_{taşıma tipi}$: Malzeme taşıma tipine ait karbon emisyon faktörü (kg-CO₂-eq/ton km), M : Malzeme kütlesi (kg) olarak tanımlanmaktadır. Denklemde ikinci bölümünde değişkenler 1000 ile bölünerek malzeme karbon emisyon faktöründeki ton değeri kilogram'a çevrilmektedir.

3.2.1.3.3. Uygulama aşaması

CBS destekli İTZY modelinin uygulama aşamasındaki maliyet, üretim maliyeti denkleminde benzer şekilde hesaplanmaktadır:

$$C_{uygulama} = (m * C_{birim-işçilik}) \quad (3.8)$$

$C_{uygulama}$: Malzeme uygulama maliyeti (TL), $C_{birim işçilik}$: Birim malzeme işçilik maliyeti (TL/ m^2), m : Metraj (m^2)

Yapım sürecinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi; yapım sürecinin birçok alt süreci kapsaması ve enerji kullanımı, emisyonlar ve atıklarla ilgili kapsamlı bir veri kaynağının olmaması gibi nedenlerle zordur (Bilec, 2007, s. 63-65; Metin ve Tavil,

2014, s. 216). Gerek ulusal gerekse uluslararası kaynaklarda malzeme uygulama aşamasını konu alan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte bu çalışmanın kapsamında ele alınan yapı malzemelerinin YDD sürecini kapsamamaktadır. Bu nedenle ECO-SUPPLY modelinin malzeme uygulama (imalat) aşaması için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda TÜİK tarafından yayınlanan sera gazı emisyon istatistiklerinde yer alan kişi başına düşen yıllık karbon emisyon değeri kullanılmıştır. Buna göre TÜİK, 2015 yılı için Türkiye’de kişi başına düşen yıllık karbon emisyonunu 6,07 ton/kişi olarak açıklamıştır (http-20, TÜİK, 2017). Yapı malzemelerinin işçilik süreleri, iş ölçümleri ile hesaplanarak inşaat kalemlerine ait adam/saat tabloları üretilmektedir. Bu ölçümler saat bazında yapıldığı için, yıllık kişi başına düşen karbon emisyonu değeri 1 yıldaki saat sayısına bölünmüştür. Buna göre uygulama aşamasındaki karbon emisyon faktörü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$f_{uygulama} = \frac{6,07 * 1000}{365 * 24} = 0,693 \quad (3.9)$$

Bu bilgiler ışığında malzeme uygulama aşaması için karbon emisyonu denklemi şu şekilde oluşturulmuştur:

$$CO_{2uygulama} = (m * AS * f_{uygulama}) \quad (3.10)$$

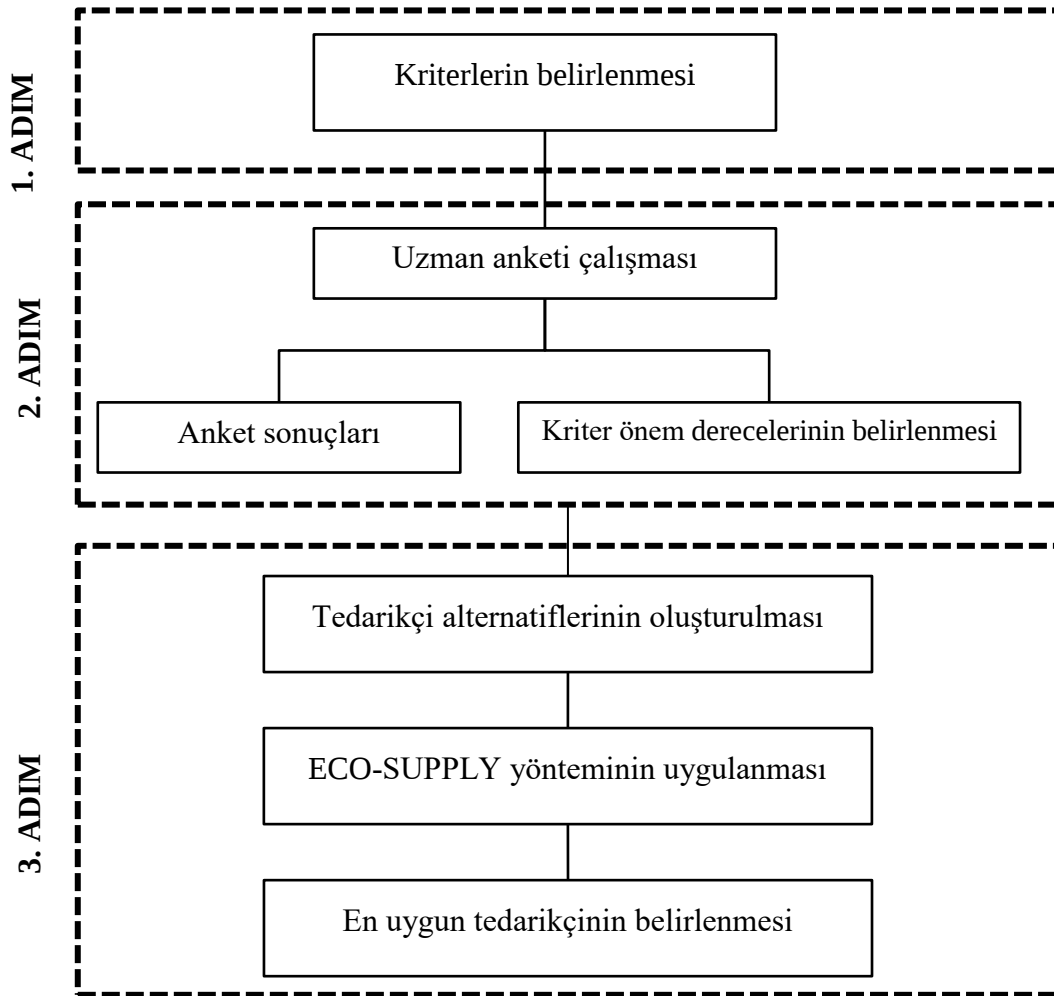
$CO_{2uygulama}$: Malzeme uygulama karbon emisyonu (kg CO₂-eq), m : Metraj (m²), AS : İnşaat kalemine ait adam/saat değeri (saat/m²), $f_{uygulama}$: Malzeme uygulama karbon emisyon faktörü (0,693)

Bu denklemde malzemenin uygulaması esnasında çalışan işçi sayısının göz ardı edildiği düşünülebilir. Fakat bir inşaat faaliyetinin işçiliği esnasında işçi sayısındaki artış, karbon emisyon faktörünün değerini artıracak gibi adam/saat değerini azaltacaktır. Yani malzeme üretim karbon emisyon faktörü – $f_{uygulama}$ ile adam/saat değeri – AS arasında ters orantı mevcuttur. Elbette, bu artış-azalış ilişkisinin aynı oranda olup olmadığının sınanması gerekmekte olup zaman faktörü dikkate alındığında, bunun başka bir araştırma konusu olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.2. Tedarikçi seçimi

ECO-SUPPLY modeli, malzeme seçimi analizleri sonucunda belirlenen optimum yapı malzemesi için CBS’nin olanaklarından faydalanılarak tedarikçi şirket seçimi karar

desteği sunmaktadır. Malzeme tedarikçisi seçimi, birden çok değişkene ve etkene bağlı olarak gerçekteştirilen bir TZY faaliyeti olup tıpkı malzeme seçimi gibi çok kriterli bir karar verme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doktora tez çalışmasında tedarikçi seçimi araştırma yöntemi; tedarikçi seçimi parametrelerinin belirlenmesi, veri toplama araçları ve araştırma yönteminin belirlenmesi olmak üzere üç temel adımda ele alınmıştır. şekil 3.4’de tedarikçi seçimi aşamasına ait yöntem şeması görölmektedir.



şekil 3.4. Tedarikçi seçimi araştırma yöntemi şeması

3.2.2.1. Analiz parametrelerinin belirlenmesi

Tedarikçi seçimi literatürüne baktığımızda *kalite, fiyat, teslimat ve performans*’ın, en yaygın şekilde kullanılan kriterler olduğu görölmektedir. *Ödeme şekli, malzeme teknik özellikleri, coğrafi konum, tedarikçi şirket profili* gibi kriterlerin de önemli olabileceği düşünölmektedir. Ayrıca, esas alınan inşaat sektörünün ölçeği de dikkate

alınarak *alıcı ve tedarikçi arasındaki ikili ilişkiler* de öne çıkan faktörler arasındadır. Son on yılda, yapım yönetiminin hemen her uygulama alanında araştırma konusu ve inşaat projelerinde yeni bir perspektif olarak karşımıza çıkan ekolojik yaklaşımlar da tedarikçi seçimi sürecinde göz önünde bulundurulmuş kriterler arasında yer almaktadır. Bu tez çalışmasında, doktora tez jürisi ve alanda uzman kişilerin oluşturduğu bir uzman ekibi tarafından; uygulama ve montaj gerektiren yapı malzemeleri için tedarikçi şirket seçimi amacı ile 10 adet ana kriter ve 19 adet alt kriter olmak üzere toplam 29 adet kriter tanımlanmıştır. Bu kriterler Çizelge 3.2’de görülmektedir. Her bir kriter ulusal ve yerel inşaat sektörünün boyutu, genel satın alma eğilimleri gibi karakteristikleri ve yapı malzemelerinin tedariki sürecinde sıkça yaşanan problemler dikkate alınarak tanımlanmıştır.

Çizelge 3.2. Tedarikçi seçimi ana ve alt kriterleri

Ana kriterler	Alt kriterler
1. Fiyat	-
2. Kalite	-
3. Teslimat	3.1. Tedarik süresi 3.2. Teslimat hızı 3.3. Teslimat şekli
4. Ödeme planı/şekli	4.1. Vadeli ödeme olanakları 4.2. Takas/barter usulü ödeme olanakları 4.3. Geri ödeme olanakları
5. Coğrafi konum	-
6. Tedarikçi şirket profili	6.1. İş tecrübesi 6.2. Finans 6.3. Sertifika ve referanslar
7. Alıcı-tedarikçi ikili ilişkileri	7.1. Önceki ilişkiler 7.2. Akrabalık-arkadaşlık ilişkileri
8. Ekolojik özellikler	8.1. Çevreye duyarlılık 8.2. Ekolojik malzeme olanağı ve çeşitliliği 8.3. Çevre odaklı sertifikasyon
9. Tedarikçi teknik kapasitesi	9.1. Ürün çeşitliliği 9.2. Üretim/depolama kapasitesi 9.3. Teknik yeterlilik 9.4. Teknoloji 9.5. Satış sonrası hizmet
10. Malzeme teknik özellikleri	-

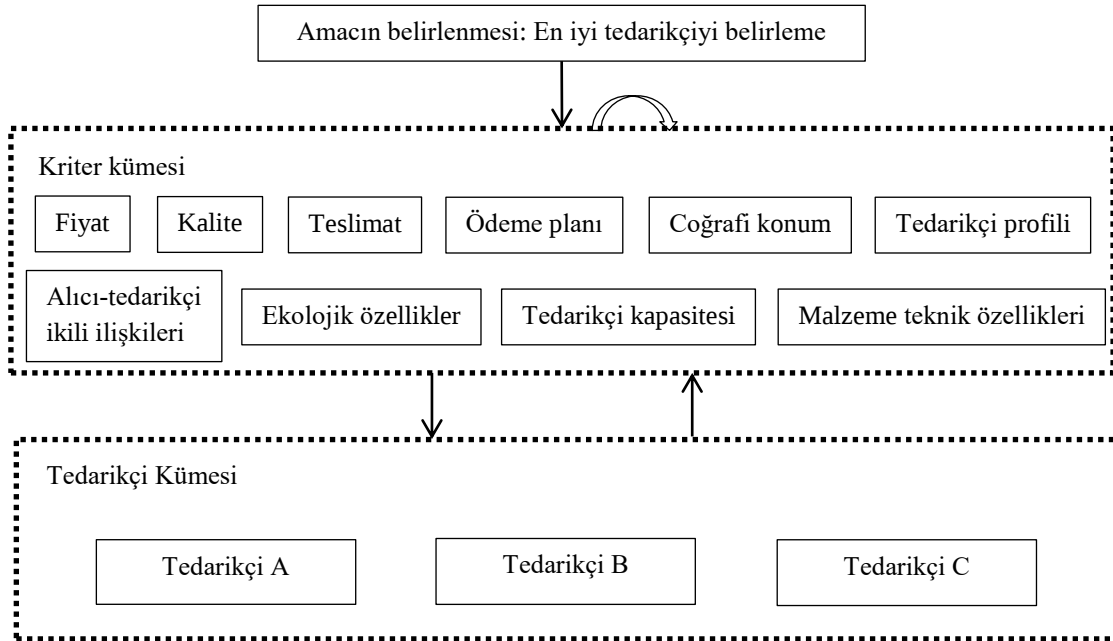
3.2.2.2. Veri toplama aracı

Uygulama ve montajı yapılan malzeme gruplarının (duvar, cephe, çatı, yer kaplaması vb.) tedarikçi şirket seçimi aşamasında belirlenen kriterlerin önem derecelerinin ve yüzde ağırlıklarının belirlenmesi için; akademi, sektör ve kamu çalışanlarından oluşan ve yapı malzemelerinin TZY konusunda uzmanlaşmış kişilerden oluşan bir uzman paneli gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Fakat bahsi geçen kişilerin aynı anda bir araya getirilmesi; meşguliyet, ilgi ve isteksizlik vb. birkaç nedenle mümkün olmamıştır. Bu nedenle belirlenen kriterlerin önem derecelerini ve yüzde ağırlıklarını belirlemek için bir uzman anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Uzman anket formu iki sorudan meydana gelmekte olup ilk soruda 10 adet ana ve 19 adet alt kriter olmak üzere 29 adet kriter verilip kullanıcılardan her bir kriter için önem derecesini işaretlemeleri istenmiştir. Anket çalışmasının ikinci bölümünde katılımcılara, bu kriterler haricinde tedarikçi şirket seçiminde önemli olduğunu düşündükleri diğer kriterleri yazıp önem derecesini belirtebilecekleri isteğe dayalı bir soru yöneltilmiştir. Anket formunda her kriterin öneminin değerlendirilmesi için; en az önemli kriter 1, en önemli kriter 5 olacak şekilde 1-5 Likert ölçeği kullanılmıştır. EK-3'te uzman anket formu görülmektedir.

Uzman anket çalışması; inşaat sektöründen 250 profesyonele ve 142 inşaat şirketi yetkilisine, ulusal ve uluslararası üniversitelerden 72 akademisyene ve kamu kurum ve kuruluşlarında görev yapan 36 profesyonele e-posta yolu ile iletilmiştir. Anket formu toplam 500 kişiye ulaştırılmıştır. Anket çalışmasının inşaat sektöründeki örneklemine proje yöneticileri, şantiye şefleri ve satın alma yöneticileri oluştururken akademisyen katılımcılar, üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümlerinin yapım yönetimi anabilim dalında görev yapmakta olan öğretim üyeleri arasından seçilmiştir. Anket çalışmasının kamu kurum ve kuruluşlarındaki örnekleme ise Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Adalet Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve yerel yönetimlerde görev yapan satın alma profesyonelleridir. Anket çalışmasının gönderildiği inşaat şirketleri ise Türkiye Müteahhitler Birliği (TMB) üyesi yüklenici şirketler arasından seçilmiştir. Bu seçim yapılırken yüklenici şirketlerin profili, iş bitirme kapasiteleri, ulusal ve uluslararası tanınırlık ve itibarları vb. ölçütler dikkate alınmıştır.

3.2.2.3. Araştırma yönteminin belirlenmesi

ECO-SUPPLY modelinin tedarikçi seçimi karar destek analizlerinde ÇKKV yöntemlerinden biri olan ANP'den yararlanmak düşünülmüştür. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ANP, AHP'ye nazaran daha gelişmiş bir yöntem olarak görülmektedir. ANP ile AHP arasındaki temel fark, ANP'de kriterler arasındaki bağımlılığın ve karşılıklı ilişkilerin dikkate alınmasıdır. Dolayısıyla, kriterler arasında karşılıklı ilişkilerin olduğu durumlarda, ANP'nin tercih edilmesi uygun olacaktır. ANP yöntemi, üst düzey öğelerin alt seviye öğelerinden bağımsızlığı ve bir seviyedeki elemanların bağımsızlığı hakkında varsayımlarda bulunmaksızın, kararları ele alacak genel bir çerçeve sağlamaktadır (Saaty, 1999). ANP, hedef, ölçütler ve alternatifler de dâhil olmak üzere ağ oluşturma ve tüm kriterler arasındaki eşleştirilmiş karşılaştırmalar olmak üzere iki ana aşamaya sahiptir. Şekil 3.5'te ANP modelinin yapısı görülmektedir.



Şekil 3.5. ANP modelinin yapısı

Bu çalışmada, yapı malzemeleri için tedarikçi seçim kriterleri birbirine bağımlı kabul edilmiş; bu nedenle ANP yönteminin uygulanması düşünülmüştür. Ancak ANP yönteminin yapısının; CBS tabanlı işlemler, malzeme ve tedarikçi analiz parametrelerinin çeşitliliği gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda çalışmada

kurulmak istenen karar modeline pek uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, karar destek analizleri için yeni bir yaklaşım önerilmiştir.

3.2.2.4. Ödül puanı yaklaşımı

ECO-SUPPLY modelinde tedarikçi seçimi karar destek analizleri amacı ile belirlenen ana kriterler dikkate alındığında *kalite, malzeme teknik özellikleri, tedarikçi profili, ödeme planı ve tedarikçi-alıcı ilişkileri*, öznel özellikler, ölçülmesi ve kıyaslanması zor parametrelerdir. *Fiyat, teslimat, ekolojik özellikler, tedarikçi kapasitesi* gibi parametreler, tedarikçilerin portföyünde yer alan malzemelerin özelliklerine göre analiz hesaplarına katılabilen sayısal parametreler olarak ifade edilmektedir. Coğrafi konum parametresi ise konumsal veri türünde olup harita üzerinde tedarikçilerin şantiyeye olan mesafelerinin otomatik hesaplanması neticesinde analiz hesaplarına katılmaktadır. Analiz parametrelerinin bir kısmının sayısal olarak ifade edilemiyor olması, bu parametreler arasında ortak bir ölçek geliştirmeyi gerektirmektedir. Çalışmanın süresi ve kapsamı dikkate alındığında, ölçek geliştirmenin başlı başına ayrı bir araştırmanın konusu olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle tedarikçi seçimi kriterlerine varsayımsal değerler tanımlamayı öngören bir yaklaşım önerilmiştir. Ödül Puanı (ÖP) adı verilen bu yaklaşımda tedarikçi seçimi kriterleri “yüksek değer; daha iyi” kuralına göre puanlanmaktadır. Ödül puanı yaklaşımı aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir:

$$\text{ÖP}_{\text{tedarikçi}} = \sum_i^n d_i^n * A_i^n \quad (3.11)$$

Denklemden $\text{ÖP}_{\text{tedarikçi}}$: Tedarikçi ödül puanı, n : Parametre sayısı, d : Parametre değeri ve A : Parametre ağırlığı olarak tanımlanmıştır. Buna göre parametrelere 1-10 arasında atanan varsayımsal değerler, her bir parametre için, anket sonuçları neticesinde belirlenen yüzde ağırlıkları ile çarpılarak toplanmakta ve tedarikçiye ait ödül puanını ifade etmektedir.

ECO-SUPPLY modelinin tedarikçi seçimi karar destek analizlerinde; şantiye-tedarikçi arası uzaklığın sayısal olarak ifade edilebiliyor ve harita üzerinde görüntülenebiliyor olması sayesinde, her bir tedarikçiye ait toplam karbon emisyonu ve toplam maliyet değerleri de hesaplanabilmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

İnşaat projelerinin TZY süreçlerinde; yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi aşamalarında kullanılmak üzere, modern bilgi teknolojilerinden yararlanan, hem akademik ve hem de profesyonel iş alanına yönelik nitelikleri bünyesinde barındırabilen bir İTZY modelinin oluşturulması amacı ile gerçekleştirilen bu çalışmada; yapı malzemelerinin TZY aşamasında ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde karar desteği sağlayabilen ve ECO-SUPPLY adı verilen CBS destekli bir İTZY modeli önerilmiştir. Modelin uygulanabilirliği, geliştirilen web tabanlı bir yazılım aracı ile sınanmıştır. Model; malzeme seçimi ve tedarikçi seçimi olmak üzere iki aşamalı ve sıralı bir analiz yapısına sahip olduğundan araştırma bulguları, her iki aşama için ayrı alt başlıklar halinde ele alınmış, son olarak yazılım geliştirme bulguları, örnek yapı bilgilerine dayalı olarak sunulmuştur.

4.1. Malzeme Seçimi Bulguları

ECO-SUPPLY modelinde tuğla, gazbeton ve alçıpan olmak üzere üç adet duvar malzemesi ve 20 cm genişliğinde duvar uygulaması esnasında bu malzemelerle birlikte kullanılacak yardımcı malzemeler, metrekare fonksiyonel birimi esas alınarak ekonomi ve ekoloji parametreleri ve basitleştirilmiş YDD yaklaşımı çerçevesinde araştırılmıştır. ECO-SUPPLY modelinde her bir yaşam döngüsü aşaması için yapı malzemelerine ve yardımcı malzemelerine ait ekonomi ve ekoloji verileri kullanılmakta olup ulusal ve uluslararası birçok kaynaktan yararlanılmıştır. Malzeme seçimi karar destek analizine dayalı araştırma bulguları; birim fiyat analizleri ve yaşam döngüsü envanter verileri olarak iki ayrı bölüm şeklinde sunulmuştur.

4.1.1. Birim fiyat analizleri

Bu çalışmada araştırılan duvar malzemeleri ve yardımcı malzemelerine ait malzeme birim fiyatları; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat İşleri birim fiyat analizleri yardımı ile belirlenmiş olup bu analizleri esas alan OSKA yazılımı kullanılarak tuğla, gazbeton ve alçıpan malzemelerine ait birim maliyet verileri bulgulanmıştır (EK-2). Analizler, 20 cm duvar kalınlığı için gerçekleştirilmiş olup fonksiyonel birim metrekare olarak belirlenmiştir. Yardımcı malzemelere ait parametre değerleri, malzeme çarpanları oranında ana malzemelerin maliyet ve karbon emisyonu değerlerine eklenmiştir.

Çizelge 4.1’de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat İşleri Birim Fiyat Analizleri doğrultusunda 1 m² duvar malzemesi için OSKA yazılımından elde edilen yardımcı malzeme çarpanları görülmektedir.

Çizelge 4.1. 1 m² duvar için yardımcı malzeme çarpanları

Duvar malzemeleri		
Yardımcı malzemeler	Tuğla	Kum: 1 x 0,018 = 0,018 m ³
		Kireç: 0,076 x 0,018 = 0,001368 Ton
		Çimento: 0,25 x 0,018 = 0,0045 Ton
	Gazbeton	Yapıştırma harcı: 4,4 kg
	Alçıpan	Isı yalıtım levhası (Taşyünü) : 1 m ²

Birim fiyat analizlerinde malzeme birim fiyatı; inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıatı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil olmak üzere hesaplanmıştır. Birim fiyat analizleri neticesinde yapı malzemelerine ait sipariş ve uygulama (işçilik) birim maliyetleri belirlenebilmekte olup üretim ve taşıma birim maliyetleri, sipariş birim maliyeti üzerinden yüzdesel bir yaklaşımla belirlenmiştir. Çizelge 4.2’de tuğla, gazbeton ve alçıpan malzemelerine ait maliyet verileri görülmektedir. Değerlere, %25 yüzdesel ağırlığa sahip yüklenici genel giderleri ve kârı dâhil edilmemiştir. ECO-SUPPLY modelinde basitleştirilmiş YDD yaklaşımı kapsamında maliyet eşitliklerinde malzeme üretim, sipariş, taşıma ve uygulama birim maliyet parametrelerinden yararlanıldığından çizelgede de bu şekilde sunulmuştur. Sipariş birim maliyeti; malzeme birim fiyatından üretim birim maliyetinin çıkarılmasıyla elde edilmektedir. Toplam birim maliyet ise; malzeme birim fiyatı, taşıma birim maliyeti ve işçilik birim maliyetinin toplamını ifade etmektedir.

ECO-SUPPLY modelinde yapı malzemelerinin karşılaştırılması için birim fiyat verileri yeterli olmayıp üretim, taşıma ve uygulama aşamaları için kullanılan denklemlerde yer alan tüm değişkenlerin değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çizelge 4.3’te ana malzemelere ait parametre değerleri görülmektedir.

4.1.2. Yaşam döngüsü envanter analizi

ECO-SUPPLY modelinin malzeme seçimi karar destek analizlerinde ele alınan duvar malzemelerine ait envanter verileri için, malzeme üretici şirketlerin EPD dokümanlarından ve malzeme taşıma karbon emisyonu üzerine yapılmış uluslararası çalışmalardan yararlanılmıştır. EPD dokümanlarında her bir malzeme için fonksiyonel birim farklı olabilmektedir. Örneğin gazbeton için metreküp bazında çevresel etki değerlendirmesi yapılırken tuğla için ton bazında yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmaktadır. Bu nedenle kaynaklardan elde edilen GWP değeri, bu çalışmanın fonksiyonel birimi olan metrekareye dönüştürülmüştür.

Çizelge 4.2. Duvar malzemeleri için maliyet verileri

Maliyet verileri	Üretim birim maliyeti (TL/m ²)	Taşıma birim maliyeti (TL/m ²)	Malzeme birim fiyatı (TL/m ²)	Sipariş birim fiyatı (TL/m ²)	İşçilik birim maliyeti (TL/m ²)	Toplam birim maliyet (TL/m ²)
Tuğla	1,5	0,50	14,80	13,30	18,19	33,49
Gazbeton	3	1	31,40	28,40	13,72	46,12
Alçıpan	2	0,65	19,69	17,69	22,44	42,78

Çizelge 4.3. Duvar malzemeleri için parametre değerleri (¹ http-21, Maslog Araç Ölçüleri; ² Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001)

Yapı malzemeleri		Tuğla	Gazbeton	Alçıpan
Parametre değerleri	Ölçüler	25*20*25	60*25*20	120*250*1,25
	1 adedi için alan (m²)	0,0625	0,15	3
	Birim ağırlık (kg/adet)	7	16,2	24
	Birim alandaki ağırlık (kg/m²)	112	108	8
	Taşıma şekli	Kamyon	Tır	Tır
	Taşıt istiap haddi (m³)	47 ¹	90 ¹	90 ¹
	Adam / saat değeri	1,54 ²	1,89 ²	1,50 ²

Taşıma birim karbon emisyon değerleri için şantiye-tedarikçi arası mesafe 100 km olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.4'te duvar malzemeleri için ekoloji verileri görülmektedir. Yapı malzemeleri arasındaki bir kıyaslamada alçıpan duvar için verilen değerlerin, uygulama detaylarına göre farklılık göstereceği unutulmamalıdır. Örneğin çift kat alçıpan duvar uygulaması için, duvarı oluşturan her iki yüz iki kat alçıpan levha olarak uygulanacağı için verilen değerler dört katı ile çarpılmalıdır.

Çizelge 4.4. Duvar malzemeleri için ekoloji değerleri (¹ http-22, HELUZ EPD, 2013; ² http-23, Çevresel Ürün Beyanı TURK YTONG Sanayi A.Ş., 2015; ³ http-24, Çevresel Ürün Beyanı, DALSAN, 2016)

Ekoloji verileri	Üretim birim karbon emisyonu (kg CO ₂ -eq/m ²)	Taşıma birim karbon emisyonu (kg CO ₂ -eq/m ²)	Uygulama birim karbon emisyonu (kg CO ₂ -eq/m ²)	Toplam birim karbon emisyonu kg (CO ₂ -eq/m ²)
Tuğla	133,33 ¹	135,34	1,06	1469,73
Gazbeton	37,4 ²	188,42	1,30	227,12
Alçıpan	1,78 ³	187,66	1,04	190,48

Araştırma bulguları; üretim, taşıma ve uygulama aşamalarında tercih edilebilir maliyet ve karbon emisyonu değerlerinin her malzeme için farklı olduğunu göstermektedir. Örneğin tuğla malzemesi, üretim aşamasında maliyeti en düşük alternatif iken aynı zamanda üretim karbon emisyonu değeri en yüksek olan malzeme olarak bulgulanmıştır. Benzer şekilde alçıpan malzemesinin işçilik maliyeti en yüksek olmasına karşın uygulama karbon emisyonu değeri en düşüktür. Diğer yandan taşıma aşaması için tuğla malzemesi, gazbeton ve alçıpana nazaran hem daha ekonomik hem de daha ekolojik bir malzeme olarak bulgulanmıştır. Fakat toplam maliyet ve karbon emisyonu değerleri için bu durum değişiklik göstermektedir. Toplam maliyet değeri en düşük olan tuğla malzemesi, toplam karbon emisyon değeri en yüksek olan yapı malzemesi olarak bulgulanmıştır. Toplam maliyeti en yüksek olan yapı malzemesi gazbeton, çevresel etki anlamında alçıpan dan sonra ikinci en uygun alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Gazbeton'u takiben, toplam maliyeti en yüksek olan ikinci malzeme alçıpan dır. Bununla birlikte, alçıpan malzemesinin toplam karbon emisyon değeri en düşük; diğer bir ifade ile en çevre duyarlı yapı malzemesi olduğu bulgulanmıştır.

4.2. Tedarikçi Seçimi Bulguları

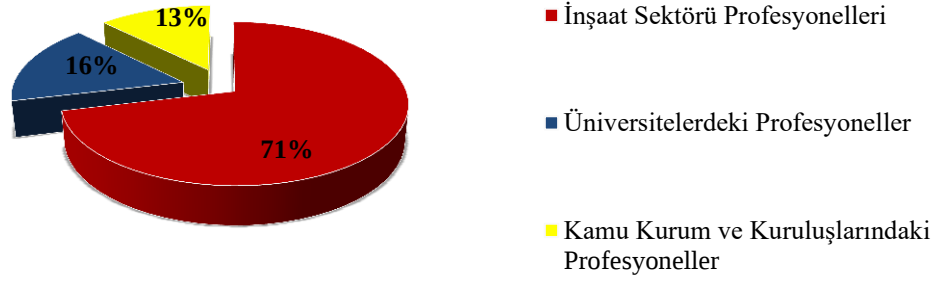
Bu doktora tezi kapsamında geliştirilen CBS destekli İTZY modeli; ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde seçilen yapı malzemesi için, tedarikçi seçimi aşamasında kullanılmak üzere önerilen ÇKKV yönteminin olanaklarından faydalanarak tedarikçi şirket seçimi karar desteği sunmaktadır. Yapı malzemeleri için tedarikçi seçimi; yöntem bölümünde anlatıldığı üzere parametrelerin belirlenmesi, veri toplama aracı ve araştırma yönteminin geliştirilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Önerilen modelin tedarikçi seçimi analizleri sonucu elde edilen bulgular; uzman paneli, uzman anket çalışması ve veri analizi çerçevesinde irdelenmiştir.

4.2.1. Uzman paneli bulguları

Tedarikçi seçimi karar destek analizleri için; ulusal ve uluslararası alanyazında sıkça kullanılan *fiyat, kalite, teslimat, performans, tedarikçi kapasitesi, coğrafi konum* gibi parametreler üzerine yoğunlaşmıştır. Ayrıca ulusal ve yerel inşaat sektöründeki malzeme tedarik karakteristiği de göz önünde bulundurularak *ödeme planı/şekli, alıcı-tedarikçi arası ilişkiler, malzeme teknik özellikleri* gibi kriterler de dikkate alınmıştır. Tedarikçilerin çevre duyarlı malzemeleri tedarik edebilme kabiliyetleri de, yakın dönemde gerçekleştirilen çalışmalarda önem arz eden bir parametre haline gelmiş olup bu çalışmada dikkate alınmıştır. Doktora tezi jüri üyeleri ve inşaat sektöründe TZY alanında uzman kişilerce gerçekleştirilen uzman paneli neticesinde seçilen ana kriterlerin, alanyazındaki çalışmaları destekler nitelikte olduğu bulgulanmıştır. Alt kriterlerin ise, ana kriterlerin daha net bir şekilde anlaşılmasına imkân verdikleri ve uzman anket çalışmasında katılımcılara kolaylık sağladıkları bulgulanmıştır.

4.2.2. Uzman anket çalışması bulguları

Anket çalışması sonucunda 101 adet cevap toplanmış olup bunlardan 21 adedi, eksik ve yetersiz olmaları nedeni ile analiz dışı bırakılmıştır. 80 adet anket cevabı analiz ve değerlendirmelere dâhil edilmiştir. Şekil 4.1’de anket çalışmasına katılım sağlayanların çalışma alanlarına göre dağılımı görülmektedir. Anket çalışması sonucunda elde edilen yanıtlar, EK-4’te tüm detayları ile sunulmuştur. Anket çalışması, 1-5 Likert ölçeği esas alınarak gerçekleştirilmiş olup her bir ana ve alt kritere verilen değerlerin dağılımı Çizelge 4.5’te gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Anket katılımcılarının çalışma alanlarına göre dağılımı

4.2.3. Veri analizi bulguları

Anket sonuçlarına göre toplam 80 adet katılımcı arasından *fiyat* parametresini çok önemli (Likert Puanı: 4) ve en önemli (Likert Puanı: 5) olarak değerlendiren 72 adet yanıt toplanmıştır. 8 adet yanıtta ise *fiyat* parametresinin önemli (Likert Puanı: 3) olduğu ifade edilmiştir. Katılımcılardan hiçbiri *fiyat* parametresini az önemli (Likert Puanı: 2) ya da en az önemli (Likert Puanı: 1) olarak nitelendirmemektedir.

Kalite, 42 adet yanıtta en önemli, 25 yanıtta ise çok önemli olarak değerlendirilmiştir. 9 adet yanıtta *kalite* parametresi önemli olarak değerlendirilirken 4 adet yanıt, bu parametrenin az önemli ya da en az önemli olduğu yönündedir.

Teslimat kriteri, 3 adet alt kritere sahip olduğundan alt kriterlerin sonuçları, ana kriterin sonuçları olarak değerlendirilmiştir. *Tedarik süresi* alt kriteri 42 adet yanıtta en önemli; 29 adet yanıtta ise çok önemli olarak değerlendirilmiştir. 8 adet yanıt, bu alt kriterin önemli olduğu, 1 adet yanıt ise *tedarik süresi*'nin az önemli olduğu yönündedir. 66 adet yanıt, *teslimat hızı* alt kriterinin çok önemli ve en önemli olduğunu ifade etmektedir. 12 adet yanıtta önemli olarak değerlendirilen *teslimat hızı*, 2 adet yanıtta az önemli olarak nitelendirilmiştir. *Teslimat şekli* alt kriteri, 23 adet yanıtta en önemli; 30 adet yanıtta çok önemli; 19 adet yanıtta önemli; 4 adet yanıtta az önemli ve 4 yanıtta da en az önemli olarak değerlendirilmiştir.

Uzman anketi sonuçları; katılımcılar tarafından en çok 5 puanla değerlendirilen kriterin *satış sonrası hizmet* alt kriteri olduğunu; bunu *fiyat*, *kalite*, *malzeme teknik özellikleri* kriterlerinin; *tedarik süresi* ve *vadeli-taksitli ödeme olanakları* alt kriterlerinin izlediği bulgulanmıştır. Sonuçlar, *akrabalık-arkadaşlık ilişkileri* alt kriterinin en az 5 puan alan kriter olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.5. Anket yanıtlarının ana ve alt kriterlere göre frekans dağılımı

Ana ve alt kriterler		Likert Puanları				
		1	2	3	4	5
	1. Fiyat	-	-	8	27	45
	2. Kalite	2	2	9	25	42
Teslimat	3.1. Tedarik süresi	-	1	8	29	42
	3.2. Teslimat hızı	-	2	12	35	31
	3.3. Teslimat şekli	4	4	19	30	23
Ödeme planı/şekli	4.1. Vadeli-taksitli ödeme olanakları	3	2	9	26	40
	4.2. Barter-takas usulü ödeme olanakları	16	10	21	12	21
	4.3. Geri ödeme olanakları	4	5	21	24	26
	5. Coğrafi konum	8	9	22	27	14
Tedarikçi şirket profili	6.1. İş tecrübesi	2	6	13	27	32
	6.2. Finansal durum	3	3	17	32	25
	6.3. Sertifika ve referanslar	3	6	21	27	23
İkili ilişkiler	7.1. Alıcı-tedarikçi önceki ilişkileri	7	4	22	22	15
	7.2. Akrabalık-arkadaşlık ilişkileri	20	13	24	19	4
Ekolojik özellikler	8.1. Çevreye duyarlılık	10	11	16	27	16
	8.2. Ekolojik malzeme olanağı ve çeşitliliği	10	12	18	27	13
	8.3. Çevre odaklı sertifikasyon	12	12	16	21	19
Tedarikçi teknik kapasitesi	9.1. Ürün çeşitliliği	1	4	10	39	26
	9.2. Üretim/depolama kapasitesi	3	7	22	30	18
	9.3. Teknik yeterlilik	1	5	15	23	36
	9.4. Teknoloji	1	8	19	26	26
	9.5. Satış sonrası hizmet	-	1	7	24	48
	10. Malzeme teknik özellikleri	-	2	12	24	42

Alıcı ve tedarikçi arasındaki akrabalık ve arkadaşlık ilişkileri, aynı zamanda en fazla 1 puanla değerlendirilen kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kriteri *barter-takas usulü ödeme olanakları, çevre odaklı sertifikasyon, çevreye duyarlılık ve ekolojik*

malzeme olanağı ve çeşitliliği alt kriterleri izlemektedir. *Fiyat ve malzeme teknik özellikleri* kriterleri ile *tedarik süresi, tedarik hızı ve satış sonrası hizmet* alt kriterleri hiçbir katılımcı tarafından 1 puanla değerlendirilmemiştir.

Anket sonuçları çerçevesinde *akrabalık-arkadaşlık ilişkileri* alt kriterinin, en sık 2 puanla değerlendirilen kriter olduğu bulgulanmıştır. Onu; *ekolojik malzeme olanağı ve çeşitliliği, çevre odaklı sertifikasyon, çevreye duyarlılık ve barter-takas usulü ödeme olanakları* alt kriterleri takip etmektedir. *Akrabalık-arkadaşlık ilişkileri*, aynı zamanda en sık 3 puanla değerlendirilen kriterdir. Bu alt kriteri *coğrafi konum, alıcı-tedarikçi ikili ilişkileri ve üretim/depolama kapasitesi* alt kriterleri izlemektedir. *Satış sonrası hizmet*, en az sıklıkla 3 puanla değerlendirilen kriter olarak bulgulanmıştır.

Tedarikçi kapasitesi kriterinin alt kriteri olan *ürün çeşitliliği*, en sık 4 puanla puanlanan kriterdir. Sırası ile *teslimat hızı, finansal durum, teslimat şekli ve üretim/depolama kapasitesi* alt kriterleri, en sık 4 puan alan diğer kriterlerdir. *Ödeme planı/şekli* ana kriterinin alt kriterlerinden biri olan *barter-takas usulü ödeme olanakları* ise en seyrek şekilde 4 puanla değerlendirilen kriter olarak bulgulanmıştır.

ECO-SUPPLY modelinde ve yazılım aracında, tedarikçi seçimi için belirlenen 10 ana kriterin esas alındığı; bu nedenle alt kriterlere ait frekans, standart sapma ve toplam puan değerlerinin her birinin ortalama değeri ile ana kriterin sonuçlarının belirlendiği dikkate alınmalıdır.

Uzman anket çalışmasının geçerlilik ve güvenilirlik analizleri ve sonuçların elde edilmesi amacı ile SPSS yazılımından yararlanılmıştır. SPSS, istatistiksel verilerin yönetimine ve belirlenen amaç çerçevesinde elde edilen verilerin değerlendirilerek sonuçların çizelgeler halinde sunulmasına olanak sağlayan istatistiksel bir yazılımdır. Tedarikçi seçimi karar destek analizleri için belirlenen kriterler çerçevesinde gerçekleştirilen anket çalışmasının SPSS programındaki güvenilirlik analizi sonuçları Çizelge 4.6’da görülmektedir.

Çizelge 4.6. *Anket yanıtlarının güvenilirlik katsayısı*

Cronbach alfa değeri	Standartlaştırılmış	
	öğelere dayalı Cronbach alfa değeri	Öğe sayısı
0,849	0,854	23

Uzman anket çalışmasının *Cronbach* alfa değeri 0.849 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, anket çalışmasının yüksek güvenilirliğe sahip olduğunun bir göstergesidir. Ana ve alt kriterler toplam 29 öge olmasına karşın çizelgedeki öge sayısının 23 olarak görünmesinin nedeni; SPSS yazılımında alt kriterlere sahip ana kriterlerin tanımlanmamış, bunun yerine alt kriterlerin tanımlanmış olmasıdır. Bu kriterlerin frekans, ortalama değer ve yüzdesel ağırlıkları, bir birinin alt kriterlerine ait değerlerin aritmetik ortalaması olarak hesaplanmıştır. Her bir kritere verilen cevapların frekans ve ortalama değer hesaplamaları da gerçekleştirilmiş ve kriterlerin önem dereceleri elde edilmiştir. SPSS yazılımında gerçekleştirilen veri analizlerinin sonuçları EK-5'te verilmiş olup anket sonuçları Çizelge 4.7'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Veri analizi sonuçlarından görülebileceği gibi, *fiyat*, tedarikçi seçimi için en önemli kriterler olarak bulgulanmıştır. Onu, eşit ağırlık yüzdeleri ile *kalite*, *teslimat* ve *malzeme teknik özellikleri* izlemektedir. Elde edilen sonuçlara göre, *alıcı-tedarikçi ikili ilişkileri* en az öneme sahip kriter olarak belirlenmiş olup onu sırası ile *ekolojik özellikler* ve *coğrafi konum* takip etmektedir.

Anket çalışması; akademi, kamu ve özel sektör katılımcılarına uygulanmış olup bu çalışma alanlarında tedarikçi seçimi kriterlerinin önem derecelerinin birbirinden farklı olması muhtemeldir. Fakat söz konusu kıyaslama için özellikle kamu ve akademi çalışanlarından daha fazla katılımcıya ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Uzman anketinin isteğe dayalı olan ikinci sorusuna gelen yanıtlar; daha çok ulusal ve yerel yapı sektörü koşullarından doğan tedarik kriterlerini ortaya koymaktadır. Bu kriterlerden *dürüstlük/iş ahlâkı*, ikinci soruya cevap veren katılımcıların en çok dikkate değer bulduğu kriter olarak bulgulanmış ve tedarikçi seçiminde en önemli kriterlerden biri olarak nitelendirilmiştir. Bu kriteri, *uygulama ekibi desteği* kriteri izlemektedir. Birkaç anket katılımcısına göre, yapı malzemesi tedarikçi şirketleri aynı zamanda uygulama desteği verebilmeli; eğer veremiyorsa doğru ekibi bulma konusunda yönlendirmeler yapabilmelidir. Yapı malzemesinin garanti şartları da tedarik sürecinde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.3. Yazılım Geliştirme Bulguları

CBS destekli İTZY modelinin uygulanabilirliğini sınamak için geliştirilen ve ECO-SUPPLY olarak adlandırılan yazılım aracı; malzeme seçimi aşamasında, Yöntem bölümünde detaylı olarak ifade edilen basitleştirilmiş YDD yönteminin her bir

aşamasında ekonomi ve ekoloji kriterleri çerçevesinde analizler gerçekleştirip kullanıcılara karar desteği sunabilme özelliğine sahiptir.

Çizelge 4.7. Uzman anket çalışmasının sonuçları

No	Ana ve alt kriterler	Puanlar	Ortalama değerler	Ağırlıklar	Toplam Ağırlıklar
1	Fiyat	357	4,463	5,07%	12%
2	Kalite	343	4,288	4,87%	11%
3	Teslimat				
	Tedarik süresi	352	4,400	4,99%	11%
	Teslimat hızı	335	4,188	4,75%	
	Teslimat şekli	304	3,800	4,31%	
4	Ödeme planı/şekli				
	Vadeli-taksitli ödeme olanakları	338	4,225	4,80%	10%
	Takas-barter usulü ödeme olanakları	252	3,150	3,58%	
	Geri ödeme olanakları	303	3,788	4,30%	
5	Coğrafi konum	270	3,375	3,83%	9%
6	Tedarikçi profili				
	İş tecrübesi	321	4,013	4,55%	10%
	Finans	313	3,913	4,44%	
	Sertifika ve referanslar	301	3,763	4,27%	
7	Ahçı-tedarikçi ikili ilişkileri				
	Geçmiş ilişkiler	294	3,675	4,17%	8%
	Akrabalık-arkadaşlık ilişkileri	214	2,675	3,04%	
8	Ekolojik özellikler				
	Çevreye duyarlılık	268	3,350	3,80%	9%
	Ekolojik malzeme olanakları ve çeşitliliği	261	3,263	3,70%	
	Çevre odaklı sertifikasyon	263	3,288	3,73%	
9	Tedarikçi kapasitesi				
	Ürün çeşitliliği	325	4,063	4,61%	10%
	Üretim/depolama kapasitesi	293	3,663	4,16%	
	Teknik yeterlilik	328	4,100	4,65%	
	Teknoloji	308	3,850	4,37%	
	Satış sonrası hizmet	359	4,488	5,09%	
10	Malzeme teknik özellikleri	346	4,325	4,91%	11%

Tedarikçi seçimi aşamasında, seçilen yapı malzemesi için, belirlenen kriterler çerçevesinde ve ödül puanı yaklaşımını kullanarak analizler gerçekleştirip her bir tedarikçiye ait toplam maliyet, toplam karbon emisyonu değerlerini ve ödül puanlarını hesaplayarak kullanıcılara karar desteği sağlamaktadır.

Bahsedilen sıralı ve iki aşamalı analiz yapısının her iki aşamasında CBS'nin konumsal fonksiyonlarından yararlanılmıştır. Yazılım aracının analiz aşamalarındaki şantiye konumu seçimi, malzeme taşıma aşamasında uzaklığa dayalı maliyet ve karbon emisyonu değerlerinin hesaplanması, tedarikçilere ait, yine uzaklığa dayalı karbon emisyonu etkilerinin hesaplanması ve tedarikçi-şantiye arası güzergâh bilgilerinin belirlenmesi aşamalarda CBS'nin olanaklarından faydalanılmıştır. Bahsi geçen analiz adımları, bu çalışmada, yazılım fonksiyonlarının sınanması için seçilen örneklem üzerinden ifade edilmiştir.

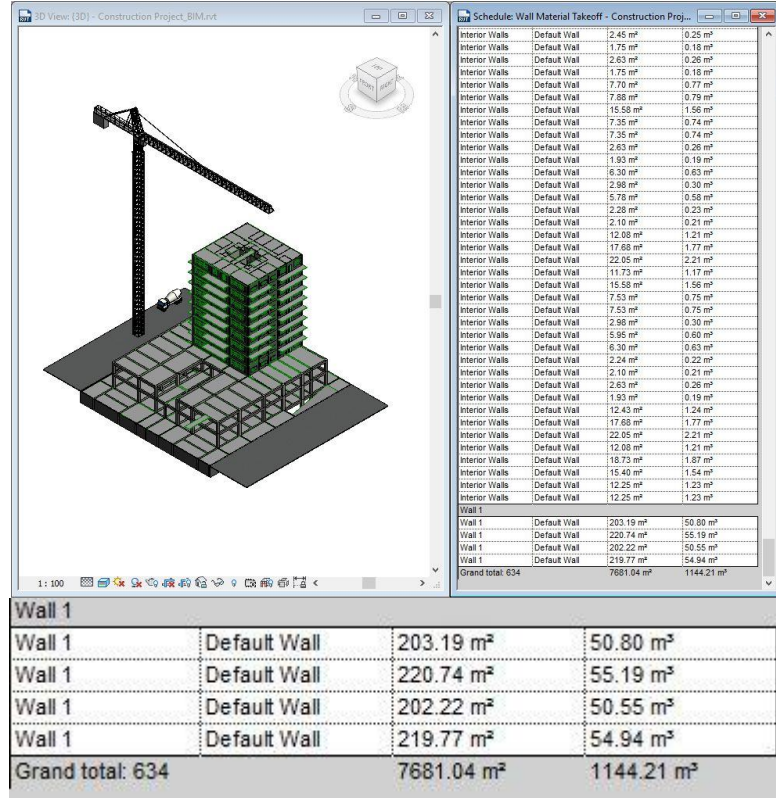
4.3.1. ECO-SUPPLY yazılım aracının sınanması: Eskişehir örnekleme

ECO-SUPPLY yazılımının uygulamaları için Eskişehir'de yapımı devam eden bir inşaat projesi seçilmiş olup bu çalışma kapsamında araştırılan duvar malzemeleri üzerinden malzeme ve tedarikçi seçimi analizleri gerçekleştirilmiştir. Her iki analiz aşaması için gerekli olan metraj verisinin elde edilebilmesi için BBM'nin olanaklarından yararlanılmıştır. Örnek yapının 3B modeli *Autodesk Revit* ortamında oluşturularak *Schedule/Quantities* fonksiyonu ile pratik bir şekilde duvar metrajı hesaplanmıştır (Şekil 4.2).

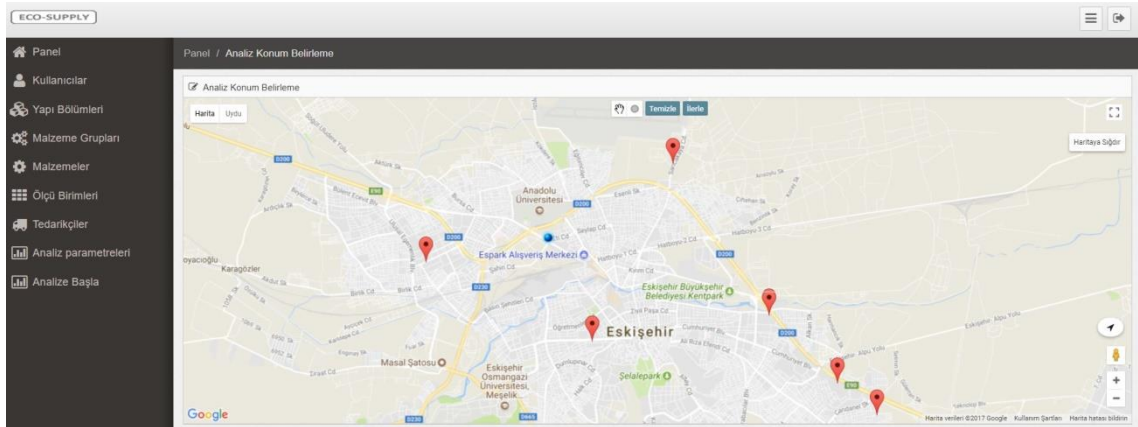
Görüldüğü üzere, duvar uygulamaları için malzeme miktarı 7681,04 m²'dir. Malzeme ve tedarikçi seçimi karar destek analizlerine başlanmadan, ECO-SUPPLY yazılımına yapı bölümleri, malzeme grupları ve malzemeler, ölçü birimleri, tedarikçiler ve analiz parametreleri eklenmiştir. Bu nedenle analizler, yazılımın tanımlama ekranlarına daha önce girilen veriler aynı şekilde korunarak gerçekleştirilmiştir. ECO-SUPPLY yazılımına ait tüm fonksiyonların detaylı olarak anlatıldığı kullanıcı el kitabı (user manual), EK-6'da sunulmuştur.

Analiz başlangıç sayfası, malzeme ve tedarikçi seçimi analizlerinde uzaklığa dayalı hesaplamaların yapılabilmesi için şantiye konumunun belirlendiği ekran olarak geliştirilmiştir. *Google Maps API* yardımı ile daha önce sisteme tanımlanan tedarikçilerin konumu, harita üzerinde birer yer imleci olarak görülmektedir. *Google*

Maps ekranında *Pan* imleci yardımı ile şantiye konumu belirlenebilmektedir Şekil 4.3'te, karar destek analizleri için şantiye konumu seçilmesi fonksiyonu görülmektedir.



Şekil 4.2. Autodesk Revit ortamında metraj hesaplama



Şekil 4.3. ECO-SUPPLY yazılımı konum belirleme ekranı

İlerle butonuna tıklandığında, malzeme analizi ekranına geçilmekte olup bu ekranda, daha önce tanımlama ekranlarına kaydedilen yapı bölümleri ve malzeme grupları arasından seçim yapılmakta ve malzeme miktarı bilgisi girilmektedir. Bu

çalışmada duvar malzemeleri araştırıldığından ve duvar malzeme grubu, *dış bölümler* yapı bölümüne ait olduğundan yapı bölümleri alanından *dış bölümler*; malzeme grubu alanından da *duvar grubu* seçilmiştir. Malzeme miktarı alanına ise, örnek yapının *Revit* modeli sayesinde elde edilen metraj değeri girilmiştir. Şekil 4.4'te malzeme analizi tanımlama ekranı görülmektedir. Tüm veri alanları doldurulup *Malzeme Analizi* butonuna tıklandığında malzeme seçimi sonuç ekranı görüntülenmektedir (Şekil 4.5).

Şekil 4.4. ECO-SUPPLY yazılımı malzeme analizi ekranı

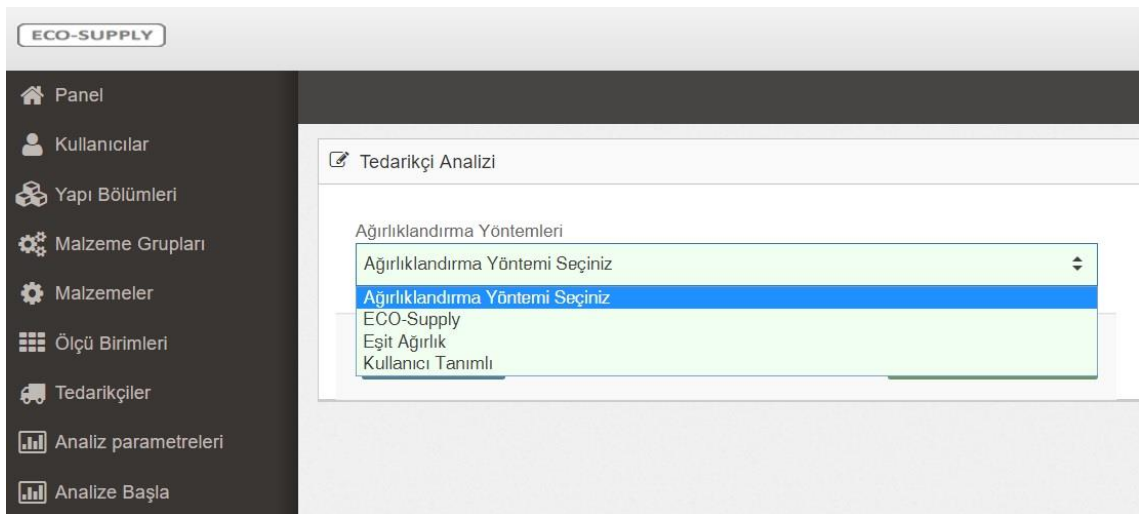
Malzeme Adı	Üretim Maliyeti	Üretim Karbon Emisyonu	Taşıma Maliyeti	Taşıma Karbon Emisyonu	Uygulama Maliyeti	Uygulama Karbon Emisyonu	Toplam Maliyet	Toplam Emisyon	İşlem
Alçıpan Levha	92172,48 TL	54950,16 kg CO ₂	158250,8 TL	12910,91 kg CO ₂	185405,67 TL	8026,69 kg CO ₂	661904,07 TL	76254,19 kg CO ₂	+Seç
Gazbeton	30140,4 TL	299775,62 kg CO ₂	66539,88 TL	1590,42 kg CO ₂	105468,37 TL	10456,2 kg CO ₂	220779,56 TL	324891,54 kg CO ₂	+Seç
Tuğla	29937,62 TL	1382358 kg CO ₂	58716,24 TL	3330,23 kg CO ₂	139938,28 TL	10757,82 kg CO ₂	269244,68 TL	1758785,76 kg CO ₂	+Seç

Şekil 4.5. ECO-SUPPLY yazılımı malzeme analizi sonuç ekranı

Sonuç ekranında görüldüğü üzere; ECO-SUPPLY yazılımı, malzemelerin üretim, taşıma ve uygulama aşamalarına ait maliyet ve karbon emisyonu değerlerini hesaplayarak çizelge halinde kullanıcıya sunmaktadır. Çizelgede her bir duvar malzemesine ait toplam maliyet ve toplam karbon emisyonu değerleri mevcuttur. Malzeme analizi sonuç ekranı yorumlandığında, tuğla malzemesinin 1759 ton CO₂-eq

değeri ile çevresel etkisi en yüksek malzeme olduğu bulgulanmıştır. Alçıpan malzemesi, 76,25 ton CO₂-eq değeri ile çevresel etki değeri en düşük malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yandan alçıpan malzemesi; belirtilen metrajda duvar yapımı için en maliyetli yapı malzemesi olarak bulgulanmıştır. Gazbeton malzemesi; yaklaşık 221.000 TL maliyetle en düşük toplam maliyete sahip yapı malzemesi olmasının yanı sıra yaklaşık 325 ton CO₂-eq karbon emisyonu değeri ile çevresel etki yönünden ikinci sırada yer almaktadır. Bu doktora tezinde, ekonomi-ekoloji optimizasyonu önerildiğinden; tuğla malzemesinin ekoloji yönünden, alçıpan levhanın ise maliyet yönünden uygun olmaması da dikkate alınarak gazbeton malzemesinin ekonomik ve ekolojik açıdan en uygun yapı malzemesi olduğu bulgulanmıştır.

ECO-SUPPLY yazılım aracının malzeme seçimi sonuç ekranından en uygun malzeme seçildiğinde tedarikçi seçimi analizlerinin başlangıç ekranına geçiş yapılmaktadır. Bu ekranda ağırlıklandırma yöntemleri seçimi bölümünden; ECO-SUPPLY yöntemi, eşit ağırlıklı ve kullanıcı tanımlı olmak üzere üç temel ağırlıklandırma yöntemi seçilebilmektedir. ECO-SUPPLY yöntemi; anket sonuçlarının SPSS yazılımında analizleri sonucunda bulgularan kriter önem derecelerini ifade etmektedir. Eşit ağırlıklı ağırlıklandırma yönteminde tüm tedarikçi seçimi kriterleri, eşit yüzdelere analiz hesaplamalarına katılmaktadır. Kullanıcı tanımlı ağırlıklandırma yönteminde ise tüm kriterlerin yüzdesel ağırlık alanları boş bir şekilde ekrana gelmekte; her bir kritere ait yüzdesel ağırlıkların kullanıcı tarafından belirlenmesi sağlanmaktadır. Şekil 4.6’da tedarikçi seçimi analizi ağırlıklandırma yöntemleri ekranı görülmektedir.



Şekil 4.6. ECO-SUPPLY yazılımı tedarikçi analizi ağırlıklandırma yöntemleri ekranı

Tedarikçi seçimi karar destek analizlerinde, gerçekleştirilen anket çalışmasının SPSS yazılımında istatistiksel analizleri neticesinde, tedarikçi seçimi ana kriterleri için belirlenen yüzdesel ağırlıklar ECO-SUPPLY ağırlıklandırma yöntemi olarak adlandırılmıştır. Bu nedenle, örneklem için bu ağırlıklandırma yöntemi benimsenmiştir. Ekranı gelen liste kutusundan ECO-SUPPLY seçildiğinde, 10 adet kritere ait yüzdesel ağırlıklar ekrana gelmektedir (Şekil 4.7).

Şekil 4.7. *Tedarikçi analizi ECO-SUPPLY ağırlıklandırma yöntemi*

Tedarikçi analizi butonuna tıklandığında, tedarikçi analizi sonuç ekranı görüntülenmektedir. Bu ekranda, seçilen malzemeyi tedarik portföyünde barındıran tüm tedarikçiler; bu tedarikçilere ait toplam maliyet, toplam karbon emisyonu değerleri ve ödül puanları tablo halinde kullanıcıya sunulmaktadır. Toplam maliyet değeri, malzemenin taşıma maliyeti ile şantiye-tedarikçi arası uzaklığa bağlı olarak hesaplanan ve taşıt yakıt sarfiyatına dayalı maliyetin toplamlarını ifade etmektedir. Toplam karbon emisyonu değeri de yine taşıma aşamasında, malzemenin tedarik edildiği taşıtın neden

olduğu karbon emisyonu değeridir. Buradaki değerlerin, taşıtın bir sefer sırasında açığa çıkardığı karbon salımı olmadığı; sefer sayısının malzeme miktarına göre değişiklik gösterdiği ve bu durumun değerlere yansıdığı dikkate alınmalıdır.

Ödül puanı yönteminde, sayısal olarak ifade edilebilen tedarikçi seçimi kriterlerine 1-10 aralığında birer varsayımsal değer atanmıştır. Ödül puanı; her bir kriter değerleri ile o kritere ait yüzdesel ağırlıkların çarpılması ve elde edilen değerlerin toplanması ile hesaplanmaktadır. Şekil 4.8’de Eskişehir’de konumlu bir malzeme tedarikçisine ait varsayımsal kriter değerleri; Şekil 4.9’da ise tedarikçi seçimi karar destek analizi sonuç ekranı görülmektedir.

Analiz Parametresi	Analiz Parametre Kodu	Analiz Parametre Grubu	Büyük daha iyi	Değerler
Tedarikçi Kalite	Tedarikçi Kalite	Ekolojik	Hayır	6
Tedarikçi Malzeme Teknik Özellik	Tedarikçi Malzeme Teknik Özellik	Ekolojik	Hayır	6
Tedarikçi Profili	Tedarikçi Profili	Ekolojik	Hayır	6
Tedarikçi Ödeme Planı	Tedarikçi Ödeme Planı/Şekli	Maliyet	Hayır	7
Tedarikçi-Alıcı ilişkileri	Tedarikçi - Alıcı ilişkileri	Ekolojik	Hayır	7

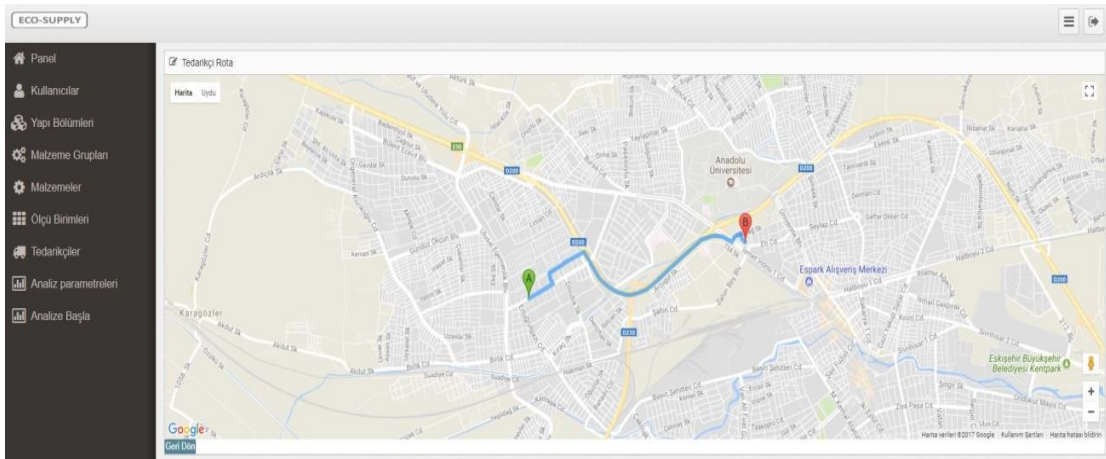
Şekil 4.8. Tedarikçi varsayımsal analiz parametre değerleri

Tedarikçi	Toplam Maliyeti	Toplam Karbon Emisyonu	Ödül Puanı	İşlem
ESK-Tedarikçi-1	128920,9 TL	297541,4 kg CO ₂	5,74	+ Seç
ESK-Tedarikçi-2	128591,6 TL	297372,3 kg CO ₂	5,78	+ Seç
ESK-Tedarikçi-3	128736,1 TL	297446,5 kg CO ₂	5,26	+ Seç
ESK-Tedarikçi-4	128855,4 TL	297507,8 kg CO ₂	5,21	+ Seç
ESK-Tedarikçi-5	374412,1 TL	297386,3 kg CO ₂	5,72	+ Seç
Tedarikçi-A	135359,3 TL	297494,9 kg CO ₂	5,20	+ Seç
Tedarikçi-C	143800,3 TL	301001,4 kg CO ₂	5,67	+ Seç
Tedarikçi-D	143673,6 TL	303224,3 kg CO ₂	6,95	+ Seç
Tedarikçi-E	150529,6 TL	302642,8 kg CO ₂	6,95	+ Seç
Tedarikçi-F	132503,1 TL	296381 kg CO ₂	6,11	+ Seç

Şekil 4.9. ECO-SUPPLY yazılımı tedarikçi analizi sonuç ekranı

Sonuç ekranı yorumlandığında *ESK-Tedarikçi-2* adlı tedarikçinin, toplam maliyet ve toplam karbon emisyonu değerlerinin en düşük olduğu bulgulanmıştır. Ödül puanı ise sırası ile Tedarikçi-D, Tedarikçi-E ve Tedarikçi-F'ten sonra en yüksek değere sahiptir. Bahsi geçen tedarikçilerin toplam maliyet ve toplam karbon emisyonu değerleri hayli yüksek olduğundan *ESK-Tedarikçi-2*, gazbeton malzemesinin tedariki için en uygun tedarikçi şirket olarak bulgulanmıştır. Tedarikçi seçimi analizi sonuç ekranında en uygun tedarikçi seçildiğinde, analizlerin son ekranı olan *tedarikçi rota* sayfasına geçilmektedir.

Bu sayfada; tedarikçi konumu başlangıç noktası, şantiye konumu varış noktası olacak şekilde, tıpkı *Google Maps* uygulamasında olduğu gibi en uygun güzergâh analizi sonucunda tedarikçi-şantiye arası yol güzergâhı ekrana getirilmektedir. Şekil 4.10'da seçilen en uygun tedarikçi şirketle şantiye arası güzergâh bilgisi görülmektedir.



Şekil 4.10. En uygun tedarikçi ile şantiye arası güzergâh

5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

İnşaat projelerinin TZY sürecinde, yapı malzemesi ve tedarikçi seçimi problemlerine ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde yeni bir yaklaşım sunan, modern bilgi teknolojileri ile etkileşimli olup hem akademik ve hem de profesyonel çalışma alanına yönelik nitelikleri bünyesinde barındırabilen bir İTZY modelinin geliştirilmesi, bu doktora tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda CBS'nin olanaklarından yararlanabilen; proje katılımcılarına malzeme ve tedarikçi seçimi aşamalarında, ekonomi ve ekoloji parametreleri çerçevesinde karar desteği sağlayabilen bir İTZY modeli önerilmiştir.

İnşaat projelerinin tasarım ve uygulama aşamalarındaki malzeme odaklı faaliyetlerin kısıtlı bilgiye ve önceki tecrübelerle dayanılarak ve yalnızca maliyet parametresi dikkate alınarak gerçekleştirilmesi, araştırmanın esas sorunu olarak kabul edilmiştir. İnşaat projelerinin tasarım aşamasında malzeme seçimi, genellikle yatırımcının maliyet odaklı tercihleri çerçevesinde şekillenmektedir. Yapı malzeme tedarikçi şirket seçimi için de aynı durum geçerli olup çevreye duyarlı perspektif göz ardı edilmektedir. Ayrıca inşaat sektörünün geleneksel yapılanması nedeni ile yapım yönetimi, dolayısıyla İTZY sürecinde modern bilgi teknolojilerinden yararlanılmıyor olması; bu doktora tezi için bir başlangıç noktası sağlamıştır.

Çalışmada, modern teknolojilerin yapım yönetimi alanına kazandırdığı veri, kaynak, zaman ve maliyet yönetimi perspektiflerini inşaat projelerinin malzeme tedarik süreçleri çerçevesinde gerçekleştirmek hedeflenmiştir. Modelin inşası ile inşaat projelerinin planlama ve tasarım aşamalarında malzeme seçimi; uygulama ve yönetim aşamalarında ise tedarikçi seçimi konularında karar vericilere karar desteği sağlayabilmek amaçlanmıştır. Çevresel kirliliğe ve tahribata katkısı hat safhada olan inşaat sektörünün TZY sürecinde karbon ayak izinin düşürülmesi; böylece inşaat projelerinin yaşam döngüsünde maliyet, kalite ve zaman hedeflerinin yanı sıra daha çevre duyarlı yaklaşımların geliştirilmesi, çalışmanın temel amaçlarından bir diğerini oluşturmaktadır.

Çalışmada önerilen modelin inşası; kapsamı ve kavramsal yoğunluğu nedeni ile hem teorik hem de teknolojik açıdan geniş bir alanyazın araştırmasını gerekli kılmıştır. TZY ve İTZY üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, CBS ve BBM'nin, malzeme odaklı problemlerde öne çıkan teknolojiler olduğu gözlemlenmiştir. Alanyazında farklı

amaçlarla CBS-BBM entegrasyonunun önerildiği çok sayıda çalışma mevcut olup bu teknolojilerin İTZY amacı ile bütünleştirilmesi, henüz derinlemesine araştırılmamış bir konudur. Ayrıca yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için geliştirilen YDD yöntemi, genel hatları ve araçları ile irdelenmiştir. Malzeme ve tedarikçi seçimi, çok kriterli birer karar verme problemi olduğundan, ÇKKV yöntemleri üzerine detaylı bir alanyazın araştırması gerçekleştirilmiş olup tedarikçi seçimi alanyazını da bu kapsamda sunulmuştur.

Bu doktora tez çalışmasında geliştirilen CBS destekli İTZY modeli, yapı malzemelerinin yaşam döngüsü kapsamında üretim, taşıma ve uygulama (işçilik) aşamalarını esas alarak bu aşamalarda ekonomi ve ekoloji parametreleri ışığında malzeme kıyaslamaları yapabilmektedir. Modelin malzeme seçimi karar destek analizleri için YDD'nin beşikten mezara kapsamından sadeleştirilerek uyarlanan yaklaşım, *basitleştirilmiş YDD* olarak adlandırılmıştır. Çalışmada duvar malzemeleri ele alınmış olup Türkiye'deki inşaat projelerinde duvar malzemesi olarak en çok tercih edilen tuğla, gazbeton ve alçıpan malzemeleri araştırılmıştır. Modelin malzeme seçimi karar destek analizlerinde ekonomi parametresi olarak maliyet, ekoloji parametresi olarak da karbon eşdeğerinde küresel ısınma potansiyeli dikkate alınmıştır. Malzemelerin sipariş ve işçilik birim maliyetleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat İşleri birim fiyat analizlerinden yararlanılmış olup üretim ve taşıma birim maliyetleri olarak sektör verileri kullanılmıştır. Üretim aşamasındaki küresel ısınma potansiyeli için yapı malzemelerinin üretici şirketleri tarafından yayımlanan EPD dokümanları; taşıma aşaması için IPCC2013'te verilen taşıma fonksiyonları ve alanyazındaki ilgili kaynaklardan faydalanılmıştır. Uygulama aşaması karbon emisyonu değeri için de TÜİK yıllık sera gazı emisyonu istatistiklerinden ve inşaat kalemleri adam/saat tablolarından yararlanılarak yeni bir yaklaşım önerilmiştir.

Model aynı zamanda, seçilen yapı malzemesi için çoklu parametreler çerçevesinde ve CBS fonksiyonlarının desteği ile tedarikçi kıyaslamaları ve tedarikçi karar desteği sağlayabilmektedir. Tedarikçi seçimi için parametreler, doktora tezi jüri üyeleri ve alanda uzman profesyonellerden oluşan bir uzman paneli ile belirlenmiştir. Belirlenen ana ve alt kriterlerin önem derecelerinin ve yüzdesel ağırlıklarının belirlenmesi için bir uzman anket çalışması gerçekleştirilerek sektör, akademi ve kamu çalışanlarına e-posta yolu ile iletilmiştir. Anket yanıtlarının istatistiksel analizi, SPSS yazılımında gerçekleştirilerek her bir ana kritere ait yüzdesel ağırlıklar belirlenmiştir.

Tedarikçi seçimi kriterlerinden bazılarının sayısal olarak ifade edilebilirken bazılarının tamamen özniteliksel olması, hesaplamaya dayalı ağırlıklı toplam yaklaşımının uygulanabilmesi için her bir tedarikçinin özniteliksel verilerine sayısal değerler atanmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda tedarikçi kriterlerine 1-10 ölçeğinde varsayımsal değerler atanmış; bu değerler kriter yüzdesel ağırlıkları ile çarpılarak Ödül Puanı adında, pratik bir ÇKKV yaklaşımı önerilmiştir.

Modelin uygulanabilirliğini sınamak için web tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. CBS destekli İTZY modeline ve yazılım aracına ECO-SUPPLY adı verilmiştir. ECO-SUPPLY, modelin tüm fonksiyonlarını duvar malzemeleri ve bu malzemelere ait yardımcı malzemeler üzerinden gerçekleştirebilmektedir. *Google Maps API* kullanılarak yazılıma eklenen harita arayüzü sayesinde tedarikçi ve şantiye konumları harita üzerinden işaretlenebilmekte, şantiye-tedarikçi arası mesafeye dayalı taşıma maliyet ve karbon emisyonu değerleri hesaplanabilmekte, her bir tedarikçinin neden olacağı maliyet ve çevresel etki belirlenebilmekte ve seçilen tedarikçi ile şantiye arası yol güzergâhı görüntülenebilmektedir.

Yazılımın uygulamaları için Eskişehir’de yapımı devam eden betonarme bir bina seçilmiş; üç farklı duvar malzemesi ile 20 cm genişliğinde dış duvar yapımı kullanım senaryosu uygulanmıştır. Örnek binanın 3B modeli *Revit* ortamında yaratılarak pratik bir şekilde duvar metraj hesabı yapılmıştır. Malzeme seçimi analizlerinde sırası ile şantiye konumu seçimi, yapı bölümleri ve malzeme grupları seçimi, metraj bilgisinin girilmesi işlemlerinin ardından karar destek analizleri sonuç ekranına ulaşılmıştır. Örnek binanın malzeme seçimi analiz sonuçlarına göre tuğla malzemesi, maliyet yönünden en uygun malzeme olmasına rağmen çok ciddi karbon emisyonu nedeni ile en büyük çevresel etkiye sahip malzeme olarak belirlenmiştir. Diğer yandan alçıpan, en düşük karbon emisyonuna, dolayısı ile en düşük çevresel etkiye sahip malzeme olmasına rağmen oldukça yüksek maliyetlidir. Bu çalışmada ekonomi-ekoloji optimizasyonu önerildiğinden, gerek maliyet gerekse karbon emisyonu yönünden makul değerlere sahip olan gazbeton, en uygun yapı malzemesi olarak belirlenmiştir.

ECO-SUPPLY yazılım aracı, tedarikçi seçimi karar destek analizlerinde kullanılmak üzere üç farklı ağırlıklandırma yöntemi sunmaktadır. Model ve yazılımla aynı adı taşıyan ECO-SUPPLY, doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen anket çalışması sonucunda belirlenen kriter önem derecelerini ve yüzdesel ağırlıklarını kapsamaktadır. ECO-SUPPLY yazılımı, kullanıcının isteğine bağlı olarak eşit ağırlıklı ya da tamamen

kullanıcı tanımlı ağırlıklandırma yöntemleri ile tedarikçi kıyaslama ve tedarikçi seçimi karar desteği işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Önerilen ÇKKV yaklaşımının hesaplamalarında kriter yüzdesel ağırlıkları doğrudan etkili olduğundan, her üç ağırlıklandırma yönteminde tedarikçi ödül puanlarının farklı olduğu belirtilmelidir. Yazılım aracında aynı zamanda, en uygun tedarikçi olarak seçilen tedarikçi ile şantiye arası yol güzergâhı da çizilerek kullanıcılara ulaşım planlaması hususlarında karar desteği sağlanmaktadır.

Bu çalışmada önerilen modelin sonuçları aşağıda sunulmuştur:

- **(H₁):** ECO-SUPPLY modelinin malzeme ve tedarikçi seçimi analizlerinde CBS'nin web harita fonksiyonları; tedarikçilerin ve şantiyenin konumunun pratik bir şekilde seçilmesini, tedarikçilerle şantiye arasındaki mesafenin kolaylıkla belirlenmesini, taşıma aşamasındaki ekonomik ve ekolojik etki değerlerinin hesaplanmasını ve seçilen tedarikçiyle şantiye arasındaki yol güzergâhının görüntülenmesini sağlamıştır. Bu fonksiyonlar yardımıyla inşaat projelerinin tasarım aşamasında, yapı malzemelerinin karşılaştırmalarının kısa sürede yapılabilirdiği gözlemlenmiş olup bu sayede maliyet ve zaman tasarrufu sağlanabileceği bulgulanmıştır. Yapım aşamasındaki en büyük problemlerden biri olarak karşımıza çıkan malzemenin doğru konuma, tam zamanında ve doğru miktarda tedariki ise en uygun tedarikçinin belirlenmesiyle çözüme ulaştırılabilmektedir. CBS desteğiyle tedarikçi seçiminin, malzeme tedarikine dayalı gecikmeleri en aza indirerek yapım faaliyetlerinin iş programı çerçevesinde yürütülmesine yardımcı olabileceği; böylece proje maliyetlerindeki artışı önleyebileceği bulgulanmıştır. CBS'nin ECO-SUPPLY modelinde kullanılan web harita fonksiyonlarının, proje ve yapım yöneticilerine görsel açıdan zengin bir veri kaynağı ve sorgulama fonksiyonları sunması yönüyle inşaat projelerinin kalite hedeflerine ulaşılmasını da sağlayabileceği çıkarımı yapılmıştır. Böylece CBS'nin İTZY sürecinde proje ve yapım yönetiminin maliyet, zaman ve kalite hedeflerine ulaşılmasını sağladığı sonucuna varılmıştır.
- **(H₂):** Bu çalışmada, bağımsız bir yazılım ortamında CBS ve BBM birlikte işlerliği gerçekleştirilmemiş olup karar destek analizleri esnasında her iki teknolojinin de çalışmanın amacına uygun fonksiyonlarının kullanımı sağlanmıştır. Yapı malzemelerinin ve tedarikçilerin çevresel etkilerinin

değerlendirilmesine yönelik bir birlikte işlerlik öngörülmemiştir. Ancak CBS ve BBM birlikte işlerlik ve entegrasyonu üzerine geniş bir alanyazın mevcuttur. BBM'nin yapı malzemelerinin çevresel etkilerini ve yapıların toplam enerji verimliliklerini değerlendirmeye yönelik araçlara sahip olduğu bilinmektedir. Mimari ve yapı çevrenin yaratılması sayesinde CBS ortamlarında da enerji etkinliği, yenilenebilir enerji kullanım potansiyelleri, ısı haritalarının yaratılması vb. çevre duyarlılığı odağında araştırmalar yapılabildiği bulgulanmıştır. Böylece CBS ve BBM entegrasyonunun, çevre duyarlı hedeflere ulaşılmasını sağlayabildiği yorumu yapılmıştır.

- **(H₃):** Ekonomik performans, tıpkı ekolojik etki gibi zaman içerisinde değişebilen bir yapıda olup belirli bir süreç kapsamında araştırılmalıdır. Sürdürülebilirliğin ekolojik olduğu kadar ekonomik göstergelerinin de olduğu dikkate alındığında, bu iki kavramın halihazırda bir ortak paydada buluşabildiği çıkarımı yapılabilmektedir. Bu tez çalışmasının alanyazın araştırmaları esnasında, karbon emisyonu değerinin belirli bir para biriminde maliyete karşılık geldiğini bulgulayan çalışmalara rastlanmıştır. Buradan hareketle ekolojik olanın, aynı zamanda ekonomik olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu varsayım önerilen model bağlamında değerlendirildiğinde; yapı malzemelerinin ve tedarikçilerin, ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde karşılaştırılmasının ve seçilmesinin, yapım yönetimi sürecinde hem ekonomik hem de ekolojik çözümler sunabildiği bulgulanmıştır. ECO-SUPPLY modelinin basitleştirilmiş YDD kapsamında gerek malzemeden gerekse tedarikçiden kaynaklanan karbon ayak izinin en aza indirilmesi, özellikle taşıma aşamasındaki maliyetlerin de azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Tedarikçinin şantiyeye en uygun güzergâhtan ulaşması sayesinde enerji ve yakıt sarfıyatı, karbon emisyonu ve taşıma maliyetleri en aza indirilebilmektedir. Buradan hareketle, yapım yönetimi sürecinde çevre duyarlı çözümlerin, aynı zamanda ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

5.2. Tartışma

Bu çalışma kapsamında geliştirilen CBS destekli İTZY modeli; ulusal alanyazında henüz derinlemesine araştırılmamış olan İTZY kavramına bilgi teknolojilerinin desteği ile anlamsal bir çerçeve sunmaktadır. Uluslararası alanyazına göz atıldığında; son 10

yılda gerçekleştirilen yalnızca birkaç çalışmanın olduğu görülmektedir. Li vd. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yapı malzemelerinin tedariki amacı ile CBS'nin olanaklarından yararlanan, web tabanlı bir e-ticaret uygulaması geliştirilmiştir. CBS'nin en kısa yol analizlerini kullanan aracın geliştirilmesi ile inşaat projelerindeki malzeme tedarik problemlerine çözümler sunmak hedeflenmiştir.

Alanyazındaki ender çalışmalardan biri Irizarry vd. (2013) tarafından gerçekleştirilmiş olup CBS ve BBM'nin entegrasyonu çerçevesinde bir İTZY modeli önerilmiştir. BBM yazılımı ortamında Visual Basic tabanlı olarak geliştirdikleri eklenti sayesinde 3B bina modeli ile malzeme tedarikine dayalı iş programını entegre etmiş; tedarik sürecinin daha etkin yönetilmesine olanak sağlamışlardır. Ayrıca CBS'nin fonksiyonlarından yararlanarak sipariş edilen malzemelerin şantiyeye lojistik sürecinin takip edilebildiği bir uygulama geliştirmişlerdir.

Jadid (2016), CBS'nin veri yönetimi fonksiyonlarından faydalanarak harita tabanlı bir tedarik takip sistemi geliştirmiştir. Söz konusu sistem; inşaat maliyetlerini düşürmek, zaman kayıplarını en aza indirmek ve verimliliği artırmak amacı ile başlangıç noktasından nihai varış noktasına kadar en kısa yolu belirlemekte; böylece tedarikçi ve üreticilerin verimliliğini artırmaktadır.

Ele alınan çalışmalar, CBS destekli İTZY alanında yapılmış ender ve oldukça değerli araştırmalardır. Fakat bu çalışmaların hiçbirinde, İTZY sürecinin farklı aşamalarında kullanılabilecek anlamsal bir model önerilmemiştir. Bu çalışmada önerilen modelin; hem malzeme hem de tedarikçi seçimi aşamalarında karar desteği sağlayabilmesi, malzeme ve tedarikçi için ekonomik ve ekolojik etkileri değerlendirebilmesi ve harita fonksiyonları yardımı ile tedarikçi-şantiye arası yol güzergâhını belirleyebilmesi açısından, bu eksikliği giderebileceği düşünülmektedir. Dikkat edildiğinde ekoloji perspektifi, İTZY üzerine gerçekleştirilen çalışmaların hiçbirinin odağında yer almazken bu çalışmada; ekonomi-ekoloji optimizasyonu yaklaşımı ile proje ve yapım yönetimin maliyet, zaman ve kalite hedeflerine çevre duyarlılık hedeflerinin de eklenmesi önerilmiştir.

Ulusal alanyazına bakıldığında malzeme ve tedarikçi seçimi problemlerini ayrı ayrı ele alan araştırmalar mevcut olmasına karşın bu problemleri aynı anda ve anlamsal bir İTZY modeli çerçevesinde derinlemesine irdeleyen araştırmalar, henüz gerçekleştirilmemiştir. Tedarikçi seçimi üzerine yapılmış çalışmalar ise geniş kapsamlı olmasına karşın bu çalışmalarda, tedarikçi değerlendirme ve karşılaşma anlamında bir

karar destek modeli önerilmemiştir. Bu doktora tezinde tedarikçi seçimi analizleri için önerilen ödül puanı yönteminin, tedarikçi maliyet ve karbon ayak izini belirleyen yaklaşımın ve geliştirilen yazılım aracının, bu alanda yapılacak çalışmalar için önemli bir başlangıç noktası oluşturduğu düşünülmektedir. Önerilen modelin alanyazına, sektöre, toplum ve çevreye katkıları, başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur:

Alanyazına katkı

Bu doktora tezinin alanyazın araştırmaları esnasında, yapım yönetimi alanında TZY üzerine yapılmış çalışmaların oldukça kısıtlı olduğu gözlemlenmiştir. CBS destekli İTZY de detaylı bir şekilde araştırılmayı bekleyen bir husus olarak saptanmıştır. Ülkemizde TZY'nin inşaat projelerinde kullanımını öneren çalışmalar sınırlı olup bu alanda bir model önerisi getiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda çalışmanın, ulusal alanyazın için yeni bir konu olan TZY sürecine CBS'nin sağlayacağı yararları irdelemesi yönü ile önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca CBS destekli bir tedarikçi seçimi yaklaşımı, İTZY sürecinde CBS ve BBM entegrasyonu amacı ile yapılacak yeni araştırmalar için başvurulabilecek önemli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.

Önerilen modelin hem malzeme hem de tedarikçi seçimi karar destek analizlerini gerçekleştirebilmesi, gerek ulusal gerekse uluslararası alanyazın için önemli bir yenilik niteliğindedir. Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü aşamalarına ait ekonomik ve ekolojik performanslarını değerlendirebilen bir modelin, bu alanda yapılacak çalışmalar için bir başlangıç noktası oluşturduğu; bu bakımdan alanyazına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Modelin inşasında önerilen basitleştirilmiş YDD yaklaşımının, olası iyileştirmeler neticesinde, ülkemizde bir YDED analiz aracının geliştirilmesine katkı sağlayacağı; dolayısıyla bu çalışmanın, ulusal anlamda YDD çalışmaları için önemli bir kaynak olduğu düşünülmektedir.

Tedarikçi seçimi karar destek analizleri için belirlenen kriterlere ait istatistiksel analizler sonucunda elde edilen yüzdesel ağırlıklar, ulusal anlamda, yerinde montajı yapılan diğer yapı malzemeleri için tedarikçi seçimi amacı ile yapılacak çalışmalara standart bir çerçeve sunabilecek niteliktedir. Tedarikçi seçimi analiz hesaplamaları için önerilen ödül puanı yaklaşımının, kriterler arası ortak bir skalanın oluşturulması durumunda, varsayımsal değerlerin kullanımına mahal bırakmayan, ulusal ve

uluslararası ölçekte tedarikçi seçimi amacı ile yararlanılabilecek bir yaklaşım olabileceği öngörülmektedir.

Yapı sektörüne katkı

Geliştirilen model, TZY sürecinde malzeme ve tedarikçi seçimi fonksiyonlarını yerine getirebilmesi; inşaat projelerinin tasarım aşamasında mimarlara ve tasarımcılara, uygulama aşamalarında ise yatırımcı şirket yetkilileri, proje ve şantiye yöneticileri başta olmak üzere malzeme tedariki sürecine katılan bütün sektör katılımcılarına karar desteği sağlayabilmesi yönü ile sektör için önemli niteliktedir. Zira çağdaş teknolojinin imkânlarına rağmen hâlâ geleneksel yöntemlerin hâkim olduğu inşaat sektörü; yapım yönetiminin zaman, maliyet ve kalite perspektiflerini aynı anda karşılayabilen araçlara gereksinim duymaktadır. Ayrıca önerilen modelin, ekonomi ve ekoloji optimizasyonu özellikleri sayesinde, yapım yönetiminin maliyet, zaman ve kalite hedeflerine ekoloji perspektifini de kazandırması yönü ile önemli olduğu düşünülmektedir.

Çevre duyarlı yaklaşımlar, bulunduğumuz çağda birer yenilik olmaktan ziyade gereksinim halini almıştır. Çevre duyarlılığı düşük ve karbon emisyonu yüksek bir iş sahası olarak inşaat sektörü, günümüzde, çevre duyarlı çözümlere her zamankinden daha çok ihtiyaç duymaktadır. Ekonomi-ekoloji optimizasyonu çerçevesinde yapı malzemelerinin ekonomik ve çevresel etkilerini belirleyerek malzeme karşılaştırması; bunun yanı sıra tedarik sürecinde oluşacak maliyet ve karbon emisyonunu hesaplayarak tedarikçi karşılaştırması yapabilen bir modelin, yapılacak güncelleme ve iyileştirmelerle yapı sektöründe mimar ve tasarımcılar, yüklenici şirketler, tedarikçi şirketler başta olmak üzere tüm sektör katılımcılarının yararlandığı bir yazılım aracı haline gelebileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın bulguları ekonomi-ekoloji kriterleri çerçevesinde malzeme ve tedarikçi seçimi sayesinde inşaat projelerinin çevresel etkilerinin yanı sıra proje toplam maliyetinin de azaltılabileceğini göstermektedir. Ayrıca modelin CBS fonksiyonları; proje ve yapım yöneticilerine geometrik ve konumsal anlamda zengin veri kaynakları, etkin analiz fonksiyonları ve yüksek doğruluklu karar desteği sunabilmektedir.

Topluma ve çevreye katkı

Toplum ve çevre ile güçlü bağları olan ve faaliyetleri neticesinde hem toplumu hem de çevreyi doğrudan etkileyen inşaat sektörü, geleneksel yapılanması nedeni ile

gerek çağdaş teknolojiye, gerekse ekoloji odaklı çözümlere geç uyum sağlayan bir çalışma alanıdır. Uluslararası anlamda teknolojik gelişme ve ekolojik verimlilik yarışına ülkemiz, uzun süre seyirci kalmıştır. Bu doktora tezinde önerilen modelin; inşaat projelerinin tasarım aşamasında; ekonomik olduğu kadar ekolojik malzemelerin tercih edilmesine, dolayısıyla daha çevre duyarlı yapıların üretimine olanak sağlayacağı öngörülmektedir. Dönüşüm ve ilerlemenin etkilerinin bireysel çabalardan ziyade toplumsal hareketlerle daha net gözlemlenebileceği dikkate alındığında, bu çalışmada önerilen modelin, çevre duyarlılığının toplum tarafından benimsenmesine ve daha çevre duyarlı bir toplumun gelişmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İnşaat projelerinin uygulama aşamasında, tedarikçi seçimine getirdiği ekonomi-ekoloji optimizasyonu neticesinde model, zamanında ve doğru miktarda malzemenin maliyet ve karbon emisyonu bakımından optimum tedarikçiden ve en uygun güzergâh izlenerek şantiyelere tedariki ile taşıma aşamalarında oluşan ekonomik ve ekolojik etkilerin düşürülmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu anlamda yapıların kalite standartlarının da artacağı, yaşam döngüsü boyunca yapım yönetiminin maliyet, zaman ve kalite hedeflerinin yanı sıra çevre duyarlılık perspektifinin de yerleşik hale geleceği öngörülmektedir.

Teknolojik gelişmelerin, insanlığın ilerlemesine ve toplumsal dönüşüme sağladığı katkılar göz önünde bulundurulduğunda, CBS gibi insan hayatını kolaylaştıran teknolojilerle birlikte işlerlik özelliklerine sahip sistemlerin, uygulandıkları her alanda toplumsal bilgi birikimine katkı sağlayacağı söylenebilir. Modern bilgi teknolojilerinin getirdiği imkânlar, ekoloji perspektifinden bağımsız değildir. Bu çalışmada önerilen ECO-SUPPLY modelinin geliştirilerek ve farklı standartlara sahip teknolojilerin entegrasyonu çerçevesinde değerlendirilerek sektör, akademi ve kamu çalışanlarının kullanımına sunulmasının; emek kaybından; dolayısıyla zamandan ve maliyetten tasarrufa imkân tanıyacağı ve düşük karbon ayakizi hedeflerine ulaşılmasını sağlayacağı öngörülmektedir.

Bu çalışma, süreç içerisinde karşılaşılan güçlükler, önerilen modelin kavramsal yoğunluğu, çalışmanın zaman ve bütçe yönünden kısıtlılığı vb. nedenlerle birçok soru işaretini de beraberinde getirmektedir. Araştırmanın başlangıç noktasının oluşturan CBS-BBM entegrasyonu, her iki teknolojinin farklı standartlara sahip olması ve tam entegrasyonun bir ekip çalışmasını gerektirmesi gibi nedenlerle gerçekleştirilememiş; BBM'nin yalnızca metraj hesaplama özelliklerinden yararlanılmıştır.

Malzeme seçimi karar destek analizlerinde kullanılan YDD tekniği, ele alınan yapı malzemeleri de dikkate alındığında, Türkiye’de bu alanda yapılmış olan çalışmaların kısıtlılığı ve veri eksikliği nedeni ile basitleştirilmiş bir yaklaşımla sunulmuştur. Çalışmanın ekoloji parametresi olarak küresel ısınma potansiyelinin tek başına, çevresel etki değerlendirmesinde doğru sonuçlar verip vermediği tartışmaya açık bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Öte yandan, basitleştirilmiş YDD kapsamında, malzemenin uygulama aşamasındaki karbon emisyonu değerlerine ait herhangi bir veriye ulaşılamamış; TÜİK sera gazı emisyonu istatistikleri ve inşaat kalemleri adam/saat verileri çerçevesinde pratik bir formül geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşım, yalnızca işçilik karbon emisyonunu vermekte olup malzeme ve yardımcı malzemelerin karbon emisyonu için bir katsayı belirlenmesi, çalışmanın kapsamı ve zaman kısıtlılığı nedeni ile bu çalışmada gerçekleştirilememiştir.

Çalışmanın bir diğer kısıtlılığını, tedarikçi seçimi karar destek analizleri için hazırlanan anket çalışması oluşturmaktadır. Çalışmada öngörülen şekli ile bir uzman panelinin gerçekleştirilememesi, bir uzman anketi uygulamasını gerektirmiştir. Anket sonuçları, her ne kadar sorular uygulamaya yönelik hazırlanmış olsa da, uygulamanın böyle yapıldığı ya da yapılması gerektiğine yönelik bir yargı barındırmaktan ziyade anket katılımcılarının önem derecelerine dair görüşlerini ifade etmektedir. Bu yönü ile anket çalışmalarının kesinliği, tartışmaya açık bir konudur.

Son olarak, tedarikçi seçimi aşamasında geliştirilen ödül puanı yaklaşımı; yapı malzemesi tedarikçilerinin verilerini paylaşmaması, tedarikçi seçimi kriterlerinden bazılarının sayısal olarak ifade edilememesi ve kriterler arasında ortak bir ölçek geliştirmenin güçlüğü nedeni ile varsayımsal veriler üzerinden uygulanabilmiştir.

5.3. Öneriler

Araştırmanın tüm bu özellikleri ışığında ileriki çalışmalar için çeşitli öneriler sunulmuştur. Bu öneriler aşağıda, başlıklar halinde sunulmuştur.

Teknoloji üzerine öneriler

Bu çalışma kapsamında değinilen CBS ve BBM teknolojilerinin bütünleştirilmesi; çok geniş ve anlamsal bir boyuta sahip olmakla birlikte mevcut çalışmalarda dahi henüz tam anlamı ile bir entegrasyon gerçekleştirilememiştir. Bu alanda yapılacak

çalışmalarda CBS'nin CityGML; BBM'nin de IFC veri yapılarının entegrasyona ve açık kodlu geliştirmelere en uyumlu öğeler oldukları bulgulanmıştır. Öte yandan bu iki teknolojinin CBS ortamında bütünleştirilmesi, BBM'nin tüm fonksiyonlarının kullanılamamasına; BBM ortamında bütünleştirilmesi ise, CBS'nin tüm fonksiyonlarından yararlanılamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle CBS-BBM entegrasyonu için yapılacak olası bir çalışmada kapsamın özelleştirilerek daraltılması ve entegrasyonun bağımsız bir uygulama arayüzünde gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

İTZY aşamasında CBS-BBM bütünleşik kullanımı üzerine araştırmaların derinleştirilmesi ve gerek lisansüstü tezleri, gerekse bilimsel araştırma projeleri ile bu çalışmanın çıktılarının geliştirilmesi önerilmektedir. ECO-SUPPLY yazılımı; kullanıcı, tedarikçi ve sistem yöneticisi kullanıcı rollerinde çalıştırılabilen bir karar destek aracı olarak geliştirilmiştir. Dolayısıyla kitle kaynaklı (cloud sourced) bir özelliğe sahip olup tanımlama ekranlarına farklı çalışma alanlarındaki kullanıcılar tarafından veri girişleri yapılması gerekmektedir. Yazılımın kullanıcı paneli, tedarikçi paneli ve harita fonksiyonlarında yapılacak olası iyileştirmelerle sektör, akademi ve kamu çalışanlarınca kullanılabilecek bir yazılım haline getirilmesi önerilmektedir.

Çevresel etki üzerine öneriler

Türkiye'de yapı malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi üzerine yapılan çalışmaların kısıtlı olması nedeni ile bu çalışmada önerilen modelin inşasında çeşitli zorluklarla karşılaşılmıştır. Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin ülkeden ülkeye değişiklik göstermesi, araştırmalarda veri eksikliği problemlerini doğurmuştur. Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi üzerine yapılan çalışmaların derinleştirilmesi, ulusal bir yaşam döngüsü envanteri oluşturulması önerilmektedir. Bu doktora tezinde geliştirilen yazılım aracı, yapı malzemelerinin çevresel etkilerini karşılaştırarak bir ölçüde yaşam döngüsü etki değerlendirmeleri ve karar desteği sağlamasına rağmen başlı başına bir yaşam döngüsü etki değerlendirme aracı değildir. Yapılacak ileriki çalışmalarda, bu çalışmada önerilen ekonomi-ekoloji optimizasyonun da dikkate alınarak ulusal bir çevresel etki değerlendirme aracı geliştirilmesi önerilmektedir. Çalışmada, yapı malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirme sürecinde uygulama aşamasına ait çevresel etki formülünün yapılacak yeni çalışmalarla sınanması ve geliştirilmesi de bu çalışmanın önerileri arasında yer almaktadır.

Tedarikçi seçimi üzerine öneriler

ECO-SUPPLY modelinin tedarikçi seçimi aşamasında geliştirilen ödül puanı yaklaşımının uygulamaları, varsayımsal veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tedarikçilerin bu kriterlere ait verilerinin elde edilebilmesi koşulu ile, kriterler arasında ortak bir skala geliştirilmesi mümkündür. Bu alanda yapılacak çalışmalarda; tedarikçi seçimi kriterleri arasındaki ilişkilerin daha derinlemesine araştırılması ve ödül puanı yaklaşımının standardizasyonu önerilmektedir. Bu sayede önerilen yöntemin, tedarikçi seçimi amacı ile gerçekleştirilecek çalışmalarda başvurulan pratik bir yaklaşım olarak benimsenmesi mümkündür.

KAYNAKÇA

- Agapiou, A. Flagan, R. Norman, G. Notman, D. (1998), The changing role of builders merchants in the construction supply chain, *Construction Management and Economics*, 16, 351–61.
- Akintoye, A., McIntosh, G. and Fitzgerald, E. (2000). A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 6, 159-168.
- Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P., Ngo, T. (2015). A Data Model for Integrating GIS and BIM for Assessment and 3D Visualisation of Flood Damage to Building, *Proceedings of Research@Locate 2015*, 78-89. Brisbane, Avustralya, <http://ceur-ws.org/Vol-1323/paper27.pdf> (Erişim Tarihi: 15.11.2017).
- Aretoulis, G. N., Kalfakakou, G. P., Striagka, F. Z. (2010), Construction material supplier selection under multiple criteria, *International Journal of Operational Research*, 10(2), 209-230.
- Aytekin, O., Acar, Y. (2014). İnşaat Sektöründe ANP (Analytic Network Process) Yöntemiyle Alt Yüklenici Seçimi, 3. *Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı*, 233-243.
- Azapagic, A. (1999). Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimisation, *Chemical Engineering Journal*, 73, 1-21.
- Azhar, S. Nadeem, A. Mok, J. Y. N. ve Leung, B.H. Y. (2008). Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. First International Conference on Construction in Developing Countries, Karachi, Pakistan, 435–446.
- Bansal, V. K., Pal M. (2009). Extended GIS for construction engineering by adding direct sunlight visualisations on buildings, *Construction Innovation*, 9-4, 406-419.
- Bayazıt, Ö. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions, *Benchmarking: An International Journal*, 13, 566-579.
- Bayazıt, Ö., Karpak, B., Yağcı, A. (2006). A Purchasing Decision: Selecting a Supplier For a Construction Company, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 15(2), 217-231.

- Bazjanac, V. (2004). Virtual building environments (VBE)-Applying information modeling to buildings. European Conferences on Product and Process Modelling in the Building Industry (ECPPM04), İstanbul, Türkiye, s. 41-48.
- Bedrick, J. (2008). Organizing the Development of a Building information Model <http://www.aecpe.com/08-08-20%20MPS.pdf>. (Erişim Tarihi: 20.01.2017)
- Benner, J., A. Geiger, K. Leinemann. (2005). Flexible generation of Semantic 3D building models, *Proceeding of the 1st International Workshop on Next Generation 3D City Models* içinde, Gröger/Kolbe (Ed.), 17-22, Bonn, Almanya.
- Bertelsen, S., Jorgen, N. (1997). “Just-In-Time Logistics in the Supply of Building Materials”, 1st International Conference on Construction Industry Development, Singapur.
- Bilec, M.M. (2007). A Hybrid Life Cycle Assessment Model for Construction Processes, Doktora Tezi, ABD: Pittsburg Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Bittner, T., Donnelly, M. Winter, S. (2006). Ontology and semantic interoperability, 1-24, <https://pdfs.semanticscholar.org/a5a6/a3bca833be423317c6eafcbf5fb1cd4fe6d3.pdf> (Erişim Tarihi: 15.11.2017).
- Boyes, G. Thomson, C. Ve Ellul, C. (2015). Integrating BIM and GIS : Exploring the use of IFC space objects and boundaries, GISRUK 2015 Proceedings içinde, 98-106, İngiltere: University of Leeds.
- Cabeza, L. F., Rincon, L., Vilarino, V., Perez, G., Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394-416.
- Chai, J., Liu J. N. K, Ngai, E. W. T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature, *Expert Systems with Applications*, 40, 3872–3885.
- Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, 102, 289–301
- Christopher, M. G. (1992). *Logistics and Supply Chain Management*. Londra, BK: Pearson Publishing.

- Christopher, M. G. (1998). Relationships and Alliances: Embracing the era of network competition, *Strategic Supply Chain Management* içinde, J. Gattorna (Ed.), 272–284. Hampshire, İngiltere: Gower Press.
- Condexia, K., Qualharini, E., Boer, D., Haddad, A. (2015). An Inquiry into the Life Cycle of Systems of Inner Walls: Comparison of Masonry and Drywall, *Sustainability*, 7, 7904-7925.
- Cooper, M.C, Lambert, D.M, Pagh, J. D, (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, *The International Journal of Logistics Management*, 8, 1-14.
- Cooper J.S., Fava J. (2006). Life Cycle Assessment Practitioner Survey: Summary of Results, *Journal of Industrial Ecology*, 10(4) 12 -14.
- CRC Construction Innovation. (2007). Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House, Brisbane, Avustralya: Cooperative Research Center for Construction Innovation.
- Cressman, K. R. (1997). Controlling the cost of materials, *The Engineer's cost handbook, tools for managing project costs* içinde. Richard, E., Westney P.E. (Ed.), 527–551, New York, ABD: Marcel-Dekker.
- Demirer G, N. (2011). Yaşam Döngüsü Analizi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I, http://www.rec.org.tr/dyn_files/20/5928-I-YASAM-DONGUSU-ANALIZI.pdf. Erişim Tarihi: 07.08.2016.
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decision, *Journal of Purchasing*, 2 (1), 5-17.
- Donyavi, S. and Flanagan, R. (2009). The impact of effective material management on construction site performance for small and medium sized construction enterprises. *25th Annual ARCOM Conference*, 11-20, Nottingham, BK. http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2009-0011-0020_Donyavi_and_Flanagan.pdf. (Erişim Tarihi: 22.10.2017).
- Dubois, A., Gadde E. (2000). Supply Strategy and Network Effects: Purchasing behaviour in construction industry, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6, 207-215.

- Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. ve Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (2.Baskı). New Jersey, ABD: John Wiley & Son, Inc.
- El-Mekawy, M., ve Ostman, A. (2010). Semantic Mapping: An Ontology Engineering Method for Integrating Building Models in IFC and CityGML. 3. ISDE Digital Earth Summit, 12-14 June, Nessebar, Bulgaristan.
- El-Mekawy, M., Ostman, A., Shahzad, K. (2011). Towards Interoperating CityGML and IFC Building Models: A Unified Model Based Approach. Advances in 3D Geo-Information Sciences içinde, 73-93. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- El-Mekawy, M., Östman, A., and Hijazi, I. (2012a). A unified building model for 3D urban GIS. ISPRS International Journal of Geo-Information, 1, 120-145.
- El-Mekawy, M. Östman, A. Hijazi, I. (2012b). An evaluation of IFC-CityGML unidirectional conversion, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 3 (5), 159-171.
- El Meouche, R., Rezoug, M. & Hijazi, I. (2013). Integrating and managing BIM in GIS, Software review. ISPRS- International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-2/W2. 31-34
- Ellram, L.M. (1990). The Supplier Selection Decision in Strategic Partnerships, Journal of Purchasing and Materials Management, 26(4), 8-14.
- Eray, E. (2015). İnşaat Sektöründe Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Çok Amaçlı Karar Destek Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Eshtehardian, E., Ghodousi, P., Bejanpour, A. (2013). Using ANP and AHP for the Supplier Selection in the Construction and Civil Engineering Companies; Case Study of Iranian Company, KSCE Journal of Civil Engineering, 17(2), 262-270
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change içinde, Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z.,

- Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller H.L. (Ed.), İngiltere ve ABD: Cambridge University Press.
- Fu, F., Luo, H., Zhong, H., Hill, Andrew. (2014). Development of a Carbon Emission Calculations System for Optimizing Building Plan Based on the LCA Framework, *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1-13.
- Gencer, C., Gürpınar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, *Applied Mathematical Modelling*, 31, 2475–2486
- Ghodsypour, S.H. O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, *International Journal of Production Economics*, 56-57, 199-212
- Gloria, T. P., Lippiatt, B. C., Cooper, J. (2007). Life cycle impact assessment weights to support environmentally preferable purchasing in the United States, *Environmental Science and Technology*, 41 (21), 7551-7557.
- Gu, N. ve London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry, *Automation in Construction*, 19(8), 988-999.
- Guinee J.B. Heijungs R. Huppes G. Zamagni A. Masoni P. Buonamici R. Ekvall T. Rydberg T. (2011). Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future, *Environment Science and Technology*. 45, 90–96.
- Günaydın, G. (2011). Sürdürülebilirlik kapsamında çevresel ürün bildirelerinin yapı sektöründe uygulanması: Türkiye için öneri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Hampson, K., Brandon, P. (2004). Construction 2020: A Vision of Australia's Property and Construction Industry. Australia: CRC Construction Innovation. <https://eprints.qut.edu.au/40762/1/40762.pdf>. Erişim Tarihi: 12.11.2017.
- Hardin, B. (2015). BIM and construction management : Proven tools, methods, and workflows (2.Baskı), Indiana, ABD: Wiley Publishing, Inc.
- Jadid, M. N. ve Idrees, M. M. (2013). A Geographic Interactive Supply Chain Management System for Construction Projects, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS 2013)*, San Francisco, ABD, s. 1076-1080.
- Jadid, M. N. (2016). Application of GIS-Based Construction Engineering: An Electronic Document Management System, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 10 (9), 1203-1211.

- Hijazi, I., Ehlers, M., Zlatanova, S. (2010). BIM for Geo-Analysis (BIM4GEOA): Set Up of 3D Information System With Open Source Software and Open Specification, 5th International 3D GeoInfo Conference, Berlin, Almanya.
- Hijazi, I., Ehlers, M., Zlatanova, S., Becker, T. Van Berlo, L. (2011). Initial Investigations for Modeling Interior Utilities Within 3D Geo Context: Transforming IFC-Interior Utility to CityGML/UtilityNetworkADE, *Advanced in 3D Geo-Information Sciences içinde*, 95-113, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hatmoko, J.U.D. Scott, S. (2010). Simulating the impact of supply chain management practice on the performance of medium-sized building projects, *Construction Management and Economics*, 28 (1), 35-49.
- Ho, C., Nguyen, P. M., Shu, M. H. (2007). Supplier Evaluation and Selection Criteria in the Construction Industry of Taiwan and Vietnam, *Information and Management Sciences*, 18(4), 403-426.
- Ho, W., Xu, X., Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research*, 202, 16-24.
- Houlihan, J.B. (1985). "International Supply Chain Management", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol.15 No.1, pp.22-38.
- Irizarry, J. Karan, E.P. Jalaei, F. (2013). Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management, *Automation in Construction*, 31, 241-254.
- Issa, R. Suermann, P. Olbina, S. (2009). Use of Building Information Models in Simulations, *Proceeding Winter Simulation Conference (WSC 09)*, Austin, ABD, 2664-2671.
- Işıkdag, U., Underwood J., Aouad, G. (2008). An investigation into the applicability of building information models in geospatial environment in support of site selection and fire response management processes. *Advanced Engineering Informatics*, 22, 504-519.

- Isikdag, U., Zlatanova, S. (2009a). A SWOT analysis on the implementation of building information models within the geospatial environment. Krek, A., Rumor, M., Zlatanova, S., Fendel, E.M. (Ed.), *Urban and Regional Data Management: UDMS Annuals 2009 içinde*, Londra: CRC Press.
- Isikdag, U. Zlatanova, S. (2009b). Towards Defining a Framework for Automatic Generation of Buildings in CityGML Using BIM, *3D Geo-Information Sciences içinde*, Lee, J., Zlatanova, S. (Ed.), 79-96, Berlin: Springer-Verlag.
- Jiang, X. (2011). Developments in cost estimating and scheduling in BIM technology. Yüksek Lisans Tezi. ABD: Northeastern Üniversitesi.
- Kang, T.W., Hong, C. H. (2015). A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration, *Automation in Construction*, 54, 25-38.
- Kannan, V.R., Tan, K.C. (2002). Supplier Selection and Assessment: Their Impact on Business Performance, *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, November 2002, 11-21.
- Karan, E.P., Irizarry, J., Haymaker, J. (2015). BIM and GIS Integration and Interoperability Based on Semantic Web Technology, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 04015043, [https://www.researchgate.net/publication/280612643 BIM and GIS Integration and Interoperability Based on Semantic Web Technology](https://www.researchgate.net/publication/280612643_BIM_and_GIS_Integration_and_Interoperability_Based_on_Semantic_Web_Technology) (Erişim Tarihi: 15.11.2017).
- Karimi, H. A., Akinci, B. (2010). *CAD and GIS integration*, Florida, ABD: Auerbach Publications, Taylor&Francis Group.
- Kent, S. (2014). *İnşaat Sektöründe AHP (Analytic Hierarchy Process) Yöntemiyle Malzeme Tedarik Zinciri Yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Khaled, A., Paul, S., Chakraborty, R. K., Ayuby, M. S. (2011). Selection of Suppliers through Different Multi-Criteria Decision Making Techniques, *Global Journal of Management and Business Research*, 11(4), 1-12.
- Khasreen, M. M., Banfill, P. F. G., Menzies, G. F. (2009). Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review, *Sustainability*, 1, 674-704.

- Kia, S. (2013). Review of Building Information Modeling (BIM) Software Packages Based on Assets Management. <https://www.researchgate.net/publication/253058808>. Erişim Tarihi: 18.01.2016.
- Kuruoğlu, M., Bayoğlu, F. İ. (2011). Yapı üretiminde adam-saat değerlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma ve sonuçları, *16. İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi*, Ankara, http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/84df8e36c312234_ek.pdf?tipi=84&turu=X&sube=0 (Erişim Tarihi: 10.12.2017)
- Lee, G., Sacks, R., Eastman, C. M. (2006). Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system, *Automation in Construction*, 15, 758-776.
- Leite, F. Akcamete, A. Akinci, B. Atasoy, G. ve Kiziltas, S. (2010). Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction*, 20(5), 601-609.
- Li, H., Kong, C.W., Pang, Y.C., Shi, W.Z., Yu, L. (2003). “Internet-Based Geographical Information Systems for E-Commerce Application in Construction Material Procurement”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE.
- Li, H., Chen, Z. Yong, L, Kong, S.C.W. (2005). Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency, *Automation in Construction* 14, 323 – 331
- Li, J., Tor, Y. K., Zhu, Q. (2006). Research and Implementation of 3D Data Integration Between 3D GIS and 3D CAD. XXIII FIG Congress, 8-13 Ekim, 2006, Münih, Almanya.
- Lin, P.H., Tserng, H.P., Lin, W.Y., Hsu, H.S. (1998). Supply Chain Management System for Construction Material Planning, <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2004-S06-07.pdf> (Erişim Tarihi: 06.07.2014).
- Liu, J., Ding, F.Y., Lall, V. (2000). Using Data Envelopment Analysis to Compare Suppliers for Supplier Selection and Performance Improvement, *Supply Chain Management An International Journal*, 5(3), 143-150.

- London, K.A, Kenley, R. (2001). “An industrial organization economic supply chain approach for the construction industry: a review”, *Construction Management and Economics* 19 (8), 777–788.
- Lummus, R.R ve Vokurka, R.J. (1999). Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines, *Industrial Management & Data Systems*, 99/1, 11-17.
- Ma, L., Yang, G. (2010). The Selection of Construction Material Suppliers in Supplier Relationship Management (SRM), *International Conference of Information Science and Management Engineering*, IEEE Computer Society, 189-192
- Madhavi, T.P. Mathew, S. V. Sasidharan, R. (2013). Material management in construction – A case study, *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, IC-RICE Conference Issue, 400-403.
- Mendoza, A. (2007). *Effective Methodologies For Supplier Selection And Order Quantity Allocation*, Doktora Tezi, ABD: Pennsylvania Eyalet Üniversitesi.
- Metin, B., Tavl, A. (2014). Environmental assessment of external wall cladding construction, *Architectural Science Review*, 57(3), 215-226.
- Metz, P.J. (1998). Demystifying Supply Chain Management, *Supply Chain Management Review*, <http://www.manufacturing.net/scm/myst.htm>. (Erişim Tarihi: 09.06.2014).
- Nagel, C. Stadler, A., Kolbe, T.H. (2009). Conceptual Requirements for the Automatic Reconstruction of Building Information Models from Uninterpreted 3D Models. *Proceedings of Academic Track of Geoweb 2009 Conference*, Vancouver, Kanada.
- NIBS, (2007). United States National Building Information Modeling Standard: Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. ABD: National Institute of Building Sciences, https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf. Erişim Tarihi: 12.11.2017.
- O’Brien, W. J. (1998). *Capacity Costing Approaches for Construction Supply-Chain Management*, Doktora Tezi, Stanford Üniversitesi.
- Ogunlana, S. O. Pronikuntong, K. Jearkjirm, V. (1996). Construction Delays in a fast-growing Economy: Comparing Thailand with Other Economies. *International Journal of Project Management*, 14 (1). 37-45.

- Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA, *Construction and Building Materials*, 23, 28-39.
- Özdemir, E. (2012). *Mevzuat ve Yeşil Bina Sertifikaları Bağlamında Yapı Malzemelerinin Seçimi ve Türkiye için Gereklilikler*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Öztaş, S. K. (2014). Türk yapı malzemesi sektörü için yaşam döngüsü etki değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi, Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Paksoy, T. (2005). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyacı Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, s. 435-454
- Patil, S. Adavi, P.R. (2012). A Survey Study Of Supplier Selection Issues In Construction Supply Chain, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 2(5), 1806-1809
- Polat, G, Arditi, D, Ballard, G, Mungen, U. (2006). Economics of on-site vs. off-site fabrication of rebar, *Construction Management and Economics*, 24, 1185–1198.
- Saad, M, Jones, M, James, P. (2002). A review of the progress towards the adoption of supply chain, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 8, 173-183.
- Safa, M., Shahi, A., Haas, C.T., Hipel, K. W. (2014). Supplier selection process in an integrated construction materials management model, *Automation in Construction*, 48, 64-73.
- Sarkis, J., Talluri, S. (2002). A Model for Strategic Supplier Selection, *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, 18-28.
- Srivastava, S.K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review, *International Journal of Management Reviews*, 9, 1, 53-80.
- Succar B. (2013). *Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools*, Doktora Tezi, İngiltere: Newcastle Üniversitesi.
- Şerbetçioğlu, H. (2007). *İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Talluri, S., Narasimhan, R. (2003). Vendor evaluation with performance variability: A max–min approach, *European Journal of Operational Research*, 146, 543–552.

- Tan, K.C. Kannan, V.R. Handfield, R.B. (1998). Supply chain management: supplier performance and firm performance, *International Journal of Purchasing and Material Management*, 34(3), 2-9.
- Tan, K, C. (2001). A framework of supply chain management literature, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 39-48.
- Teorey, T. J., Lightstone, S. S., Nadeau, T., Jagadish, H. V. (2011). *Database Modeling and Design: Logical Design*. (5.Baskı), Burlington, ABD: Morgan Kaufmann.Publishers.
- Tezcan, Ö. (2010). *İnşaat Proje Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi (AHP) Yönteminin Kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- TÜİK, (2009). Çevre istatistikleri, Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi-8, http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=18&KITAP_ID=203 (Erişim Tarihi: 26.11.2017)
- Van Berlo, L., de Laat, R. (2011). Integration of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extension. *Advances in 3D Geoinformation Systems* içinde, 211-225, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Van Berlo, L., Dijkmans, T., Stoter, J. (2013). Experiment for Integration Dutch 3D Spatial Planning and BIM for Checking Building Permits, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-2/W1, ISPRS 3DGeoInfo Conference, İstanbul, Türkiye.
- Vrijhoef, R, Koskela, L, (2000). The four roles of supply chain management in construction, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6, 169-178.
- Walker, A., (2007). *Project Management in Construction (5.Baskı)*, İngiltere: Blackwell Publishing.
- Weber, A. C., Current J. R., Benton W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2–18.
- Wu, I-Chen, S. Hsieh. (2007). Transformation from IFC data model to GML data model: Methodology and tool development, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 30 (6), 1085-1090.

- Wu, H., Zhengwei, H., Gong, J. (2010). A virtual globe-based 3D visualization and interactive framework for public participation in urban planning processes. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34, 291-298.
- Yadav, V., Sharma, M. K. (2016). Multi-criteria supplier selection model using the analytic hierarchy process approach, *Journal of Modelling in Management*, 11(1), 326-354
- http-1, BEES Online, Life Cycle Analysis for Building Products, 2011, <http://ws680.nist.gov/Bees/>. (Erişim Tarihi: 17.05.2017)
- http-2, IPCC, 2013, Climate Change 2013 The Physical Science Basis, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf (Erişim Tarihi: 21.05.2017)
- http-3, CSCMP, 2008, Council of Supply Chain Management Professionals, <http://www.cscmp.org/> (Erişim Tarihi: 21.12.2017)
- http-4, ACG. (2008). The Contractors' Guide to BIM (1.Baskı), ABD: The Associated General Contractors of America, [https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/portfolios/2008/tjs288/Research/AGC_Guide ToBIM.pdf](https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/portfolios/2008/tjs288/Research/AGC_Guide_ToBIM.pdf). (Erişim Tarihi: 12.11.2017)
- http-5, EPA, 1995, Guidelines for Assessing the Quality of Life-Cycle Inventory Analysis, nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=10000VPN.TXT. (Erişim Tarihi: 07.08.2016)
- http-6, Council of Logistic Management, (20011). <http://www.clm.org> (Erişim tarihi: 17.06.2016).
- http-7, Ghanem, M.A., Arfaj, K.A. (2008). "SAP/GIS Integration Case Studies & Techniques", http://www.saudigis.org/FCKFiles/File/SaudiGISArchive/3rdGIS/Papers/65_E_MostafaAboughanem_KSA.pdf, (Erişim Tarihi: 04.06.2014)
- http-8, OWS-4, 2007. OGC Web Services, Phase 4, <http://www.opengeospatial.org/projects/initiatives/ows-4>. (Erişim Tarihi: 08.08.2016)
- http-9, FME Workbench, Safe Software, 2013. <http://www.safe.com/fme/>. (Erişim Tarihi: 08.08.2016)
- http-10, buildingSMART, 2009, IFC 2x Edition 2 Model implementation Guide, Retrieved Mai, <http://www.buildingsmart-tech.org/downloads/accompanying->

- documents/guidelines/IFC2x%20Model%20Implementation%20Guide%20V2-0b.pdf. (Erişim Tarihi: 15.11.2017)
- http-11, CityGML, 2012, OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, <https://www.citygml.org/> (Erişim Tarihi: 10.12.2017)
- http-12, Ding, G. K. C. (2016). Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview, <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/34957/3/Chapter%203%20Final%20draft%20%28UTS%29%202016.pdf> (Erişim Tarihi: 17.11.2017)
- http-13, ISO 14040. (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework, http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/std/iso_14040-2006.pdf (Erişim Tarihi: 17.11.2017)
- http-14, ATHENA SustainableMaterials Institute, (2012). Athena Impact Estimator for Buildings V 4.2 Software and Database Overview, <http://calculatelca.com/wp-content/uploads/2011/11/ImpactEstimatorSoftwareAndDatabaseOverview.pdf> (Erişim Tarihi: 19.11.2017)
- http-15, Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES), 2010, BEES Online Tutorial, <http://ws680.nist.gov/Bees/help/Bees%20Online%20Tutorial.pdf> (Erişim Tarihi: 11.08.2016)
- http-16, BEES, 2016, <https://www.nist.gov/services-resources/software/bees> (Erişim Tarihi: 19.11.2017)
- http-17, TEAM 5.2, (2013). <https://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html> (Erişim Tarihi: 19.11.2017)
- http-18, The Outsourcing Institute Membership, (2003). Survey of current and potential outsourcing end-users, <http://www.outsourcing.com> (Erişim Tarihi: 19.11.2017)
- http-19, Google Maps Javascript API, <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/> (Erişim Tarihi: 25.11.2017)
- http-20, TÜİK, 2017, Seragazi Emisyon İstatistikleri, 1990-2015, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588> (Erişim tarihi: 03.12.2017)
- http-21, Maslog araç ölçüleri, <http://www.maslog.com.tr/?C=9> (Erişim Tarihi: 10.12.2017)

- http-22, HELUZ EPD, 2013, http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/EPD-HELUZ_Hollow-bricks_5-2013.pdf (Erişim Tarihi: 10.12.2017)
- http-23, Çevresel ürün beyanı, TURK YTONG Sanayi A.ř., 2015, <http://ytong.com.tr/dosyalar/user/Turk%20Ytong%20EPD%20Brosur%20TR.pdf> (Erişim Tarihi: 10.12.2017)
- http-24, Çevresel ürün beyanı, DALSAN A.ř., 2016. http://www.dalsan.com.tr/belgeler/tr/Alci_Levhalar_tr.pdf (Erişim Tarihi: 10.12.2017)

EKLER

EK-1. ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story)

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
1. Genel	Kullanıcı; ECO-SUPPLY yazılım aracına, web tabanlı arayüzü sayesinde ulaşabilmelidir.	
2. Oturum Aç	Kullanıcı; Oturum Aç penceresinde kullanıcı adı ve şifre girerek ECO-SUPPLY yazılım aracının tanımlama araçlarına erişebilmelidir.	Bu sayfada Kayıt Ol butonu yardımıyla ilk kullanımda şifre oluşturulabilmelidir. Kullanıcı Adı: E-mail adresi Şifre: Kullanıcı tanımlı
2.1. Şifremi Unuttum	Kullanıcı; şifresini unuttuğu takdirde Şifremi Unuttum arayüzüne yönlendirilmeli ve e-posta adresini girerek “Yeni Şifre Gönder” butonu yardımıyla e-posta adresine yeni şifrenin gönderilmesini sağlayabilmelidir.	“Yeni Şifre Gönder” butonuna tıklandığında “Yeni şifreniz e-posta adresinize gönderilmiştir” uyarısı görülmelidir. Oturum Aç butonuna tıklanarak kullanıcı adı ve yeni şifreyle sisteme giriş sağlanabilmelidir.
3. Anasayfa – Harita Arayüzü	Kullanıcı; yazılım anasayfasında harita tabanlı arayüzle karşılaşmalıdır. Bu arayüzün sol üst köşesinde Google Haritalar’da olduğu gibi, adres ya da koordinat girişine olanak sağlayan bir “Arama” fonksiyonu yardımıyla, 3 boyutlu (3B) modeli Autodesk Revit’te yaratılan yapının konumu kullanıcı tarafından belirlenebilmelidir.	
4. Anasayfa- Yan Panel	Kullanıcı; anasayfanın sol yan panelinde Sistem Yöneticisi, Kullanıcılar, Yapı Bölümleri, Malzeme Grupları, Malzemeler, Ölçü Birimleri, Tedarikçiler, Analiz Parametreleri, Malzeme ve Tedarikçi Analizi fonksiyonlarına ulaşabilmelidir.	
Sayfa Numaralama (Pagination)	Kullanıcı; Anasayfa yan panelinde yer alan Sistem Yöneticisi, Kullanıcılar, Yapı Bölümleri, Malzeme Grupları, Malzemeler, Ölçü Birimleri, Tedarikçiler, Analiz Parametreleri, Malzeme ve Tedarikçi Analizi fonksiyonlarına, anasayfadan ayrılmaksızın ayrı sayfalar halinde erişim sağlayabilmelidir. Belirtilen fonksiyonların kullanımı sırasında harita tabanlı arayüz, anasayfada daima erişilebilir olmalıdır.	
4.1. Kullanıcılar	Kullanıcı; Kullanıcılar fonksiyonuna tıkladığında sisteme kayıtlı kullanıcıları görüntüleyebilmeli, ancak yeni kullanıcı ekleyip mevcut kullanıcı düzenleme, silme vb. işlemleri gerçekleştirememelidir.	Kullanıcı ekle, düzenle, sil fonksiyonları Sistem Yöneticisi rolünde aktif olmalıdır.

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.2. Yapı Bölümleri	Kullanıcı; Yapı Bölümleri fonksiyonuna tıkladığında yapı bölümlerinin adı, kodu, BIM tanımlayıcısı, İşlemler menüsü gibi bilgilerini görüntüleyebilmelidir.	Bu pencerede Yeni Yapı Bölümü butonu da yer almalıdır.
4.2.1. Yeni Yapı Bölümü	Kullanıcı; Yapı Bölümleri penceresinde yer alan Yeni Yapı Bölümü butonuna tıkladığında yeni yapı bölümüne ait verileri girebildiği, metin kutularından oluşan bir pencereye erişebilmelidir.	
4.2.1.1. Yeni Yapı Bölümü Bilgilerinin Doldurulması	Kullanıcı; yeni yapı bölümüne ait adı, kodu, BIM tanımlayıcısı bilgilerini girip Kaydet butonuna tıkladığında yeni yapı bölümü sisteme eklenmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında, değişiklikler yapılmadan pencere kapanmalıdır.	
4.2.2. İşlemler Fonksiyonu - Yapı Bölümü Düzenle	Kullanıcı; Yapı Bölümleri penceresinde yer alan İşlemler butonu altında Düzenle fonksiyonuna tıkladığında, seçtiği yapı bölümüne ait bilgileri düzenleyebilmelidir. Kaydet butonuna tıkladığında yeni yapı bölümü sisteme eklenmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında ise, herhangi bir değişiklik yapılmadan pencere kapanmalıdır.	
4.2.3. İşlemler Fonksiyonu - Yapı Bölümü Sil	Kullanıcı; Yapı Bölümleri penceresinde yer alan İşlemler butonu altında Sil fonksiyonuna tıkladığında, seçtiği yapı bölümünü silebilmelidir. Kaydet butonuna tıkladığında, yeni yapı bölümü sisteme eklenmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında ise, değişiklikler yapılmadan pencere kapanmalıdır.	Kullanıcı; sil butonuna tıkladığında “Bu yapı bölümünü silmek istediğinizden emin misiniz” uyarısını ve Evet , Hayır seçeneklerini görüntüleyebilmelidir. Evet butonuna tıkladığında yapı bölümü silinmeli; Hayır butonuna tıkladığında yapı bölümü silinmeden aynı şekilde kalmalıdır.
4.3. Ölçü Birimleri	Kullanıcı; Ölçü Birimleri fonksiyonuna tıkladığında, ölçü birimlerine ait pencereye ulaşabilmeli; ölçü birimlerinin adını, kısa adını ve temel birimini görüntüleyebilmelidir.	Bu pencerede Yeni Ölçü Birimi butonu da yer almalıdır.
4.3.1. Yeni Ölçü Birimi	Kullanıcı; Yeni Ölçü Birimi butonuna tıkladığında yeni ölçü birimine ait ad, kısa ad, temel birim bilgilerinin girişine olanak sağlayan metin kutuları ve liste kutularından oluşan pencereye erişebilmelidir. Kullanıcı, girdiği ve seçtiği bilgileri Kaydet butonu ile kaydedebilmeli, Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	
4.3.2. Ölçü Birimleri Düzenle	Kullanıcı; Ölçü Birimleri sayfasında Düzenle fonksiyonu yardımıyla ölçü birimlerine ait ad, kısa ad ve temel birim bilgilerinde değişiklikler yapıp Kaydet butonuna tıkladığında değişiklikleri kaydedebilmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında ise, değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.3.3. Ölçü Birimleri Sil	Kullanıcı; Ölçü Birimleri sayfasında Sil fonksiyonu yardımıyla ölçü birimlerini silebilmelidir.	Kullanıcı; Sil butonuna tıkladığında “Bu ölçü birimini silmek istediğinizden emin misiniz” uyarısını ve Evet , Hayır seçeneklerini görüntüleyebilmelidir. Evet butonuna tıkladığında ölçü birimini silebilmeli; Hayır butonuna tıkladığında silme işlemi gerçekleşmeksizin hata penceresinden çıkabilmelidir.
4.4. Malzeme Grupları	Kullanıcı; Malzeme Grupları fonksiyonuna tıkladığında malzeme gruplarının adını, kodunu ve BIM tanımlayıcısını görüntüleyebilmelidir.	Bu pencerede Yeni Malzeme Grubu butonu da yer almalıdır.
4.4.1. Yeni Malzeme Grubu	Kullanıcı; Yeni Malzeme Grubu butonuna tıkladığında yeni malzeme grubuna ait bilgileri girebileceği pencereye erişebilmelidir. Metin kutularına bilgi girişi yapabilmeli; Kaydet butonu ile kaydedebilmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında ise, değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	
4.4.2. Malzeme Grubu Düzenle	Kullanıcı; Malzeme Grubu sayfasında Düzenle fonksiyonu yardımıyla malzeme gruplarına ait bilgilerde değişiklikler yapıp Kaydet butonuna tıkladığında değişiklikleri kaydedebilmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında ise, değişiklikler yapılmadan pencere kapanmalıdır.	
4.4.3. Malzeme Grubu Sil	Kullanıcı; Malzeme Grubu sayfasında Sil fonksiyonu yardımıyla istediği malzeme grubunu silebilmelidir.	Kullanıcı; Sil butonuna tıkladığında “Bu malzeme grubunu silmek istediğinizden emin misiniz” uyarısını ve Evet , Hayır seçeneklerini görüntüleyebilmelidir. Evet butonuna tıkladığında malzeme grubu silinmeli; Hayır butonuna tıkladığında ise malzeme grubu silinmemelidir.
4.5. Malzemeler	Kullanıcı; Malzemeler fonksiyonuna tıkladığında malzemelerin adını, kodunu, grubunu, birimini ve BIM tanımlayıcısını görüntüleyebilmelidir.	Bu pencerede Yeni Malzeme butonu da yer almalıdır.
4.5.1. Yeni Malzeme	Kullanıcı; Yeni Malzeme butonuna tıkladığında yeni malzemeye ait ad, kod, grup, birim ve BIM tanımlayıcısı bilgilerinin girilebileceği pencereye erişebilmelidir. Kullanıcı; metin ve liste kutularına bilgi girişi yapabilmeli; Kaydet butonu ile kaydedebilmeli, Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.5.2. Malzeme Düzenle	Kullanıcı; İşlemler butonu altında Malzeme Düzenle seçeneğini tıkladığında mevcut malzemelerin listesine erişebilmelidir. Kullanıcı; malzemelerden herhangi birine tıklayıp Malzeme Sil butonuyla malzemeyi silebilmeli; bilgi penceresinden bilgileri girip Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	İşlemler combobox'ı; Malzeme Düzenle , Yardımcı Malzeme Düzenle , Analiz Parametre Değerlerini Düzenle seçeneklerini kapsamalıdır.
4.5.3. Yardımcı Malzeme Düzenle	Kullanıcı; İşlemler butonu altında Yardımcı Malzeme Düzenle seçeneğini tıkladığında seçtiği malzemeye ait yardımcı malzemelerin listesini görüntüleyebilmelidir. Kullanıcı; Yardımcı Malzeme Sil butonuyla yardımcı malzemeyi silebilmeli; bilgi penceresinden bilgileri girip Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	
4.5.4. Malzeme Analiz Parametre Değerlerini Düzenle	Kullanıcı; İşlemler butonu altında Analiz Parametre Değerlerini Düzenle seçeneğini tıkladığında malzemelere ait ekonomi ve ekoloji değerlerini görüntüleyebilmeli, bilgi penceresinden bilgileri düzenleyip Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	Malzeme Ekoloji Parametreleri: Yapı malzemelerinin birim bazında üretim, taşıma ve uygulama (şantiyede imalat) aşamalarına ait karbon emisyonu değerleri. Malzeme Ekonomi Değerleri: Yapı malzemelerinin birim bazında üretim, taşıma ve uygulama (şantiyede imalat) aşamalarına ait maliyetleri.
4.6. Tedarikçiler	Kullanıcı; Tedarikçiler fonksiyonuna tıkladığında Tedarikçi isimlerini, şehir ve ilçesini, iletişim bilgilerini (Posta adresi, e-posta adresi, telefon numarası vb.) ve İşlemler bölümünü görüntüleyebilmelidir.	Bu pencerede Yeni Tedarikçi Ekle ve Yeni Malzeme Ekle butonları da yer almalıdır.
4.6.1. Yeni Tedarikçi Ekle	Kullanıcı; Tedarikçiler penceresinde yer alan Yeni Tedarikçi Ekle butonuna tıkladığında yeni tedarikçiye ait verileri girebileceği, metin kutularından oluşan bir pencereye erişebilmelidir.	
4.6.1.1. Enlem-Boylam Seçimi	Kullanıcı; tedarikçi adres, enlem ve boylam bilgilerini harita üzerinden seçebilmelidir. Kullanıcının harita üzerinde işaretlediği lokasyonun enlem ve boylam bilgileri, Yeni Tedarikçi Ekle formundaki Enlem ve Boylam bölümlerine otomatik olarak yazılmalıdır.	

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.6.1.2. Yeni Tedarikçi Bilgilerinin Doldurulması	Kullanıcı; yeni tedarikçi bilgilerini girip Kaydet butonuna tıkladığında yeni tedarikçi sisteme eklenmelidir. Vazgeç butonuna tıkladığında ise, değişiklikler yapılmadan pencere kapanmalıdır.	
4.6.2. Tedarikçi Yeni Malzeme Ekle	Kullanıcı; tedarikçiler penceresinde Yeni Malzeme Ekle butonuna tıkladığında liste kutusundan malzeme seçebilmeli ve stok miktarını girebilmelidir. Kullanıcı; Kaydet butonu ile değişiklikleri kaydedebilmeli, Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	
4.6.3. İşlemler Fonksiyonu - Tedarikçi Düzenle	Kullanıcı; Tedarikçiler penceresinde yer alan İşlemler butonu altında Tedarikçi Düzenle seçeneğine tıkladığında, mevcut tedarikçilerin listesine erişebilmelidir. Kullanıcı; Tedarikçi Sil butonuyla tedarikçiyi sistemden kaldırabilmelidir. Ayrıca bilgi penceresinden bilgileri düzenleyebilmeli, Kaydet butonu ile kaydedebilmeli, Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	İşlemler combobox'ı Tedarikçi Düzenle , Tedarikçi Malzemesi Düzenle ve Analiz Parametre Değerlerini Düzenle seçeneklerini kapsamalıdır.
4.6.4. İşlemler Fonksiyonu - Tedarikçi Malzeme Düzenle	Kullanıcı; İşlemler butonu altında Tedarikçi Malzemesi Düzenle seçeneğini tıkladığında mevcut tedarikçilerin portföylerinde bulunan malzemelerin listesini görüntüleyebilmelidir. Herhangi bir malzemeye tıklayıp Tedarikçi Malzemesi Sil butonuyla malzemeyi, tedarikçi bilgilerinden kaldırabilmelidir. Kullanıcı ayrıca, bilgi penceresinden bilgileri düzenleyebilmeli, Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	
4.6.5. İşlemler Fonksiyonu– Tedarikçi Analiz Parametreleri Değerlerini Düzenle	Kullanıcı; İşlemler butonu altında Analiz Parametre Değerlerini Düzenle seçeneğini tıkladığında tedarikçilere ait ekonomi ve ekoloji değerlerini görüntüleyebilmelidir. Kullanıcı; bilgi penceresinden bilgileri düzenleyip Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	Tedarikçi Ekonomi ve Ekoloji Parametreleri: Uygulaması ve montajı yapılan malzeme gruplarına (duvar, cephe, çatı, yer kaplama vb.) ait yapı malzemelerinin tedarikçi şirket seçimi için, Anadolu Üniversitesi Uzman Paneli yardımıyla belirlenen kriterlerdir.
4.7. Analiz Parametreleri	Kullanıcı; Analiz Parametreleri fonksiyonuna tıkladığında Malzeme Analiz Parametreleri ve Tedarikçi Analiz Parametreleri olmak üzere 2 ayrı fonksiyona erişim sağlayabilmelidir.	

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.7.1. Malzeme Analiz Parametreleri	Kullanıcı; Analiz Parametreleri altında Malzeme Analiz Parametreleri fonksiyonuna tıkladığında, malzeme seçimi için tanımlanan analiz parametrelerine liste halinde erişebilmelidir.	Malzeme Analiz Parametreleri sayfasında Yeni Analiz Parametresi butonu da yer almalıdır.
4.7.2. Tedarikçi Analiz Parametreleri	Kullanıcı; Analiz Parametreleri altında Tedarikçi Analiz Parametreleri fonksiyonuna tıkladığında, tedarikçi seçimi için tanımlanan analiz parametrelerine liste halinde erişebilmelidir.	
4.8. Analiz	Kullanıcı, Yan Panel'de Analiz bölümüne erişebilmelidir. Bu bölüme tıkladığında 3 temel analiz adımı ile malzeme ve tedarikçi seçimi analizlerini gerçekleştirebilmelidir. Sayfalar: 1. Analiz Başlangıç Sayfası, 2. Malzeme Seçimi Analiz Sayfası, 3. Tedarikçi Seçimi Analiz Sayfası Belirtilen fonksiyonların kullanımı sırasında harita tabanlı arayüz, anasayfada daima erişilebilir olmalıdır.	
4.8.1. Analiz Başlangıç Sayfası	Kullanıcı; Analiz Başlangıç Sayfası'nda Yapı Bölümleri (ComboBox), Malzeme Grupları (ComboBox), Malzemeler (ListBox), Metraj (TextBox), Metraj Al (File Uploader), Yapı Konumu (TextBox), Tedarikçi Listesi (ListBox), Analiz Parametreleri (CheckBox), Ağırlıklandırma Yöntemleri (ComboBox), Yeni Parametre (Command Button), Analiz İçin Seç (Command Button), İleri (Command Button) ve Vazgeç (Command Button) alanlarına erişim sağlayabilmelidir. Kullanıcı; Yapı Bölümleri (Temel, taşıyıcı sistem, iç mahaller, dış bölümler vb.) alanından hangi yapı bölümü için; Malzeme Grupları (Duvar, Çatı, Cephe vb.) alanından hangi malzeme grubu için malzeme ve tedarikçi seçimi yapacağını seçebilmelidir. Kullanıcı; Malzemeler (Tuğla, Gazbeton, Alçıpan vb.) liste kutusundan malzemeleri (Kullanımı kolaylaştırmak için tek tek ya da birden fazla seçim yapılabiliyor olmalı) seçip Analiz için Seç butonuna tıkladığında, analiz için seçilen malzemeler, daha önce tanımlanan yardımcı malzemeleri ile birlikte bir listeye yazdırılmalıdır.	Kullanıcı, Madde 4.8.1 ve alt maddelerinde ifade edilen fonksiyonları gerçekleştirdikten sonra, İleri butonu ile Analiz bölümünün 2.sayfasına geçebilmeli, Vazgeç tuşu ile değişiklikleri kaydetmeden analiz bölümünden ayrılabilirdir. Belirtilen fonksiyonların kullanımı sırasında harita tabanlı arayüzün anasayfada daima erişilebilir olması gerekmektedir.

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.1. Analiz Başlangıç Sayfası (devam)	Kullanıcı; Metraj (Malzeme miktarı) bilgisini TextBox'a girebilmeli; aynı zamanda Revit'ten .txt formatında dışa aktarılabilen metraj sayfalarının sisteme yüklenebilmesini sağlayan bir Dosya Yükleyci (File Uploader) sayesinde malzeme miktarını otomatik olarak arayüze alabilmelidir. Kullanıcı; Yapı Konumu, malzeme tedarikinin gerçekleştirileceği inşaat şantiyesinin konumu olup enlem-boylam TextBox alanları yardımıyla ya da doğrudan harita üzerinden yapı konumunu belirleyebilmelidir. Kullanıcı; analiz için seçtiği malzemeleri tedarik portföyünde bulunduran tedarikçileri, hem harita üzerinde hem de liste halinde görüntüleyebilmeli ve her bir tedarikçinin şantiyeye olan uzaklığını km bazında hesaplayabilmelidir. (Tedarikçilerin şantiyeye km bazında uzaklığının hesaplanması, hem malzeme seçimi analizlerinin Taşıma aşamasındaki hesaplamalar için, hem de en yakın tedarikçi analizi için önem arz etmektedir.) Kullanıcı; Ağırlıklandırma Yöntemleri ve Analiz Parametreleri alanlarının interaktif şekilde çalışmasını gerçekleştirebilmelidir. Çünkü bu bölümler, analiz hesaplarını doğrudan etkilemektedir. Ağırlıklandırma Yöntemleri 3 aşamalı olduğu için Madde 4.8.1.1, Madde 4.8.1.2 ve Madde 4.8.1.3'te ele alınmıştır. Kullanıcı; Ağırlıklandırma Yöntemleri ComboBox'ından ECO-SUPPLY, Eşit Ağırlıklı ve Kullanıcı Tanımlı olmak üzere 3 temel analiz yöntemini seçebilmelidir. ECO-SUPPLY ağırlıklandırma yöntemi varsayılan olarak seçili olmalı; bu yönteme ait malzeme ve tedarikçi seçim parametrelerinin yüzde ağırlıkları ve daha önce tanımlanan değerleriyle birlikte 2 ayrı liste halinde listelenmelidir.	
4.8.1.1. Ağırlıklandırma Yöntemleri – ECO-SUPPLY	Kullanıcı; bu bölümde Yeni Analiz Parametresi fonksiyonuna erişebilmelidir. Bu butona ECO SUPPLY ağırlıklandırma yöntemi seçiliyken tıkladığında “ECO SUPPLY seçiliyken yeni parametre ekleyemezsiniz. Lütfen ağırlıklandırma yönteminizi değiştiriniz” hata penceresi görüntüye gelmelidir. Kullanıcı; Tamam butonuyla hata penceresinden çıkış yapabilmelidir.	ECO-SUPPLY YÖNTEMİ: Malzeme Seçimi Analizleri için malzemenin yaşam döngüsüne ait Üretim, Taşıma ve Uygulama olmak üzere 3 temel aşamada Ekonomi ve Ekoloji optimizasyonunu öneren, Hata Puanı (HP) ve Ödül Puanı (ÖP) yaklaşımları ile analiz hesaplamalarını sağlayan bir modelin yöntemidir. Ekoloji parametreleri olarak kg bazında karbondioksit salınımı; ekonomi parametreleri olarak ise TL kurunda maliyet baz alınmaktadır. Malzeme Seçimi için 3 temel aşama da eşit derecede önemli kabul edildiğinden bu aşamalardaki ekoloji parametreleri kendi içinde, ekonomi parametreleri de kendi içinde toplanarak hata puanı belirlenir. Analiz parametreleri ve hata puanı formülü aşağıdaki gibidir:

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK

AÇIKLAMA

NOTLAR

4.8.1.1.

Ağırlıklandırma Yöntemleri – ECO-SUPPLY (devam)

Aşama	Parametre	Grubu
Üretim	Üretim maliyeti	Ekonomi
	Üretim CO ₂ emisyonu	Ekoloji
Taşıma	Taşıma maliyeti	Ekonomi
	Taşıma CO ₂ emisyonu	Ekoloji
Uygulama	İşçilik maliyeti	Ekonomi
	İmalat CO ₂ emisyonu	Ekoloji

HP_{malzeme-ekonomi} = m x (C_{üretim} + C_{taşıma} + C_{uygulama})

HP_{malzeme-ekonomi}: Yapı malzemesine ait ekonomi Hata Puanı

m: Malzeme miktarı/Metraj

C_{üretim}: Birim malzeme üretim maliyeti

C_{taşıma}: Birim malzeme taşıma maliyeti

C_{uygulama}: Birim malzeme uygulama maliyeti

HP_{malzeme-ekoloji} = m x (CO₂-üretim + CO₂-taşıma + CO₂-uygulama)

HP_{malzeme-ekoloji}: Yapı malzemesine ait ekoloji Hata Puanı

m: Malzeme miktarı/Metraj

CO₂-üretim: Birim malzeme üretim karbon ayakizi

CO₂-taşıma: Birim malzeme taşıma karbon ayakizi

CO₂-uygulama: Birim malzeme uygulama karbon ayakizi

ECO-SUPPLY Yöntemi: Tedarikçi Seçimi Analizleri için uzman paneli sonucunda belirlenen parametreler ve anket çalışması sonucunda belirlenen parametre ağırlıklarını kullanır. Analiz parametrelerinin hepsi sayısal verilere ve birbirleriyle tutarlı skalalara sahip olmadığından analiz için 0-10 aralığında hipotetik (varsayımsal) sayısal veriler ve ANP yöntemiyle belirlenen parametre yüzde ağırlıklarını kullanır. Tedarikçi seçimi analiz parametreleri, varsayımsal olmaları nedeniyle birimsizdir. “Coğrafi konum” parametresi ise, öznel değil konumsaldır. Bu nedenle harita tabanında mesafe verilerine ihtiyaç duymaktadır. (Tedarikçi Seçimi Analiz Sayfası’nda anlatılacaktır).

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.1.2. Ağırlıklandırma Yöntemleri – Eşit Ağırlıklı	Kullanıcı; Ağırlıklandırma Yöntemleri ComboBox’ından Eşit Ağırlıklı seçeneğini seçtiğinde, listedeki tüm malzeme ve tedarikçi seçim parametreleri, eşit yüzde ağırlıkları ile birlikte daha önce tanımlanan değerleriyle 2 ayrı liste halinde listelenmelidir. Kullanıcı; Eşit Ağırlıklı ağırlıklandırma yöntemini seçip Yeni Analiz Parametresi butonuna tıkladığında yeni analiz parametresi sayfasına erişebilmelidir. Yeni analiz parametresinin bilgilerini girip Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir.	Eşit Ağırlıklı Yöntem’de malzeme ve tedarikçi seçimi için, tanımlama ekranlarında tanımlanan tüm parametrelerin CheckBox’larının işaretli olması ve ağırlıklarının eşit olarak görüntülenmesi gerekmektedir. Eşit Ağırlıklı Yöntem’in ECO-SUPPLY Yöntemi’nden farkı; malzeme seçimi analizleri için ECO-SUPPLY’da olduğu gibi Üretim, Taşıma ve Uygulama aşamalarının zorunlu olmamasıdır.
	Bu sayfada Parametre Adı, Grubu, Yüzde Ağırlığı fonksiyonlarının yer alması gerekmektedir. Parametre Adı: Yeni parametrenin adı (Textbox) Grubu: Ekonomi ve Ekoloji (ComboBox) Yüzde Ağırlığı: (100/parametre sayısı) formülüyle otomatik olarak hesaplanmalıdır. Örneğin 10 parametre varsa Eşit Ağırlıklı analiz yöntemi seçili olduğunda parametre ağırlıkları otomatik olarak %10 olarak değişmelidir. Yeni parametre girildiğinde bu yüzdelere %9.09 (100/11) olarak değişmelidir.	
4.8.1.3. Ağırlıklandırma Yöntemleri – Kullanıcı Tanımlı	Kullanıcı; Ağırlıklandırma Yöntemleri ComboBox’ından Kullanıcı Tanımlı seçeneğini seçtiğinde, analiz parametrelerinin yüzde ağırlıklarına ait metin kutuları boş gelmeli ve kullanıcı tarafından doldurulabilir olmalıdır.	Kullanıcı Tanımlı Yöntem’de malzeme ve tedarikçi seçimi için, tanımlama ekranlarında tanımlanan tüm parametrelerin CheckBox’larının işaretli olması ve ağırlık alanlarının boş TextBox olarak görüntülenmesi gerekmektedir.
	Kullanıcı; parametre ağırlıklarına %100’ü tamamlamayacak şekilde, eksik ya da fazla değer girdiğinde, “Analiz parametrelerinin ağırlık toplamı 100 olmalıdır” hata penceresini görmeli; Tamam butonuyla çıkış yapıp parametre ağırlık toplamlarını %100’ü sağlayacak şekilde düzenleyebilmelidir.	Kullanıcı Tanımlı Yöntem’in ECO-SUPPLY ve Eşit Ağırlıklı Yöntem’den farkı; malzeme seçimi analizleri için ECO-SUPPLY’da olduğu gibi Üretim, Taşıma ve Uygulama aşamalarının zorunlu olmaması ve hem malzeme seçimi hem de tedarikçi seçimi analiz parametrelerinin yüzdelere kullanıcı tarafından belirlenebilir olmasıdır.

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.1.3. Ağırlıklandırma Yöntemleri – Kullanıcı Tanımlı	Kullanıcı; Kullanıcı Tanımlı analiz yöntemini seçip Yeni Analiz Parametresi butonuna tıkladığında yeni analiz parametresi sayfasına erişebilmelidir. Yeni analiz parametresinin bilgilerini girip Kaydet butonu ile kaydedebilmeli; Vazgeç butonuyla değişiklik yapmadan pencereden çıkabilmelidir. Parametre Adı: Yeni parametrenin adı (Textbox) Grubu: Ekonomi ve Ekoloji (ComboBox) Yüzde Ağırlığı: Kullanıcı tanımlı değer girişi (Textbox)	
4.8.2. Malzeme Seçimi Analiz Sayfaları	Malzeme Seçimi Analiz Sayfaları, Ağırlıklandırma Yöntemleri'ne göre değişiklik göstermekte olup ECO-SUPPLY Yöntemi için Malzeme Seçimi Analizleri, Madde 4.8.2.1 ve alt maddelerinde açıklanmıştır.	
4.8.2.1. Malzeme Seçimi Analizleri – ECO-SUPPLY	Kullanıcı; ECO-SUPPLY Ağırlıklandırma Yöntemi'ni seçip İleri butonuna tıkladığında Üretim, Taşıma ve Uygulama olmak üzere 3 bölümden oluşan bir sayfa ekrana gelmelidir.	
4.8.2.1.1. Malzeme Seçimi Analizleri – Üretim Aşaması	Kullanıcı; Üretim bölümünde, malzeme seçimi analizi için seçilen tüm malzemeleri liste halinde görüntüleyebilmeli; her birine tıklayıp aşağıdaki fonksiyonları gerçekleştirebilmelidir. Kullanıcı, Üretim bölümünde Malzeme Üretim Karbondioksit Emisyonu (TextBox) ve Üretim Maliyeti (TextBox) fonksiyonlarına erişim sağlayabilmelidir.	Malzeme Üretim Karbondioksit Emisyonu şu formülle hesaplanmaktadır (Duvar grubu malzemeleri için fonksiyonel birim m² olarak alınmıştır) : $CO_2 - \text{üretim} = CO_2 - \text{birim üretim} * m$ CO₂ – birim üretim: Birim malzeme üretim CO₂ emisyonu (kg CO₂-eq / m²) (Malzeme EPD Dökümanları ve literatürdeki çalışmalardan elde edilip malzeme seçimi analiz parametre değeri olarak tanımlama ekranlarında girilecektir.)
	Malzeme Üretim Karbondioksit Emisyonu alanında malzeme miktarı ile malzeme üretim birim CO₂ emisyonunun çarpılmış ve TextBox'a otomatik olarak yazdırılmış olması gerekmektedir. Üretim Maliyeti alanının da yine malzeme miktarı ile malzeme birim üretim maliyeti çarpılmalı ve TextBox'a otomatik olarak yazdırılmalıdır.	m: Malzeme miktarı (m²) (Analiz başlangıç sayfasında Metraj bölümüne girilecektir.) CO₂ – üretim: Toplam malzeme üretim CO₂ emisyonu (kg CO₂-eq)

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.2.1.1. Malzeme Seçimi Analizleri – Üretim Aşaması (devam)	Malzeme Üretim Maliyeti şu şekilde hesaplanmaktadır: $C_{\text{üretim}} = C_{\text{birim üretim}} * m$ C_{birim üretim}: Birim malzeme üretim maliyeti (Malzeme analiz parametre değeri olarak tanımlama ekranlarında girilecektir).	
4.8.2.1.2. Malzeme Seçimi Analizleri – Taşıma Aşaması	Kullanıcı; Taşıma bölümünde, malzeme seçimi analizi için seçilen tüm malzemeleri liste halinde görüntüleyebilmeli; her birine tıklayıp aşağıdaki fonksiyonları gerçekleştirebilmelidir. Kullanıcı; Taşıma bölümünde Taşıt Türü ve Kapasitesi (ComboBox) , Malzeme Genişliği (ComboBox), Birim Malzeme Kütlesi (ComboBox), Sefer Sayısı (TextBox), Yakıt Sarfıyatı (ComboBox), Birim Yakıt Maliyeti (TextBox), Birim Sipariş Maliyeti (TextBox), Birim Taşıma Maliyeti (TextBox), Malzeme Taşıma Karbondioksit Emisyonu (TextBox) ve Malzeme Taşıma Maliyeti (TextBox) alanlarına erişim sağlayabilmelidir. Kullanıcı; Taşıt Türü ve Kapasitesi ComboBox'ından malzeme tedarikinin gerçekleştirileceği taşıt türünü ve m³ biriminde kapasitesini seçebilmeli; Malzeme Genişliği ComboBox'ından birim malzemenin taşıta yükleme genişliğini girebilmelidir. Malzeme miktarı (metraj) da bilindiğinden dolayı bu bilgiler ışığında sefer sayısı otomatik olarak hesaplanmalı ve Sefer Sayısı TextBox'ına yazdırılmalıdır.	Malzeme Taşıma Maliyeti şu şekilde hesaplanmaktadır: $C_{\text{taşıma}} = [m * C_{\text{birim sipariş}}] + [m * C_{\text{birim taşıma}}] + 2 * N * D * C_{\text{birim yakıt}} * (FC / 100)$ C-taşıma: Malzeme taşıma maliyeti Cbirim-sipariş: Birim malzeme sipariş maliyeti Cbirim-taşıma: Birim malzeme taşıma maliyeti m: Malzeme miktarı (m²) N: Sefer sayısı D: Tedarikçi-şantiye arası mesafe (km) C_{birim yakıt}: Birim yakıt maliyeti (TL/lt) FC: 100 km'deki yakıt sarfıyatı (lt-100 km) Sefer sayısı şu formülle hesaplanmaktadır: $N = m * w / PL$ m: Malzeme miktarı (m²) (Analiz başlangıç sayfasında Metraj bölümüne girilecektir.) w: Malzeme genişliği (m) PL: Taşıt taşıma kapasitesi (istiap haddi) (m³)

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.2.1.2. Malzeme Seçimi Analizleri – Taşıma Aşaması (devam)	Kullanıcı; Yakıt Sarfiyatı ComboBox'ından taşıtın 100 km için litre bazında yakıt sarfiyatını seçebilmeli ve Birim Yakıt Maliyeti alanından TL kurunda birim yakıt maliyetini girebilmelidir. Malzemeler tanımlama sayfasında daha önce girilmiş olan Birim sipariş maliyeti ve Birim taşıma maliyeti alanları TextBox'lara varsayılan olarak yazdırılmalıdır.	Sefer sayısı değerinin daima tam sayı olması gerekmektedir. Bu nedenle formülün sonucunun ondalıklı çıkması halinde sonuç, yukarı tamamlanmalıdır. Örneğin; formülün sonucu 23.1 ise N: 24 olmalıdır. Malzeme Taşıma Karbondioksit Emisyonu şu şekilde hesaplanmaktadır: $CO_{2-taşıma} = (2 * N * D * FC / 100 * f_{taşıt}) + [(M * D * f_{malzeme}) / 1000]$
	Tüm bu veriler ışığında, Madde 4.8.1 'de ifade edildiği gibi tedarikçilerin şantiyeye olan uzaklıkları bilindiğinden sefer sayısı bilgisi de kullanılarak Malzeme Taşıma Maliyeti otomatik olarak hesaplanıp TextBox'a yazdırılmalıdır. (Bu işlem, her bir malzemenin en uzak tedarikçisine göre otomatik olarak hesaplatılmalıdır).	N: Sefer sayısı D: Tedarikçiden şantiyeye uzaklık (km) FC: 100 km'deki yakıt sarfiyatı (lt-100 km) f_{taşıt}: Taşıta ait CO2 emisyon faktörü (kg-CO2-eq/lt) f_{malzeme}: Malzemeye ait CO2 emisyon faktörü ((kg-CO2-eq/ton km) M: Malzeme kütlesi (kg)
	Kullanıcı; Birim Malzeme Kütlesi ComboBox'ından daha önce Malzemeler bölümünde girilmiş olan birim malzeme kütleleri arasından seçim yapabilmelidir. Taşıt Türü, şantiyeye maksimum tedarikçi uzaklığı ve Malzeme Kütlesi bilindiğinden Malzeme Taşıma Karbondioksit Emisyonu alanı otomatik olarak hesaplanıp TextBox'a yazdırılmalıdır.	Dizel yakıtlı kamyon için f_{taşıt}= 2,68 Kamyonla taşıma için f_{malzeme}: 0,11946 Tırla taşıma için f_{malzeme}: 0,07592 M ve D değerleri, sayfadaki ilgili alanlara kullanıcı tarafından girilir. f değerleri de bilindiğinden taşıma sırasındaki karbon emisyonu hesaplanır.

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.2.1.3. Malzeme Seçimi Analizleri – Uygulama Aşaması	Kullanıcı; Uygulama bölümünde, malzeme seçimi analizi için seçilen tüm malzemeleri liste halinde görüntüleyebilmeli; her birine tıklayıp aşağıdaki fonksiyonları gerçekleştirebilmelidir. Kullanıcı; Uygulama bölümünde Malzeme İşçilik Karbondioksit Emisyonu (TextBox) ve Malzeme İşçilik Maliyeti (TextBox) alanlarına erişim sağlayabilmelidir.	Malzeme Uygulama Karbondioksit Emisyonu şu şekilde hesaplanmaktadır: $CO_{2-uygulama} = m * (\text{adam/saat değeri}) * 0,69$ Adam/saat değeri: Her bir malzeme için Malzemeler tanımlama sayfasında girilecektir. m: Malzeme miktarı (m^2) (Analiz başlangıç sayfasında Metraj bölümüne girilecektir.)
	Malzeme Uygulama Karbondioksit Emisyonu alanında malzeme miktarı ile saatlik kişi başı karbondioksit emisyonu ve malzeme işçilik adam/saat değeri çarpılmış ve TextBox'a otomatik olarak yazdırılmış olmalıdır. Malzeme Uygulama Maliyeti alanının da yine malzeme miktarı ile birim işçilik maliyeti çarpılarak TextBox'a otomatik olarak yazdırılmalıdır.	Malzeme Uygulama Maliyeti şu şekilde hesaplanmaktadır: $C_{uygulama} = C_{\text{birim işçilik}} * m$ C_{birim işçilik}: Birim işçilik maliyeti (Malzeme analiz parametre değeri olarak tanımlama ekranlarında girilecektir). m: Malzeme miktarı (m^2) (Analiz başlangıç sayfasında Metraj bölümüne girilecektir.)
	Kullanıcı; Madde 4.8.2 ve alt maddelerinde ifade edilen fonksiyonları gerçekleştirdikten sonra, İleri butonu ile Analiz bölümünün 3.sayfasına geçebilmeli, Geri tuşu ile değişiklik yapmaksızın Analiz bölümünün 1.sayfasına geri dönebilmelidir. Belirtilen fonksiyonların kullanımı sırasında harita tabanlı arayüzün anasayfada daima erişilebilir olması gerekmektedir.	
4.8.2.2. Malzeme Seçimi Analizleri – Eşit Ağırlıklı	Kullanıcı; Eşit Ağırlıklı Ağırlıklandırma Yöntemi'ni seçip İleri butonuna tıkladığında Üretim, Taşıma ve Uygulama olmak üzere 3 bölümden oluşan bir sayfa ekrana gelmelidir.	ECO-SUPPLY Ağırlıklandırma Yöntemi'nde bir anlamda eşit ağırlıklı bir yaklaşım mevcuttur. Bu nedenle Malzeme Seçimi Analizleri için Eşit Ağırlıklı Yöntem, ECO-SUPPLY Yöntemi ile aynı şekilde çalışmaktadır. Madde 4.8.2.1 ve alt maddelerinde tanımlanan fonksiyonlar, Eşit Ağırlıklı Yöntem için de geçerlidir.

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.2.3. Malzeme Seçimi Analizleri – Kullanıcı Tanımlı	Kullanıcı; Madde 4.8.1.3 'te tanımlanan aşamalar, parametreler ve yüzde ağırlıkları çerçevesinde işlemleri gerçekleştirebilmelidir.	Kullanıcı Tanımlı Yöntem 'in ECO-SUPPLY ve Eşit Ağırlıklı Yöntem'den farkı; malzeme seçimi analizleri için ECO-SUPPLY'da olduğu gibi Üretim, Taşıma ve Uygulama aşamalarının zorunlu olmaması ve hem malzeme seçimi hem de tedarikçi seçimi analiz parametrelerinin yüzdelerinin kullanıcı tarafından belirlenebilir olmasıdır.
4.8.3. Tedarikçi Seçimi Analiz Sayfaları	Tedarikçi Seçimi Analiz Sayfaları, Ağırlıklandırma Yöntemleri 'ne göre değişiklik göstermekte olup ECO-SUPPLY Yöntemi için Tedarikçi Seçimi Analizleri, Madde 4.8.3.1 ve alt maddelerinde açıklanmıştır.	
4.8.3.1. Tedarikçi Seçimi Analizleri – ECO-SUPPLY	Kullanıcı; ECO-SUPPLY Ağırlıklandırma Yöntemi için Tedarikçi Seçimi Analiz sayfasında Tedarikçiler (ListBox), Tedarikçi Seçimi Analiz Parametreleri (ListBox) ve Analiz (Command Button) alanlarına erişim sağlayabilmelidir.	ECO-SUPPLY Yöntemi 'nin tedarikçi seçimi için kullandığı analiz parametrelerine uzman anket çalışmasında yer verilmiş olup Ödül Puanı yaklaşımı aşağıdaki gibidir: $\text{ÖP}_{\text{tedarikçi}} = \sum_i^n D_i^n * A_i^n$
	Kullanıcı; Tedarikçiler listesinde, analiz için seçilen malzemeleri, analiz başlangıç sayfasında girilen malzeme miktarlarında tedarik edebilecek malzemelerin, şantiyeye km bazında uzaklık bilgileriyle birlikte görüntüleyebilmelidir.	ÖP_{tedarikçi} : Tedarikçi ödül puanı n : Parametre sayısı D : Parametre değeri A : Parametre ağırlığı
	Kullanıcı; Tedarikçi Seçimi Analiz Parametreleri alanında, Parametre Adı, Değeri ve Ağırlığı sütunlarına erişebilmeli, Analiz Parametreleri tanımlama ekranında her bir parametre için 0-10 aralığında girilen hipotetik değerleri görüntüleyebilmelidir.	
	Kullanıcı; Analiz butonuna tıkladığında analizler sonuçlanmalı; " Analizler Tamamlandı " bilgi penceresinin görüntülenmesi ve Analiz Raporu butonunun aktif hale gelmesi gerekmektedir.	

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
4.8.3.2. Tedarikçi Seçimi Analizleri – Eşit Ağırlıklı	Kullanıcı; Madde 4.8.1.2' de tanımlanan aşamalar, parametreler ve yüzde ağırlıkları çerçevesinde işlemleri gerçekleştirebilmelidir.	Madde 4.8.3.1'de tanımlanan Ödül Puanı yaklaşımına ait formül, Eşit Ağırlıklı Ağırlıklandırma Yöntemi için de geçerlidir. Eşit Ağırlıklı Yöntem'in ECO-SUPPLY Yöntemi'nden farkı; tedarikçi seçimi analizleri için belirlenen parametrelerin ağırlıklarının (A) eşit olarak dağıtılıyor olmasıdır.
4.8.3.3. Tedarikçi Seçimi Analizleri – Kullanıcı Tanımlı	Kullanıcı; Madde 4.8.1.3'te tanımlanan aşamalar, parametreler ve yüzde ağırlıkları çerçevesinde işlemleri gerçekleştirebilmelidir.	Madde 4.8.3.1'de tanımlanan Ödül Puanı yaklaşımına ait formül, Kullanıcı Tanımlı Ağırlıklandırma Yöntemi için de geçerlidir. Kullanıcı Tanımlı Yöntem'in ECO-SUPPLY Yöntemi'nden farkı; tedarikçi seçimi analizleri için belirlenen parametrelerin ağırlıklarının (A) kullanıcı tarafından belirlenebiliyor olmasıdır.
4.9. Analiz Raporu	Kullanıcı; Analiz Raporu'nda, belirlenen analiz parametreleri ve analiz yöntemleri çerçevesinde en uygun tedarikçileri, malzeme ve yardımcı malzemeleri liste halinde gözlemleyebilmelidir. Aynı zamanda, harita üzerinde, analiz sonucunda listelenen tedarikçileri filtrelenmiş şekilde görüntüleyebilmelidir. Örneğin analiz öncesi harita üzerinde işaretli 20 adet tedarikçi, analiz sonucunda belirlenen uzaklıkta tespit edilen 5 adet tedarikçi olduğunu varsayalım. Kullanıcı, analiz öncesi tedarikçilerin hepsini; analiz sonrasında, analiz sonucunda listelenen 5 adet tedarikçiyi harita üzerinde işaretli olarak gözlemleyebilmelidir.	Bu sayfada En Yakın Tedarikçi Analizi butonu da yer almalıdır.
4.9.1. En Yakın Tedarikçi Analizi	Kullanıcı; Analiz Raporu'nda yer alan En Yakın Tedarikçi Analizi butonuna tıklayarak, seçilen birden çok tedarikçi arasından coğrafi anlamda yapının konumuna en yakın konumlu olanını seçebilmelidir. En Yakın Tedarikçi Analizi butonuna tıkladığında analiz raporunu ayrı bir sayfada görüntüleyebilmelidir. Aynı zamanda, arayüze gömülü harita üzerinde en yakın tedarikçi ile yapı arasındaki ulaşım yolunun renkli olarak gözlemlenebilir olmasını gerektirmektedir.	Analiz sonucunda listelenen tedarikçilerden, yapının konumuna en yakın olanını tespit edebilmek için bu fonksiyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge EK-1.1: ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı Öyküsü (User Story) (devam)

BAŞLIK	AÇIKLAMA	NOTLAR
5. Anasayfa-Üst Panel	Kullanıcı; anasayfa üst panelinde yer alan Profilim fonksiyonuna tıkladığında, profilim altındaki tüm fonksiyonları görüntüleyebilmelidir.	Profilim altında şu fonksiyonlara ulaşabilmelidir: 1. Kullanıcı adı 2. Şifre Değiştir 2. Analizlerim 3. Oturumu Kapat

EK-2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat İşleri Birim Fiyat Analizleri

Çizelge EK-2.1. Tuğla Duvar Örülmesi İmalatına Ait Birim Fiyat Analizi ve Yardımcı Analizler

İş Kalemi/ İş Grubu no:	Analizin Adı: Tuğla Duvar Yapılması Birim Fiyat Analizi	Ölçü Birimi			
Y.18.001/C16	200 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (250 x 200 x 250 mm) ile duvar yapılması	m²			
Kurumu: Çevre ve Şehircilik>İnşaat (Yapı İşleri)					
Teknik Tarifi: Projesine göre yatay delikli tuğla ile çimento-kireç karışımı harç kullanılarak duvar yapılması, lüzumunda sulanması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıatı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m² fiyatı:					
ÖLÇÜ: Projesindeki boyutlar üzerinden hesaplanır. 0,10 m² den küçük boşluklar düşülmez.					
Poz No	Girdiler	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
	Malzeme:				
04.016/C10	250 x 250 x 200 mm Yatay delikli LD birim tuğlalar (TS EN 771-1)	Adet	16	0,81	12,96
	Zayıat dahil				
	Tuğla çevrilerek (250 x 200 x 250 mm) kullanılmıştır				
10.041/A1(Y)	Kireç harcı yapılması (sönmüş kireç torbalı)	m³	0,018	98,76	1,78
04.031	Su	m³	0,01	5,60	0,06
	İşçilik:				
01.013	Duvarcı ustası	Saat	0,68	10,85	7,38
01.501	Düz işçi	Saat	1,36	7,95	10,81
	(İnşaat yerindeki yükleme, yatay, düşey taşıma ve boşaltma)				
Kâr ve genel giderler hariç toplam					32,99
Kâr ve genel giderler % 25					8,25
1 m² kârlı birim fiyatı					41,24

Çizelge EK-2.1. Tuğla Duvar Örülmesi İmalatına Ait Birim Fiyat Analizi ve Yardımcı Analizler (devam)

İş Kalemi/ İş Grubu no:	Analizin Adı: Tuğla Duvar Yapılması Birim Fiyat Analizi	Ölçü Birimi			
10.041/A1(Y)	Kireç harcı yapılması (sönmüş kireç torbalı)	m³			
Kurumu: Çevre ve Şehircilik>Rayiçler					
Poz No	Girdiler	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
	Malzeme:				
04.001/022	Kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış)	m³	1	16,00	16,00
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbalı) (TS EN 197-1 CEM I 42,5 R)	Ton	0,25	176,00	44,00
04.759/1	Sönmüş toz kireci (torbalı) (kalsiyum kireci 70 S-KK90)	Ton	0,076	125,00	9,50
04.031	Su	m³	0,255	5,60	1,43
	İşçilik:				
01.501	Düz işçi	Saat	2,5	7,95	19,88
01.501	Düz işçi	Saat	1	7,95	7,95
	(İşyerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma boşaltma karşılığı)				
Kâr ve genel giderler hariç toplam					98,76

Çizelge EK-2.2. Gazbeton Duvar Örülmesi İmalatına Ait Birim Fiyat Analizi

İş Kalemi/ İş Grubu no:	Analizin Adı:	Ölçü Birimi			
Y.18.110/01C10	20 cm kalınlığındaki techizatsız gazbeton duvar blokları ile duvar yapılması (gazbeton tutkalı ile) (2,50 N/mm² ve 400 kg/m³)	m²			
Kurumu: Çevre ve Şehircilik>İnşaat (Yapı İşleri) Teknik Tarifi: Projesine göre techizatsız gazbeton duvar blokları ile gazbeton tutkalı kullanılarak duvar yapılması için, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayiati, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m² fiyatı: ÖLÇÜ: Projesindeki boyutlar üzerinden hesaplanır. 0,10 m² den küçük boşluklar düşülmez.					
Poz No	Girdiler	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
	Malzeme :				
04.749/01C10	20 cm kalınlıkta techizatsız gazbeton duvar bloğu	m²	1,03	28,60	29,46
04.749/10C	Gazbeton tutkalı	kg	4,4	0,44	1,94
	İşçilik :				
01.013	Duvarcı ustası	Saat	0,73	10,85	7,92
01.501	Düz işçi	Saat	0,73	7,95	5,80
	(İnşaat yerindeki yükleme, yatay, düşey taşıma ve boşaltma)				
Kâr ve genel giderler hariç toplam					45,12
Kâr ve genel giderler % 25					11,28
1 m² kârlı birim fiyatı					56,40

Çizelge EK-2.3. Alçıpan Levha ile Duvar İmalatına Ait Birim Fiyat Analizi ve Yardımcı Analizler

İş Kalemi/ İş Grubu no:	Analizin Adı:	Ölçü Birimi			
18.138/A 1	Alçı duvar levhaları ile tek iskeletli taş yünü levha dolgulu bölme duvar yapılması (Tek profil-60cm aks aralığı) (12,5mm tek kat alçı duvar levhası ile)	m²			
Kurumu: Çevre ve Şehircilik>İnşaat (Yapı İşleri) Teknik Tarifi: İdarece onaylanmış proje ve detaylarına göre; 75 mm’lik Duvar U- profillerinin (DU75) vida ve plastik dübel kullanılarak 60 cm aralıklarla taban ve tavana sabitlenmesi, DU75 ve yan duvarlara tutturulacak 75 mm lik Duvar C- profillerinin (DC75) altına 75 mm’lik ses yalıtım bandının yapıştırılması; DC75 profillerinin kesilmesi, DC75 profillerinin 60 cm aralıklarla DU75 profillerinin arasına geçirilmesi, 5 cm kalınlıkta 50-52 kg/m³ yoğunluğundaki taşıyıcı levhaların yerleştirilmesi ve 12,5 mm lik alçı duvar levhasının DU75 ve DC75 profillerine 25 mm’lik borazan vidalarla sabitlenmesi, gerektiği durumlarda alçı duvar levhasının kesilerek ebatlanması, derz dolgu alçısı ile 3 mm den fazla boşluklara ön dolgu yapılması, vida başlarının derz dolgu alçısıyla kapatılması, derz bandının alçı duvar levhası ek yerlerine yapıştırılması, bant üzerine derz dolgu alçısı uygulanması suretiyle bölme duvarın oluşturulması her türlü malzeme ve zayıatı, işçilik, işyerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma ile müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m² fiyatı : ÖLÇÜ: Projesindeki boyutlar üzerinden m² olarak hesaplanır. NOT: 0,50 m² den küçük boşluklar düşülmez.					
Poz No	Girdiler	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
	Malzeme:				
04.457/B	12,5 mm kalınlığında Alçı Levhalar (TS EN 520 + A1)	m²	2,1	3,00	6,30
04.734/B17C	5 cm kalınlıkta 52 kg/m³ yoğunluğunda yüklenemeyen	m²	1	4,70	4,70
04.457/3M	0,5 mm sacdan mamul DU75 profilli alçı levhalar için Sıcak daldırma galvanizli sac profil (TS 12761)	m	1	1,44	1,44
04.457/3H	0,6 mm sacdan mamul DC75 profilli alçı levhalar için Sıcak daldırma galvanizli sac profil (TS 12761)	m	2,5	2,43	6,08
04.457/4M	Ses yalıtım bandı, 7,5 cm, 3 mm polietilen süngerden mamul	m	1,05	0,15	0,16
04.274/1	Vida ve plastik dübel	Adet	2	0,11	0,22
04.714/P2O	Borozan vida, her ebatla, 1 kutu 1000 Adet	Kt	0,025	15,02	0,38
04.457/4K	Derz bandı, cam elyafından mamul	m	3	0,04	0,12
10.104	Alçı Duvar Levhası Derz Dolgu Alçısı harcı hazırlanması	m³	0,001	293,40	0,29

Çizelge EK-2.3. Alçıpan Levha ile Duvar İmalatına Ait Birim Fiyat Analizi ve Yardımcı Analizler
(devam)

Poz No	Girdiler	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
	İşçilik:				
01.033	Alçı levha ustası	Saat	1,1	10,85	11,94
01.206	Alçı levha ustası yardımcısı	Saat	1,1	8,10	8,91
01.501	Düz işçi	Saat	0,2	7,95	1,59
	(İnşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma dahil)				
Kâr ve genel giderler hariç toplam					42,13
Kâr ve genel giderler % 25					10,53
1 m² kârlı birim fiyatı				52,66	

Çizelge EK-2.3. Alçıpan Levha ile Duvar İmalatına Ait Birim Fiyat Analizi ve Yardımcı Analizler
(devam)

İş Kalemi/ İş Grubu no:	Analizin Adı:	Ölçü Birimi			
10.104	Alçı Duvar Levhası Derz Dolgu Alçısı harcı hazırlanması	m³			
Kurumu: Çevre ve Şehircilik>Rayiçler					
Poz No	Girdiler	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
	Malzeme:				
04.031	Su	m³	0,59	5,60	3,30
04.458/1A	Derz dolgu alçısı (montajda kullanılan)	kg	910	0,27	245,70
	İşçilik:				
01.206	Alçı levha ustası yardımcısı	Saat	4,5	8,10	36,45
01.501	Düz işçi	Saat	1	7,95	7,95
	(İnşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma)				
Kâr ve genel giderler hariç toplam					293,40

EK-3. Yapı Malzemelerinin Tedariki Sürecinde Tedarikçi Şirket Seçimi Uzman Anket Formu

Bu anket çalışması aracılığı ile yapı malzemelerinin tedariki sürecinde tedarikçi şirket seçiminde dikkate alınan kriterler ve etki oranları belirlenecektir. Anket çalışması 2 adet sorudan meydana gelmekte olup 1. soruda, literatürde sıkça kullanılan 10 adet kriter verilerek her bir kriter için önem derecesini 1'den 5'e kadar işaretlemeniz istenecektir. (1: Önemsiz, 5: Çok önemli) 2. Soruda ise, bu kriterler haricinde tedarikçi şirket seçiminde önemli olduğunu düşündüğünüz kriterleri ve önem derecelerini yazmanız istenecektir. Bu anket çalışması sonucunda elde edilecek veriler, Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalında Adem Emre CENGİZ tarafından, Prof. Dr. Alper ÇABUK danışmanlığında ve Yrd. Doç. Dr. Osman AYTEKİN yardımcı danışmanlığında; jüri üyeleri Prof. Dr. İlker ÖZDEMİR'in ve Yrd. Doç. Dr. Hakan KUŞAN'ın katkıları ile yürütülmekte olan doktora tezinde kullanılacaktır.

Değerli zamanınızı ayırdığınız için ve çalışmamıza verdiğiniz destekten ötürü çok teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

* Bu çalışma, uygulama ve montajı yapılan malzeme gruplarını (duvar, cephe, çatı, yer kaplaması vb.) kapsamakta olup diğer malzeme grupları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Adem Emre CENGİZ
İnşaat Mühendisi & Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı

SORU 1: Yapı malzemelerinin tedariki sürecinde tedarikçi şirket seçiminde kullanılan ve aşağıda listelenmiş olan kriterlerin önem derecelerini işaretleyiniz.
(1: En az önemli, 2: Az önemli, 3: Önemli, 4: Çok önemli, 5: En çok önemli)

	KRİTERLER	ÖNEM DERECELERİ				
		1	2	3	4	5
1	FİYAT	☐	☐	☐	☐	☐
2	KALİTE	☐	☐	☐	☐	☐
3	TESLİMAT					
3.1	TEDARİK SÜRESİ	☐	☐	☐	☐	☐
3.2	TESLİMAT HIZI	☐	☐	☐	☐	☐
3.3	TESLİMAT ŞEKLİ	☐	☐	☐	☐	☐
4	ÖDEME PLANI / ŞEKLİ					
4.1	VADELİ - TAKSİTLİ ÖDEME OLANAKLARI	☐	☐	☐	☐	☐
4.2	BARTER - TAKAS USULÜ ÖDEME OLANAKLARI	☐	☐	☐	☐	☐
4.3	GERİ ÖDEME OLANAKLARI	☐	☐	☐	☐	☐
5	COĞRAFİ KONUM (Tedarikçi Şirketin Şantiyeye Mesafesi)	☐	☐	☐	☐	☐
6	TEDARİKÇİ ŞİRKET PROFİLİ					
6.1	İŞ TECRÜBESİ	☐	☐	☐	☐	☐
6.2	FİNANSAL DURUM	☐	☐	☐	☐	☐
6.3	SERTİFİKA VE REFERANSLAR	☐	☐	☐	☐	☐
7	İKİLİ İLİŞKİLER					
7.1	YATIRIMCI – TEDARİKÇİ ÖNCEKİ İLİŞKİLERİ	☐	☐	☐	☐	☐
7.2	AKRABALIK – ARKADAŞLIK İLİŞKİLERİ	☐	☐	☐	☐	☐
8	EKOLOJİK ÖZELLİKLER					
8.1	ÇEVREYE DUYARLILIK	☐	☐	☐	☐	☐
8.2	EKOLOJİK MALZEME OLANAĞI VE ÇEŞİTLİLİĞİ	☐	☐	☐	☐	☐
8.3	ÇEVRE ODAKLI SERTİFİKASYON	☐	☐	☐	☐	☐
9	TEDARİKÇİ TEKNİK KAPASİTESİ					

9.1	ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	☐	☐	☐	☐	☐
9.2	ÜRETİM / DEPOLAMA KAPASİTESİ	☐	☐	☐	☐	☐
9.3	TEKNİK YETERLİLİK	☐	☐	☐	☐	☐
9.4	TEKNOLOJİ	☐	☐	☐	☐	☐
9.5	SATIŞ SONRASI HİZMET	☐	☐	☐	☐	☐
10	MALZEME TEKNİK ÖZELLİKLERİ (Özellikli Malzeme Siparişi Olanakları)	☐	☐	☐	☐	☐

SORU 2: Soru 1’deki kriterler haricinde, tedarikçi şirket seçiminde önemli olduğunu düşündüğünüz kriterleri ve önem derecelerini yazınız.

(1: En az önemli, 2: Az önemli, 3: Önemli, 4: Çok önemli, 5: En çok önemli)

	KRİTERLER	ÖNEM DERECELERİ				
		1	2	3	4	5
1		☐	☐	☐	☐	☐
2		☐	☐	☐	☐	☐
3		☐	☐	☐	☐	☐
4		☐	☐	☐	☐	☐
5		☐	☐	☐	☐	☐
6		☐	☐	☐	☐	☐
7		☐	☐	☐	☐	☐
8		☐	☐	☐	☐	☐
9		☐	☐	☐	☐	☐
10		☐	☐	☐	☐	☐
11		☐	☐	☐	☐	☐
12		☐	☐	☐	☐	☐
13		☐	☐	☐	☐	☐
14		☐	☐	☐	☐	☐
15		☐	☐	☐	☐	☐

EK-4. Uzman Anketi Katılımcı Yanıtları

Çizelge EK-4.1. Uzman Anketi Katılımcı Yanıtları

KATILIMCI NO	KRİTERLER VE PUANLARI																						
	1	2	3			4			5	6			7		8			9					10
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	10
1	5	2	4	4	4	5	5	5	4	2	3	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	5	5
2	5	4	4	4	4	5	5	3	2	4	5	2	5	5	3	2	2	2	2	3	2	2	3
3	5	1	3	3	1	5	5	5	3	3	5	3	3	4	1	2	1	4	4	3	3	3	3
4	3	4	2	2	4	4	2	5	4	4	3	3	4	2	4	3	4	5	5	5	5	5	5
5	3	4	5	4	4	3	3	5	5	5	4	4	3	3	4	4	4	5	4	4	5	5	5
6	5	3	4	4	4	1	1	4	4	3	4	3	3	1	3	3	3	5	4	5	5	5	4
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5
8	5	3	4	5	3	5	1	5	3	5	3	3	4	1	3	3	2	4	3	2	2	4	4
9	5	3	4	5	3	5	1	5	3	5	3	3	4	1	3	3	2	4	3	2	2	4	4
10	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	3	1	1	5	5	5	5	5	5	3	5	5
11	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	3	1	1	5	5	5	5	5	5	3	5	5
12	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	3	1	1	5	5	5	5	5	5	3	5	5
13	5	3	3	4	4	5	5	3	5	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3
14	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5
15	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	3	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5
16	5	3	3	4	4	5	5	5	3	2	4	2	4	4	2	2	2	5	4	3	2	4	3
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5	3	5	5	5	5
18	5	2	3	3	3	5	5	5	3	3	3	2	2	3	2	2	1	4	3	4	3	5	3
19	5	1	5	5	5	3	5	5	2	1	1	1	2	4	1	1	1	4	4	3	2	4	3
20	5	4	4	4	2	4	5	4	3	4	5	3	4	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
21	5	5	4	4	4	4	3	3	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5

Çizelge EK-4.1. Uzman Anketi Katılımcı Yanıtları (devam)

KRİTERLER VE PUANLARI (DEVAM)																							
KATILIMCI NO	1	2	3			4			5	6			7		8			9					10
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	10
22	4	4	4	4	3	4	2	4	3	4	3	3	5	4	1	1	1	4	4	3	3	4	4
23	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4	3	4	3	4	5	4	5	4	5	5
24	5	5	4	4	4	4	3	3	2	4	4	3	5	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4
25	5	3	5	4	5	5	5	5	1	1	1	1	3	1	1	1	1	5	5	3	3	4	2
26	4	5	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5	1	4	4	4	5	5	5	5	5	5
27	5	4	4	3	2	5	1	3	4	4	3	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	5	3
28	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5
29	4	5	5	5	5	4	3	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	5	4
30	4	4	5	5	4	4	3	3	2	4	4	4	3	2	3	3	3	5	4	5	5	5	5
31	5	4	3	3	2	5	5	5	2	2	3	3	2	1	2	1	1	4	1	2	2	4	4
32	5	5	4	4	5	3	2	5	4	4	4	5	5	3	4	4	5	4	3	5	3	5	5
33	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
34	4	5	5	5	3	3	3	2	4	5	4	4	5	2	5	5	5	3	2	5	5	4	5
35	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	4	3	5	2	3	4	3	4	3	4	4	5	5
36	4	5	5	5	3	3	3	3	4	5	5	5	5	3	4	4	4	3	5	5	5	5	5
37	4	4	5	4	5	5	3	3	4	5	4	4	4	3	2	2	3	5	4	3	3	5	5
38	5	5	5	5	3	4	1	4	3	5	5	5	3	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
39	4	4	5	5	5	5	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	2	3	4	5	4
40	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
41	5	5	5	5	5	4	3	5	4	5	5	5	5	2	5	4	4	4	3	5	5	5	5
42	5	4	4	4	3	5	5	5	5	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5

Çizelge EK-4.1. Uzman Anketi Katılımcı Yanıtları (devam)

KRİTERLER VE PUANLARI (DEVAM)																							
KATILIMCI NO	1	2	3			4			5	6			7		8			9					10
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	10
43	3	5	5	5	5	3	3	3	1	5	5	5	3	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
44	4	4	5	4	5	4	2	4	3	4	4	4	5	3	4	4	4	4	4	3	4	5	5
45	4	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	2	2	4	4	4	3	4	4
46	5	4	4	4	3	5	5	5	3	3	3	2	5	4	1	1	1	2	2	3	3	5	3
47	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
48	5	5	5	4	4	5	2	4	4	5	5	5	4	2	4	3	4	5	5	5	5	5	5
49	5	3	5	3	1	5	5	3	1	2	3	3	5	5	2	2	2	1	2	2	3	3	4
50	4	5	4	4	5	4	1	3	4	5	4	5	5	1	4	4	4	4	3	5	4	5	4
51	5	5	5	4	4	4	4	4	3	4	4	5	4	3	5	5	5	4	4	5	5	5	5
52	5	3	3	3	3	4	5	2	3	2	4	3	3	4	3	1	2	4	4	3	3	4	4
53	3	5	5	4	4	3	1	1	2	3	3	2	1	1	3	2	2	4	4	5	5	5	3
54	5	4	5	4	4	5	2	2	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5
55	5	4	4	4	3	5	4	4	2	3	2	3	4	4	2	2	2	4	3	4	4	3	4
56	4	4	4	5	5	2	1	3	5	3	3	4	5	4	2	2	1	4	4	4	4	4	4
57	3	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3
58	4	4	5	4	4	5	3	4	5	5	4	4	3	2	4	4	4	4	4	5	4	4	5
59	4	5	5	4	4	3	2	4	4	4	4	5	5	2	5	5	5	4	3	4	4	5	4
60	3	4	5	3	4	5	3	3	4	5	4	4	4	3	5	4	5	3	3	4	4	4	4
61	4	3	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4	1	2	3	3	2	3	2	2	3	4
62	4	5	5	4	4	5	3	3	2	4	5	4	3	2	2	3	3	4	5	5	4	4	4
63	5	5	5	5	4	4	3	3	2	4	4	4	3	2	4	4	4	3	3	3	3	5	5

Çizelge EK-4.1. Uzman Anketi Katılımcı Yanıtları (devam)

KRİTERLER VE PUANLARI (DEVAM)																							
KATILIMCI NO	1	2	3			4			5	6			7		8			9					10
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	10
64	4	5	3	3	3	4	2	3	3	4	4	5	3	3	4	4	5	4	4	4	4	5	5
65	5	4	4	4	2	4	3	2	3	3	3	4	4	2	2	2	2	4	3	4	2	4	3
66	4	5	5	5	4	5	3	3	3	4	2	4	5	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
67	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5
68	5	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	4	3	1	5	4	4	4	4	5	4	4	4
69	4	5	5	5	5	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4
70	4	5	5	5	5	4	3	3	4	5	4	5	5	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5
71	5	5	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
72	5	5	5	5	4	4	3	4	5	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
73	4	4	4	4	3	3	1	1	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4
74	5	4	3	3	3	5	1	5	5	4	2	1	5	5	1	1	1	2	2	1	1	5	5
75	4	5	5	5	1	1	1	1	1	3	3	4	3	1	1	1	2	3	5	4	3	5	4
76	5	4	5	4	4	4	4	4	3	5	5	5	5	3	1	4	1	4	2	4	4	4	5
77	4	5	4	2	1	2	1	2	1	2	1	4	1	1	4	3	4	5	1	5	5	5	5
78	3	5	4	3	4	5	2	3	4	4	4	4	3	4	5	5	5	4	4	4	4	3	2
79	3	5	5	3	3	1	1	1	5	5	5	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5	5	5
80	4	5	4	4	3	5	2	4	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	3	4	4	3	3

EK-5. SPSS Yazılımında Anket Yanıtlarının İstatistiksel Analizleri

Çizelge EK-5.1. *Tedarikçi seçimi kriterleri frekans sonuçları*

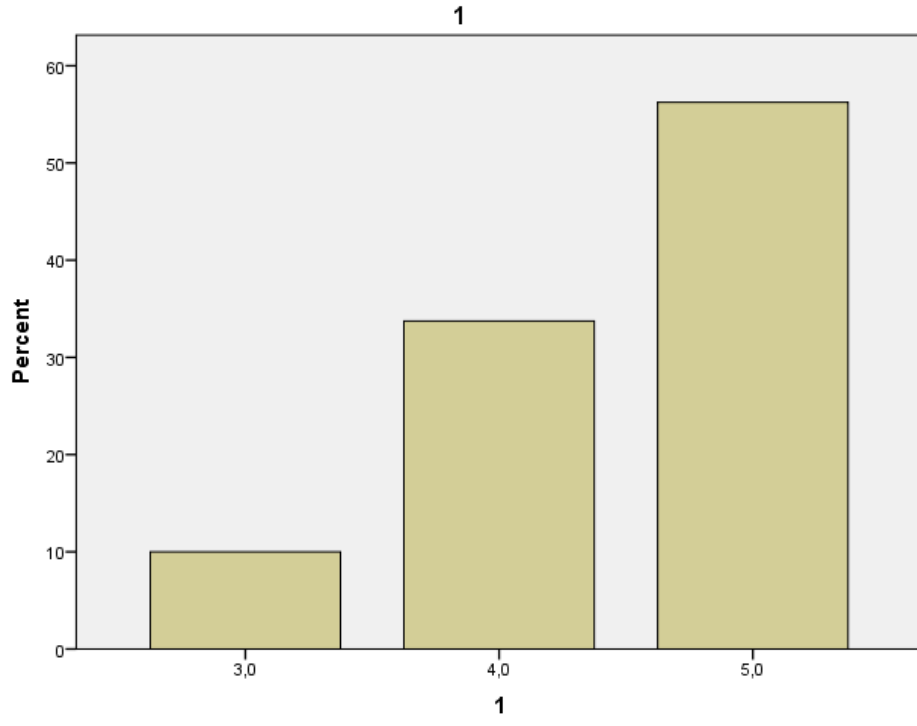
Frequency Table					
1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3,0	8	10,0	10,0	10,0
	4,0	27	33,8	33,8	43,8
	5,0	45	56,3	56,3	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	2	2,5	2,5	2,5
	2,0	2	2,5	2,5	5,0
	3,0	9	11,3	11,3	16,3
	4,0	25	31,3	31,3	47,5
	5,0	42	52,5	52,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
3.1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2,0	1	1,3	1,3	1,3
	3,0	8	10,0	10,0	11,3
	4,0	29	36,3	36,3	47,5
	5,0	42	52,5	52,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
3.2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2,0	2	2,5	2,5	2,5
	3,0	12	15,0	15,0	17,5
	4,0	35	43,8	43,8	61,3
	5,0	31	38,8	38,8	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
3.3		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	4	5,0	5,0	5,0
	2,0	4	5,0	5,0	10,0
	3,0	19	23,8	23,8	33,8
	4,0	30	37,5	37,5	71,3
	5,0	23	28,7	28,7	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
4.1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	3	3,8	3,8	3,8
	2,0	2	2,5	2,5	6,3
	3,0	9	11,3	11,3	17,5
	4,0	26	32,5	32,5	50,0
	5,0	40	50,0	50,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
4.2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	16	20,0	20,0	20,0
	2,0	10	12,5	12,5	32,5
	3,0	21	26,3	26,3	58,8
	4,0	12	15,0	15,0	73,8
	5,0	21	26,3	26,3	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
4.3		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	4	5,0	5,0	5,0
	2,0	5	6,3	6,3	11,3
	3,0	21	26,3	26,3	37,5

Çizelge EK-5.1. Tedarikçi seçimi kriterleri frekans sonuçları (devam)

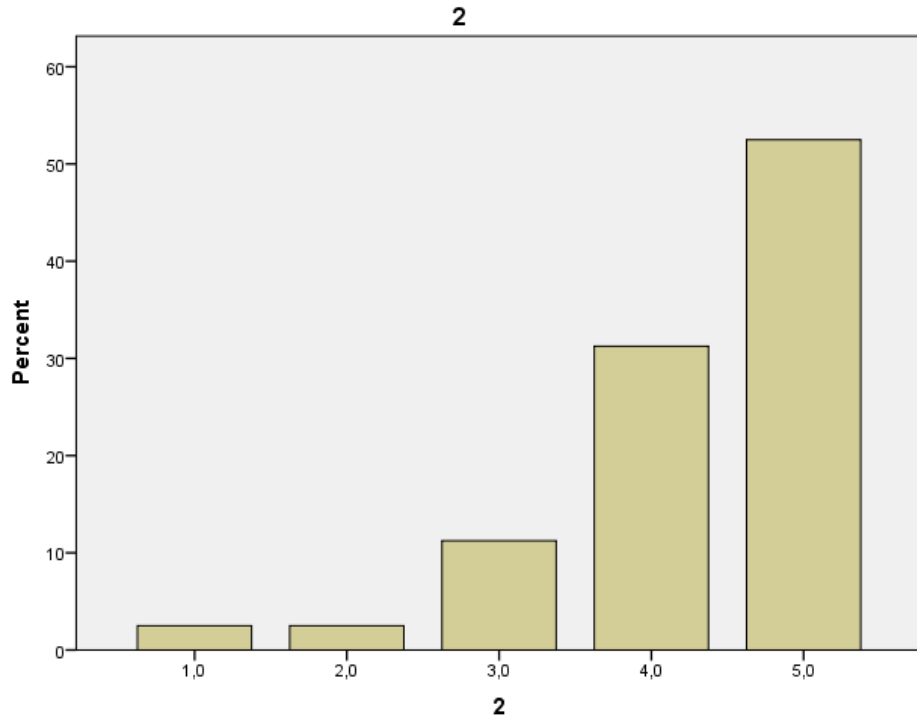
	4,0	24	30,0	30,0	67,5
	5,0	26	32,5	32,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
5		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	8	10,0	10,0	10,0
	2,0	9	11,3	11,3	21,3
	3,0	22	27,5	27,5	48,8
	4,0	27	33,8	33,8	82,5
	5,0	14	17,5	17,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
6.1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	2	2,5	2,5	2,5
	2,0	6	7,5	7,5	10,0
	3,0	13	16,3	16,3	26,3
	4,0	27	33,8	33,8	60,0
	5,0	32	40,0	40,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
6.2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	3	3,8	3,8	3,8
	2,0	3	3,8	3,8	7,5
	3,0	17	21,3	21,3	28,7
	4,0	32	40,0	40,0	68,8
	5,0	25	31,3	31,3	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
6.3		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	3	3,8	3,8	3,8
	2,0	6	7,5	7,5	11,3
	3,0	21	26,3	26,3	37,5
	4,0	27	33,8	33,8	71,3
	5,0	23	28,7	28,7	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
7.1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	7	8,8	8,8	8,8
	2,0	4	5,0	5,0	13,8
	3,0	22	27,5	27,5	41,3
	4,0	22	27,5	27,5	68,8
	5,0	25	31,3	31,3	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
7.2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	20	25,0	25,0	25,0
	2,0	13	16,3	16,3	41,3
	3,0	24	30,0	30,0	71,3
	4,0	19	23,8	23,8	95,0
	5,0	4	5,0	5,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
8.1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	10	12,5	12,5	12,5
	2,0	11	13,8	13,8	26,3
	3,0	16	20,0	20,0	46,3
	4,0	27	33,8	33,8	80,0
	5,0	16	20,0	20,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
8.2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	10	12,5	12,5	12,5
	2,0	12	15,0	15,0	27,5

Çizelge EK-5.1. Tedarikçi seçimi kriterleri frekans sonuçları (devam)

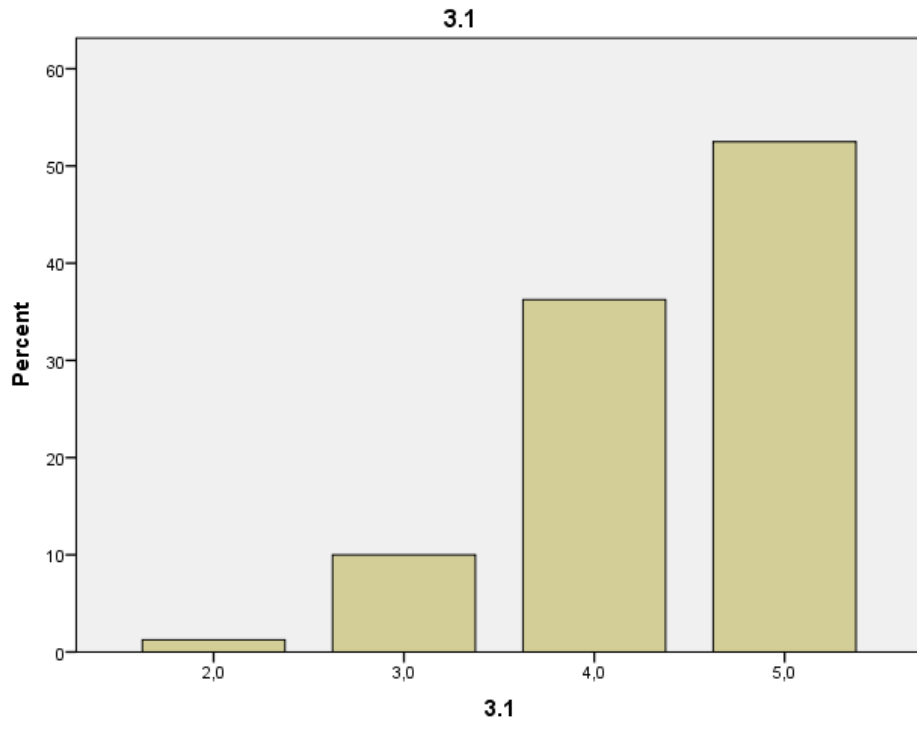
	3,0	18	22,5	22,5	50,0
	4,0	27	33,8	33,8	83,8
	5,0	13	16,3	16,3	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
8.3		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	12	15,0	15,0	15,0
	2,0	12	15,0	15,0	30,0
	3,0	16	20,0	20,0	50,0
	4,0	21	26,3	26,3	76,3
	5,0	19	23,8	23,8	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
9.1		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	1	1,3	1,3	1,3
	2,0	4	5,0	5,0	6,3
	3,0	10	12,5	12,5	18,8
	4,0	39	48,8	48,8	67,5
	5,0	26	32,5	32,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
9.2		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1,0	3	3,8	3,8	3,8
	2,0	7	8,8	8,8	12,5
	3,0	22	27,5	27,5	40,0
	4,0	30	37,5	37,5	77,5
	5,0	18	22,5	22,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
9.3		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1,0	1	1,3	1,3	1,3
	2,0	5	6,3	6,3	7,5
Valid	3,0	15	18,8	18,8	26,3
	4,0	23	28,7	28,7	55,0
	5,0	36	45,0	45,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
9.4		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1,0	1	1,3	1,3	1,3
	2,0	8	10,0	10,0	11,3
Valid	3,0	19	23,8	23,8	35,0
	4,0	26	32,5	32,5	67,5
	5,0	26	32,5	32,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
9.5		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	2,0	1	1,3	1,3	1,3
	3,0	7	8,8	8,8	10,0
Valid	4,0	24	30,0	30,0	40,0
	5,0	48	60,0	60,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	
10		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	2,0	2	2,5	2,5	2,5
	3,0	12	15,0	15,0	17,5
Valid	4,0	24	30,0	30,0	47,5
	5,0	42	52,5	52,5	100,0
	Total	80	100,0	100,0	



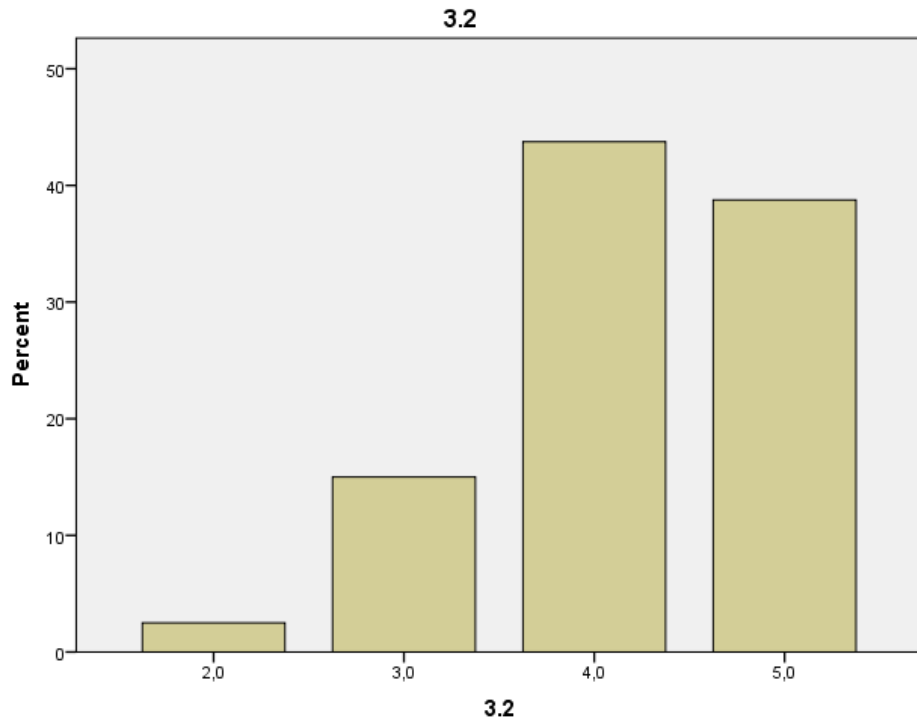
Şekil EK-5.1. 1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



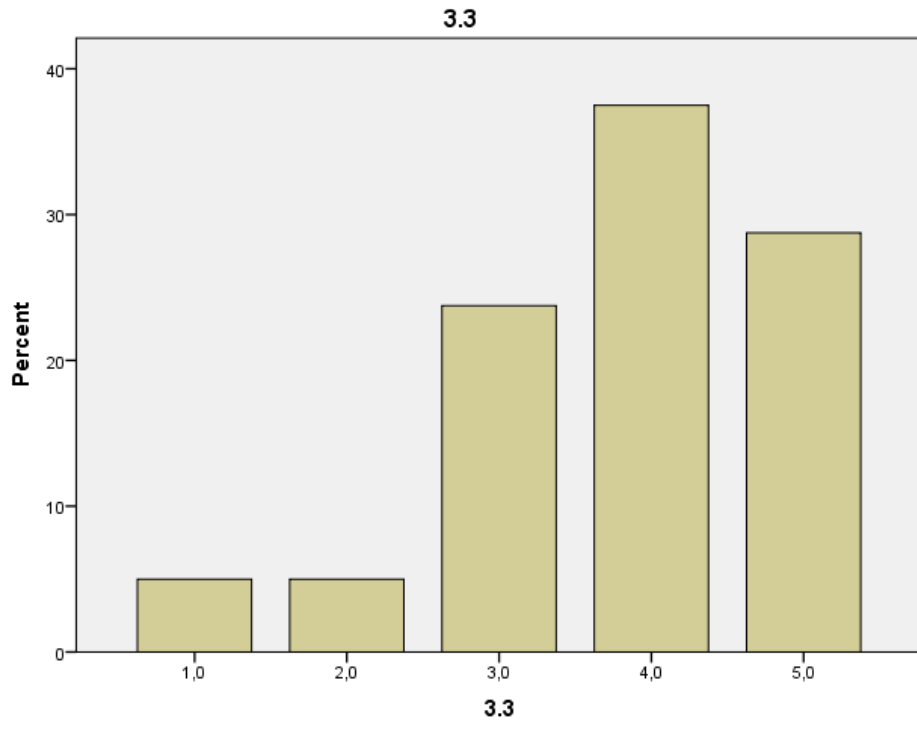
Şekil EK-5.2. 2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



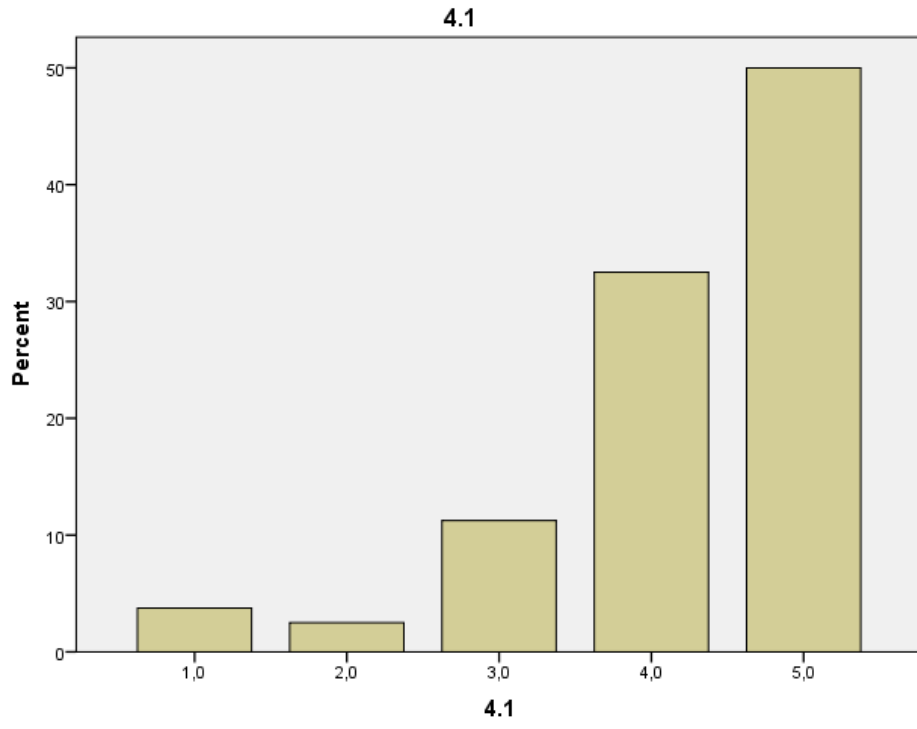
Şekil EK-5.3. 3.1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



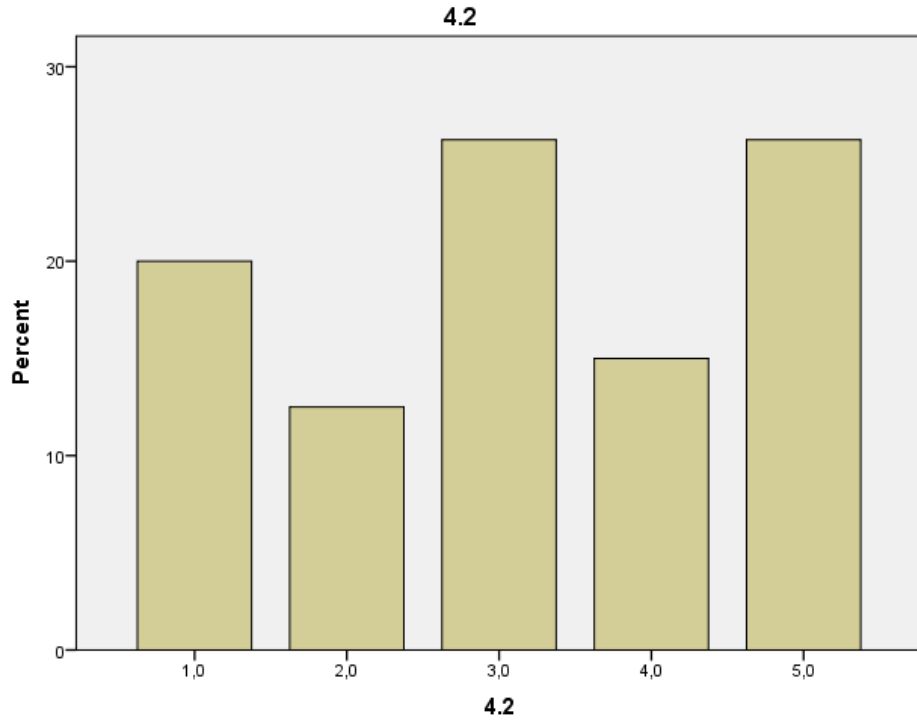
Şekil EK-5.4. 3.2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



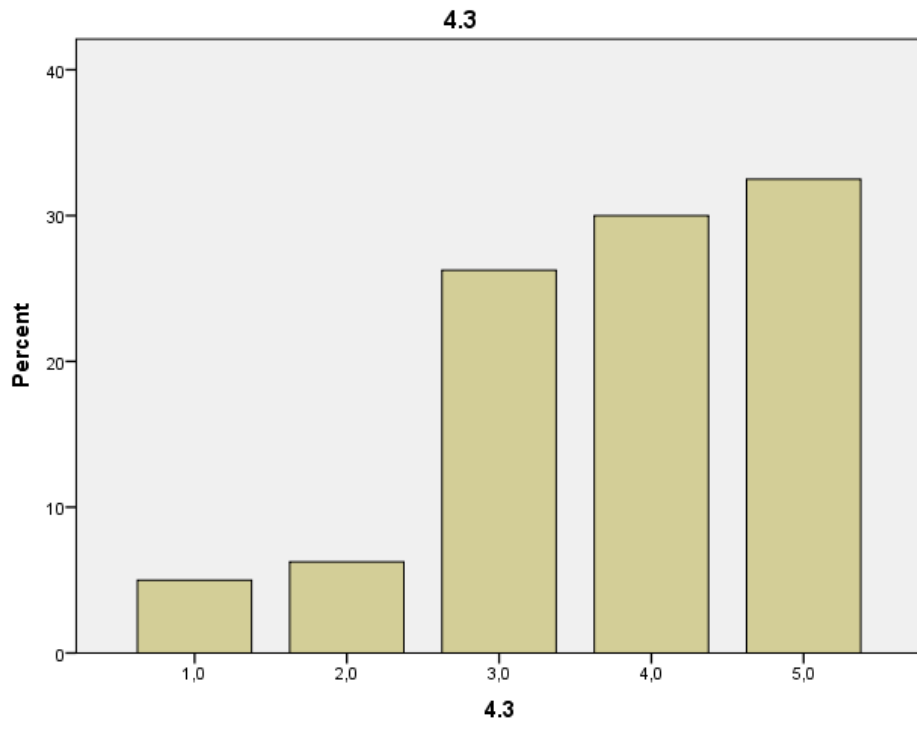
Şekil EK-5.5. 3.3 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



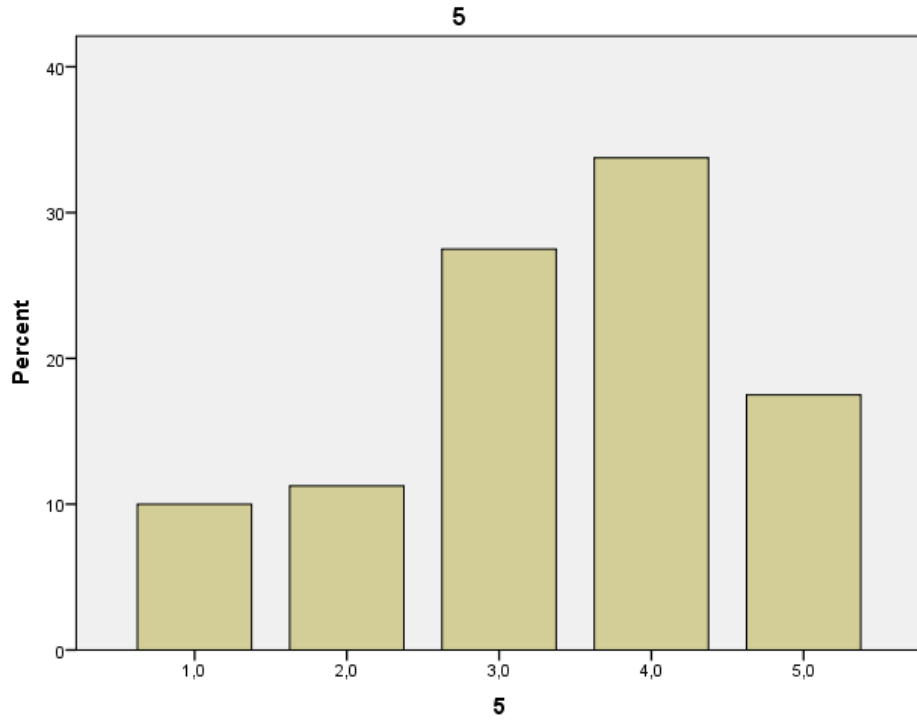
Şekil EK-5.6. 4.1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



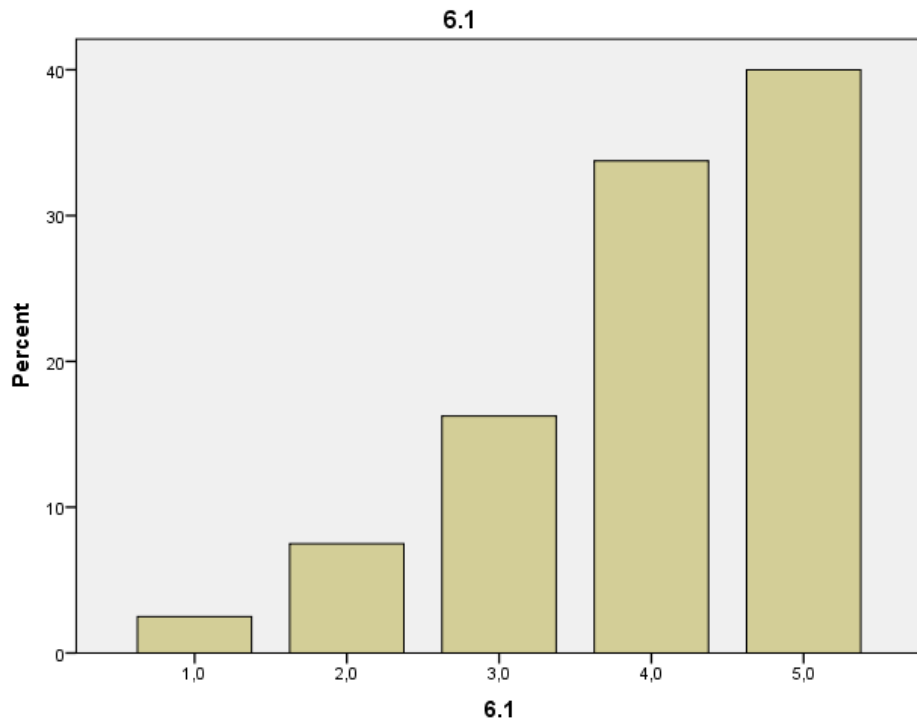
Şekil EK-5.7. 4.2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



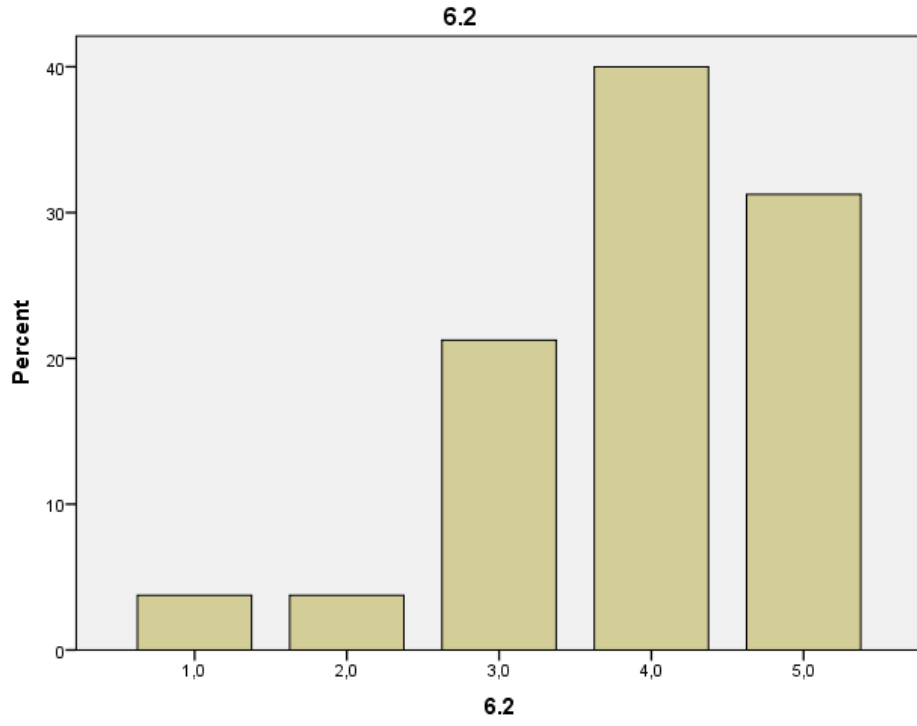
Şekil EK-5.8. 4.3 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



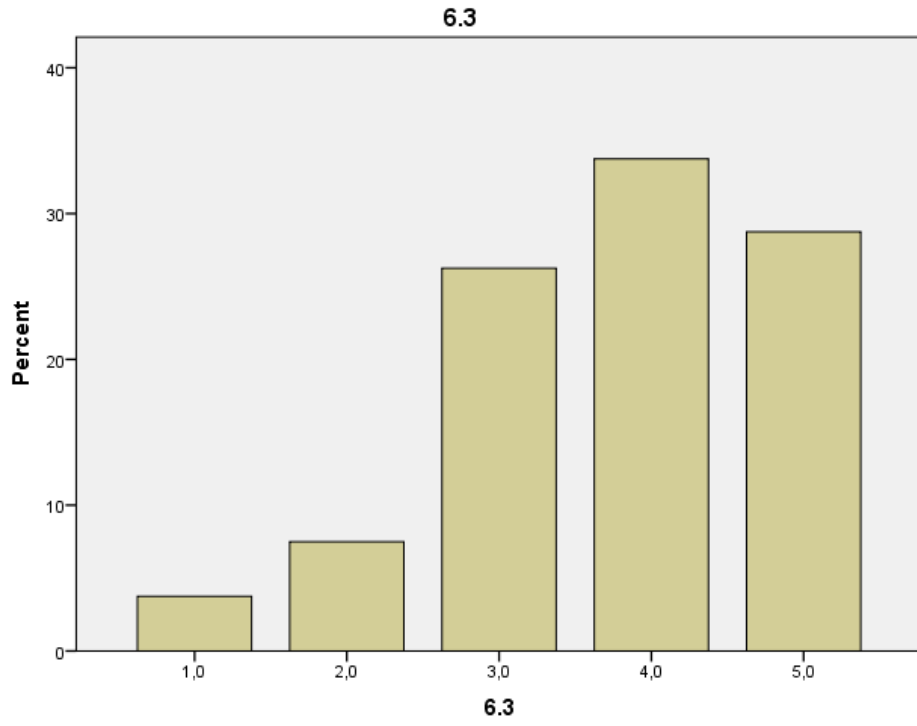
Şekil EK-5.9. 5 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



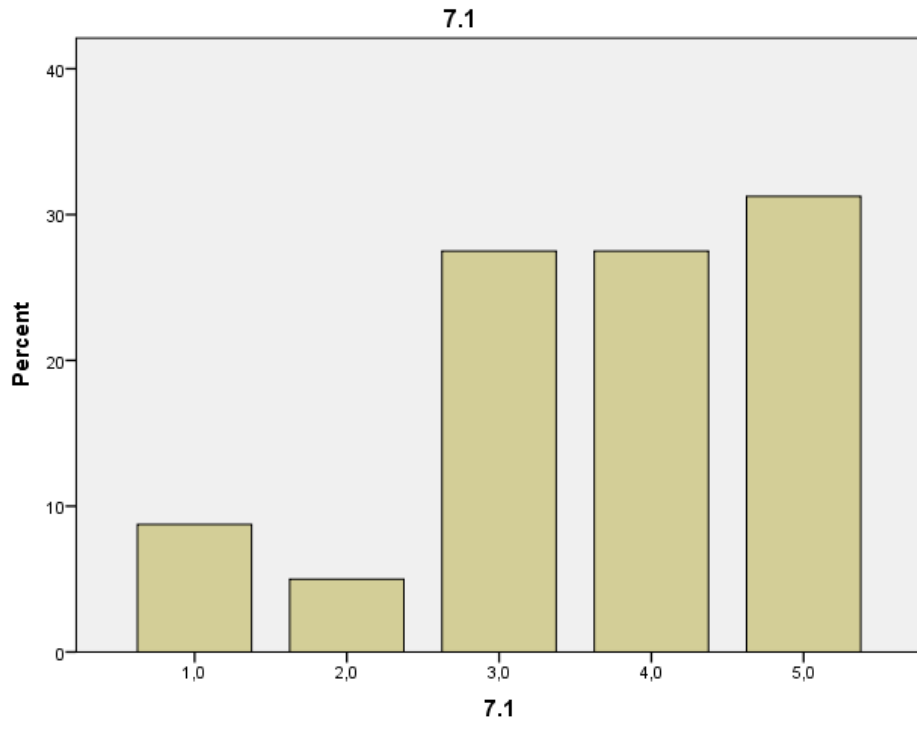
Şekil EK-5.10. 6.1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



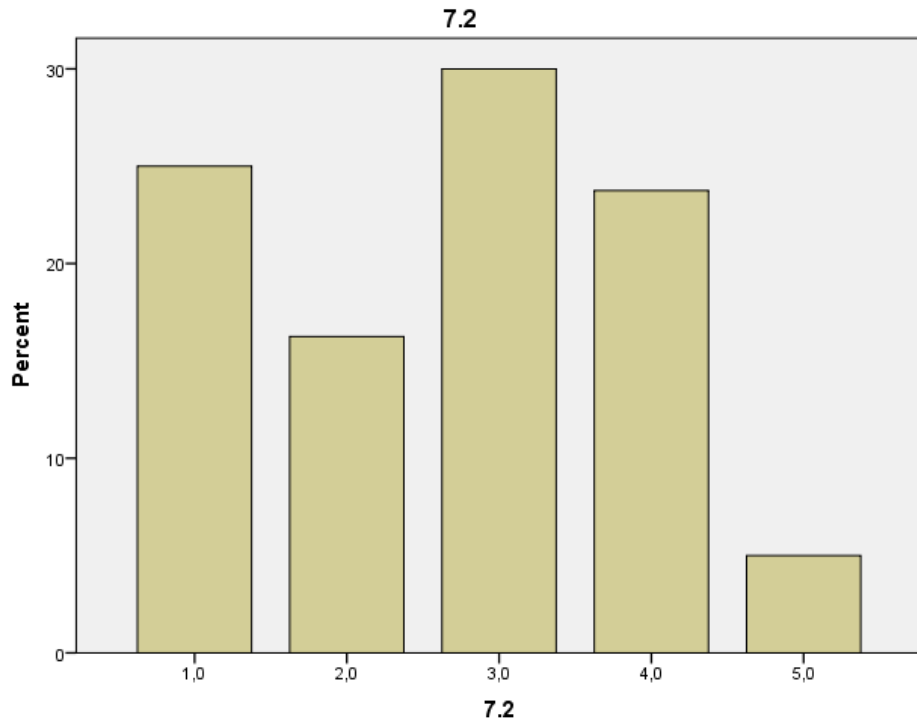
Şekil EK-5.11. 6.2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



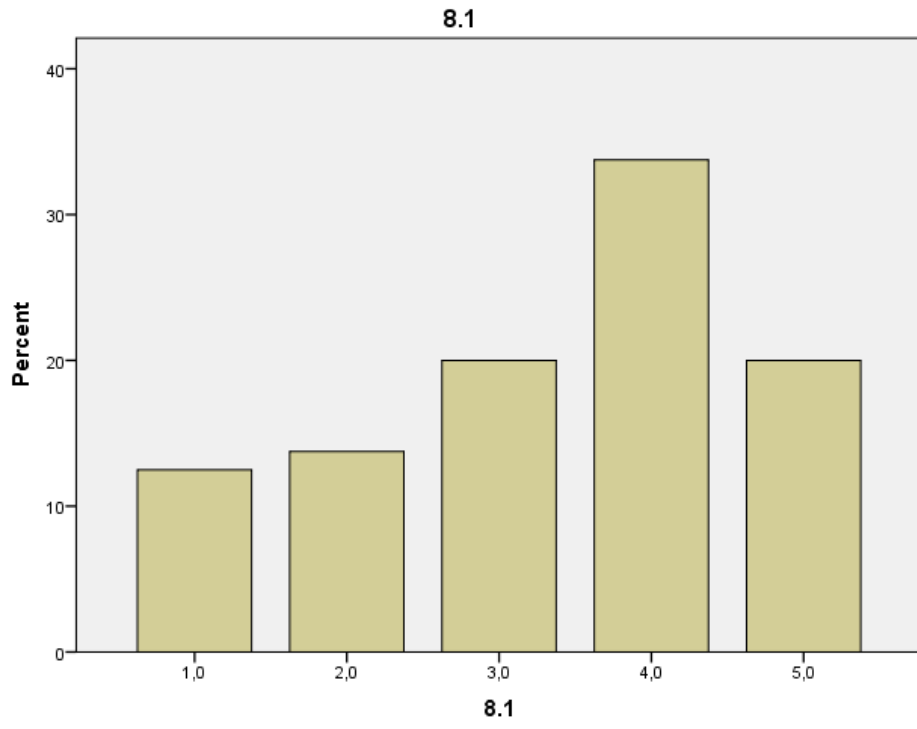
Şekil EK-5.12. 6.3 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



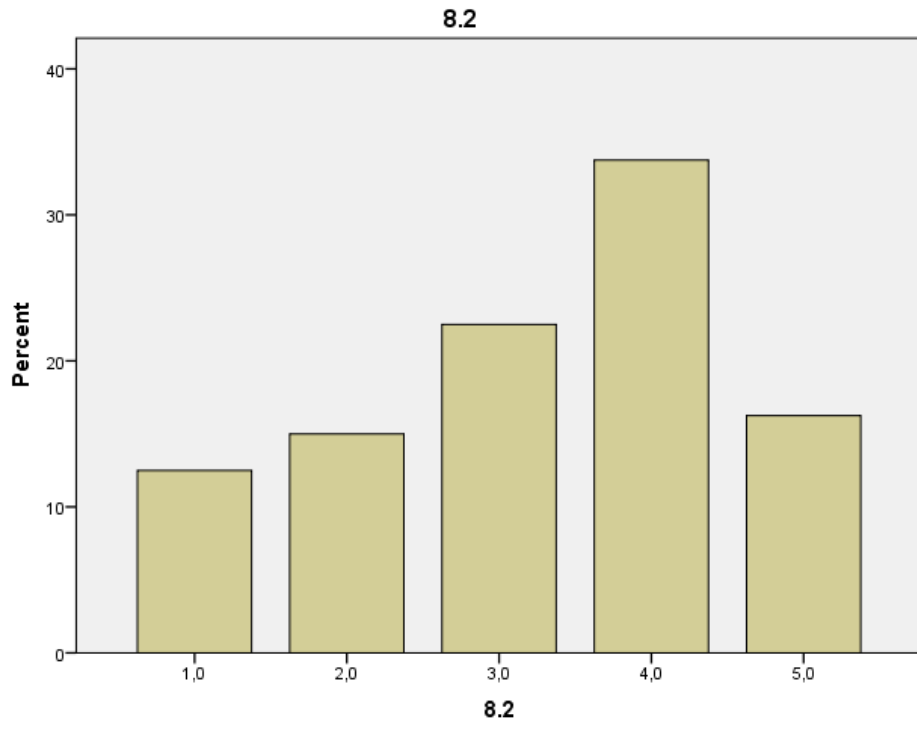
Şekil EK-5.13. 7.1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



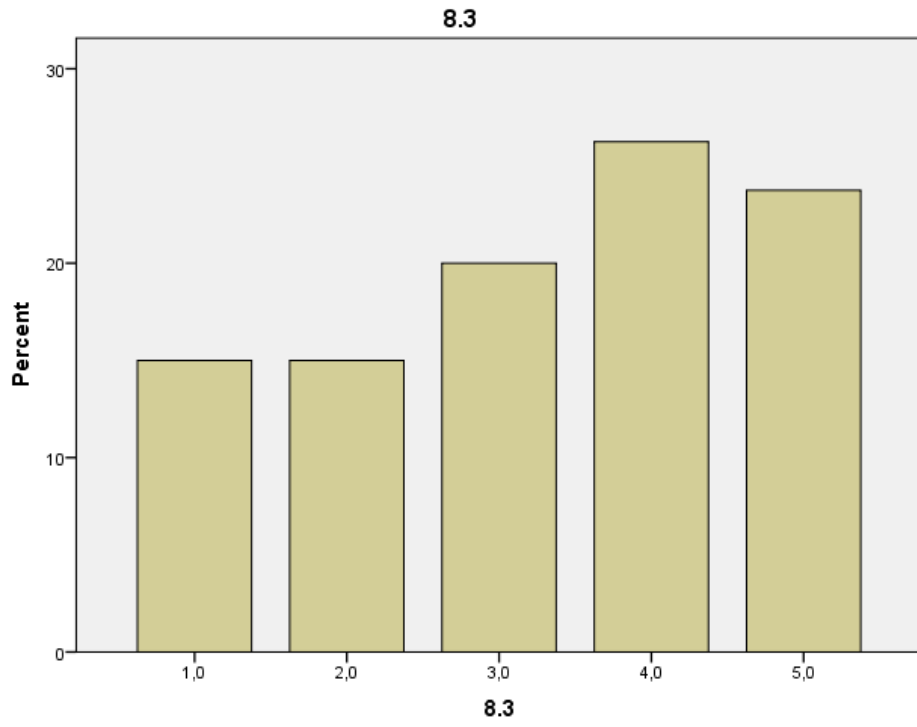
Şekil EK-5.14. 7.2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



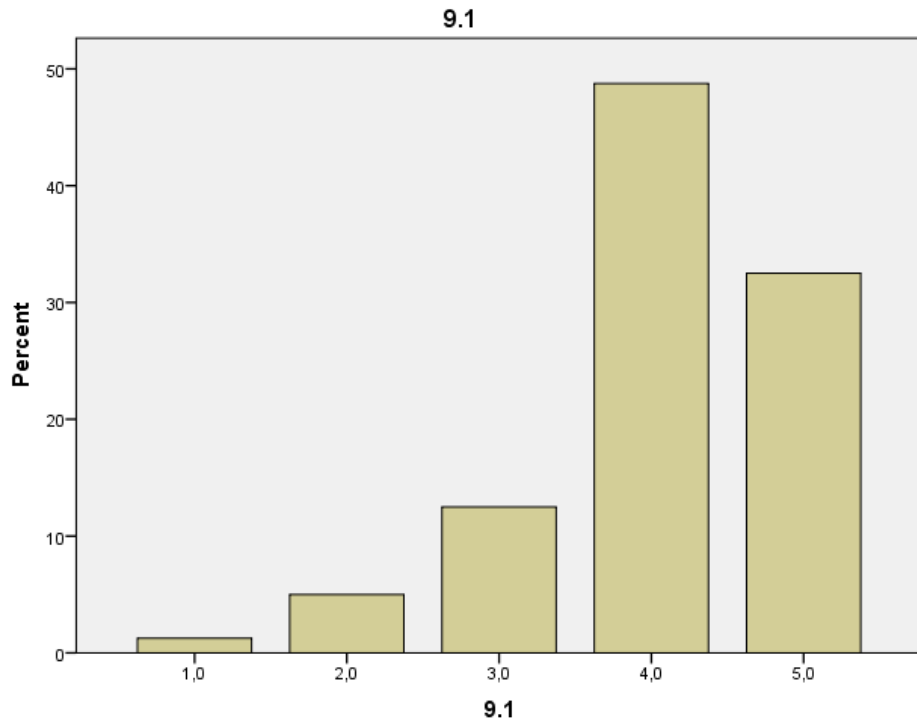
Şekil EK-5.15. 8.1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



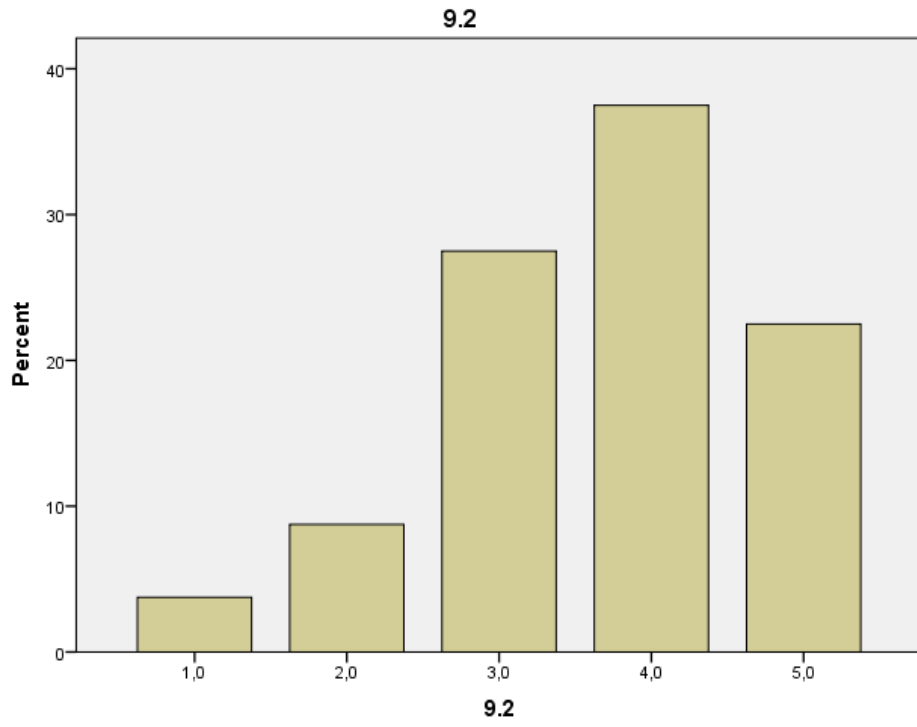
Şekil EK-5.16. 8.2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



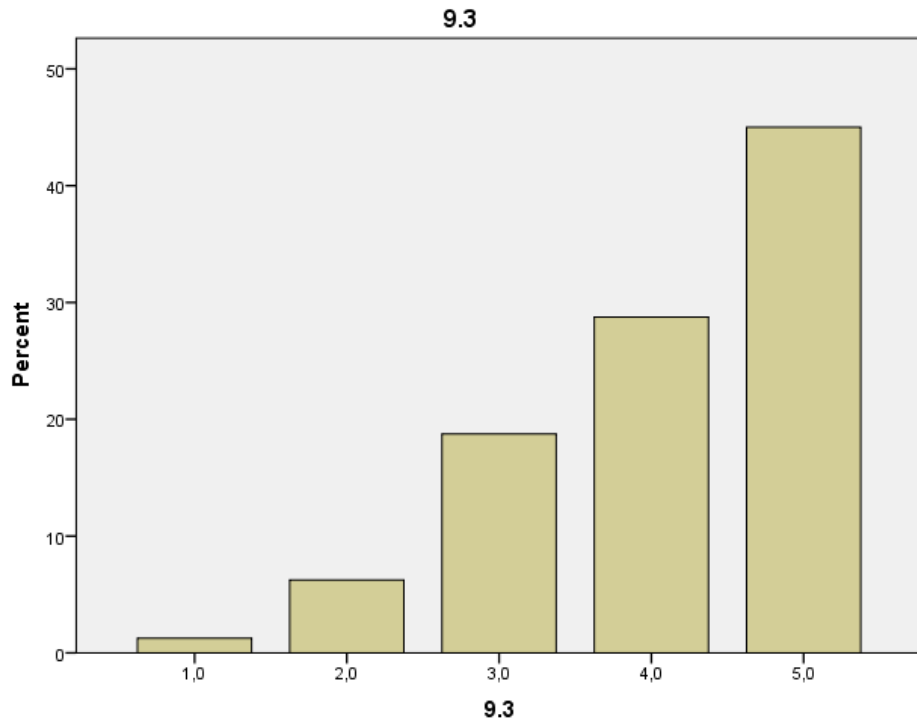
Şekil EK-5.17. 8.3 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



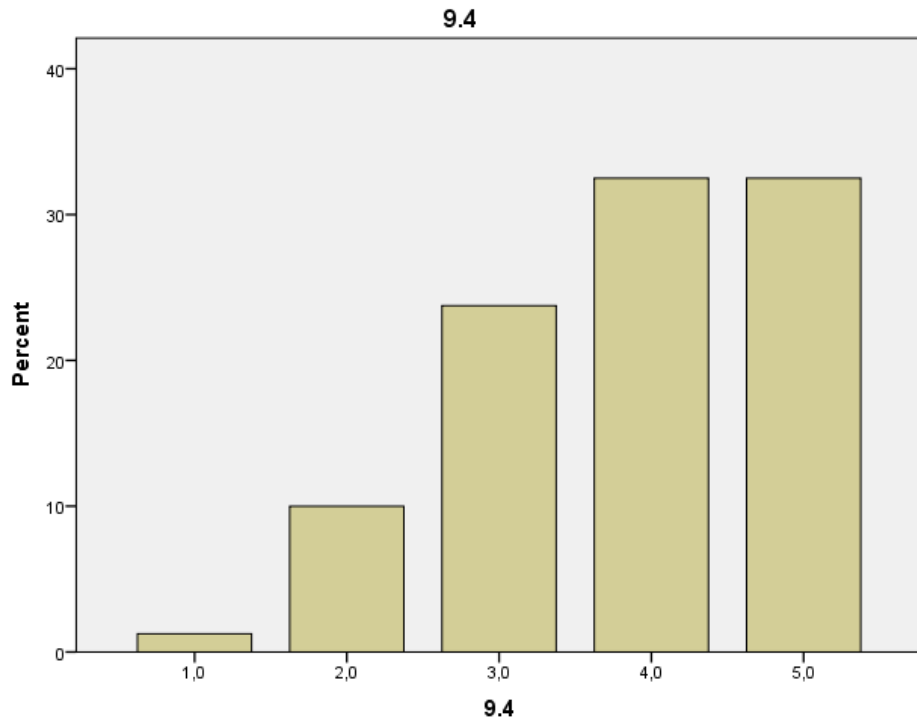
Şekil EK-5.18. 9.1 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



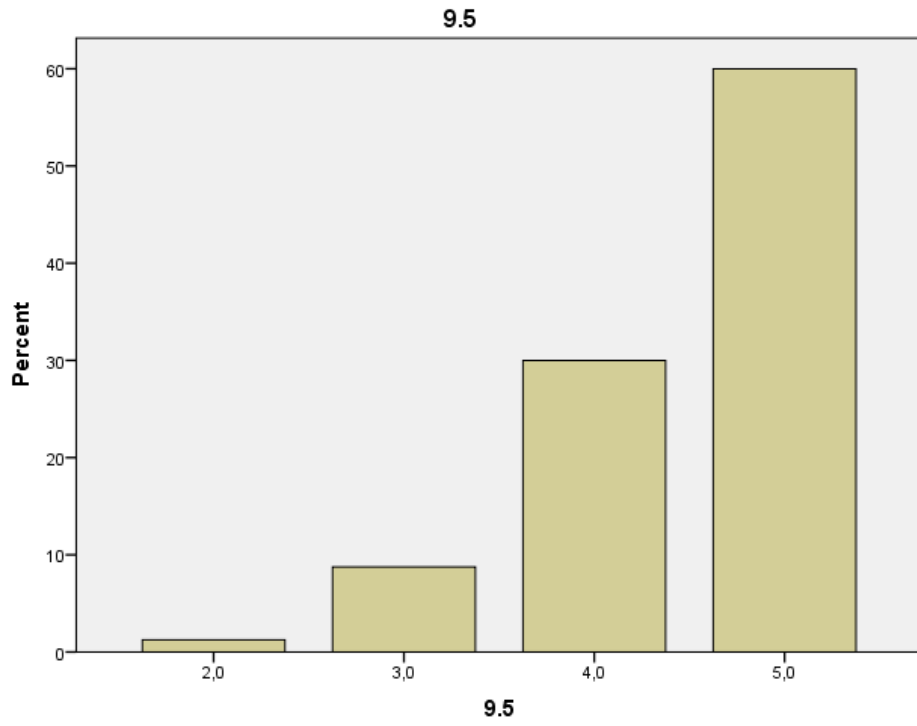
Şekil EK-5.19. 9.2 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



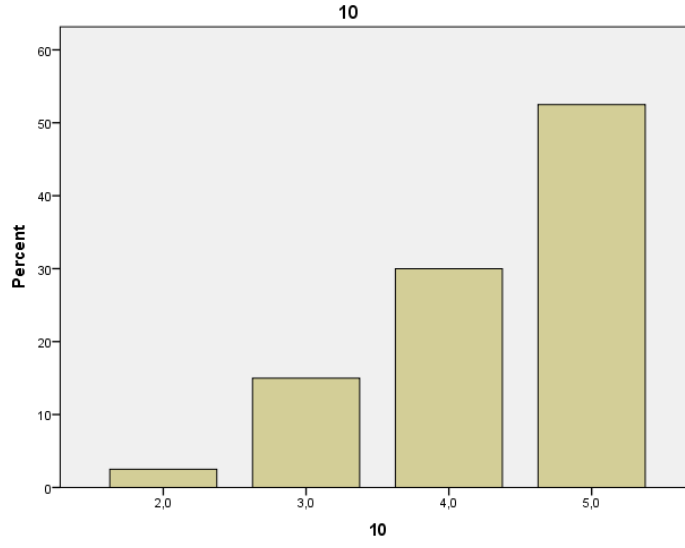
Şekil EK-5.20. 9.3 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



Şekil EK-5.21. 9.4 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



Şekil EK-5.22. 9.5 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı



Şekil EK-5.23. 10 nolu kritere ait frekans çubuk diyagramı

Çizelge EK-5.2. Standart sapma ve ortalama hesaplamaları

	N	Mean	Std. Deviation
1	80	4,462	,6740
2	80	4,288	,9439
3.1	80	4,400	,7222
3.2	80	4,187	,7810
3.3	80	3,800	1,0721
4.1	80	4,225	1,0060
4.2	80	3,150	1,4591
4.3	80	3,787	1,1216
5	80	3,375	1,1947
6.1	80	4,013	1,0493
6.2	80	3,913	1,0087
6.3	80	3,763	1,0702
7.1	80	3,675	1,2198
7.2	80	2,675	1,2302
8.1	80	3,350	1,2936
8.2	80	3,263	1,2603
8.3	80	3,288	1,3797
9.1	80	4,062	,8765
9.2	80	3,662	1,0427
9.3	80	4,100	1,0013
9.4	80	3,850	1,0324
9.5	80	4,488	,7115
10	80	4,325	,8233
Valid N (listwise)	80		

Çizelge EK-5.3. Anket cevapları güvenilirlik analizi

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha		
Based on		
Cronbach's Alpha	Standardized Items	N of Items
,849	,854	23

Çizelge EK-5.4. Anket cevapları işlem özeti

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	80	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	80	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Çizelge EK-5.5. Anket cevapları ortalama ve standart sapma sonuçları

	Mean	Std. Deviation	N
1	4,463	,6740	80
2	4,288	,9439	80
3.1	4,400	,7222	80
3.2	4,188	,7810	80
3.3	3,800	1,0721	80
4.1	4,225	1,0060	80
4.2	3,150	1,4591	80
4.3	3,788	1,1216	80
5	3,375	1,1947	80
6.1	4,013	1,0493	80
6.2	3,913	1,0087	80
6.3	3,763	1,0702	80
7.1	3,675	1,2198	80
7.2	2,675	1,2302	80
8.1	3,350	1,2936	80
8.2	3,263	1,2603	80
8.3	3,288	1,3797	80
9.1	4,063	,8765	80
9.2	3,663	1,0427	80
9.3	4,100	1,0013	80
9.4	3,850	1,0324	80
9.5	4,488	,7115	80
10	4,325	,8233	80

Çizelge EK-5.6. *Anket cevapları nihai sonuçları*

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
1	83,637	139,424	-,095	,856
2	83,813	126,585	,513	,840
3.1	83,700	131,757	,367	,845
3.2	83,913	129,372	,472	,842
3.3	84,300	124,795	,519	,839
4.1	83,875	135,934	,061	,855
4.2	84,950	134,706	,045	,862
4.3	84,313	132,395	,183	,852
5	84,725	128,455	,313	,847
6.1	84,087	121,448	,684	,833
6.2	84,188	123,091	,637	,835
6.3	84,337	121,340	,674	,833
7.1	84,425	129,159	,279	,849
7.2	85,425	137,058	-,007	,861
8.1	84,750	119,304	,615	,834
8.2	84,837	118,239	,676	,831
8.3	84,813	116,230	,680	,831
9.1	84,038	129,176	,423	,843
9.2	84,438	128,426	,375	,844
9.3	84,000	123,215	,637	,835
9.4	84,250	123,152	,618	,836
9.5	83,613	131,658	,380	,845
10	83,775	126,835	,585	,839

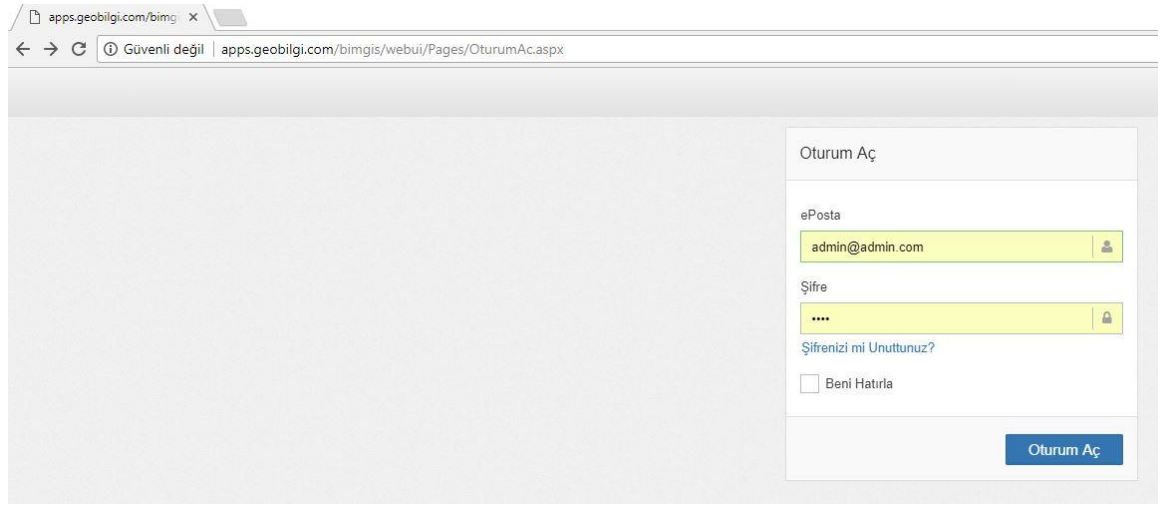
Çizelge EK-5.7. *Anket cevapları kapsam istatistikleri*

Scale Statistics			
Mean	Variance	Std. Deviation	N of Items
88,100	138,370	11,7631	23

Ek-6. ECO-SUPPLY Yazılımı Kullanıcı El Kitabı (User Manual)

Oturum Açma

ECO-SUPPLY yazılımına, çeşitli internet tarayıcıları üzerinden, <http://apps.geobilgi.com/bimgis/webui/Pages/OturumAc.aspx> web adresinden ulaşılabilmektedir. *Oturum Aç* bölümünde kullanıcıdan e-posta adresi ve şifre bilgilerini doldurması istenmektedir. Eğer ilk defa giriş sağlıyorsanız, Sistem Yöneticisi tarafından e-posta adresinizin ve şifrenizin sisteme tanıtılmış olması gerekmektedir.



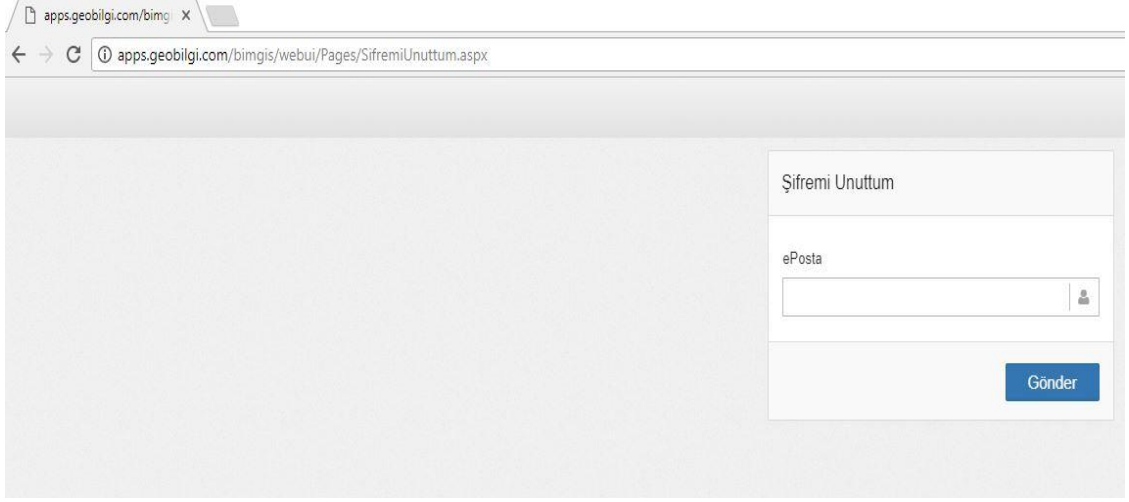
The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'apps.geobilgi.com/bimgis/webui/Pages/OturumAc.aspx'. The page content is a login form titled 'Oturum Aç'. It contains two input fields: 'ePosta' with the value 'admin@admin.com' and 'Şifre' with masked characters '****'. Below the password field is a link 'Şifrenizi mi Unuttunuz?'. There is a checkbox labeled 'Beni Hatırla' which is currently unchecked. At the bottom right of the form is a blue button labeled 'Oturum Aç'.

Şekil EK-6.1. ECO-SUPPLY Oturum Açma Arayüzü

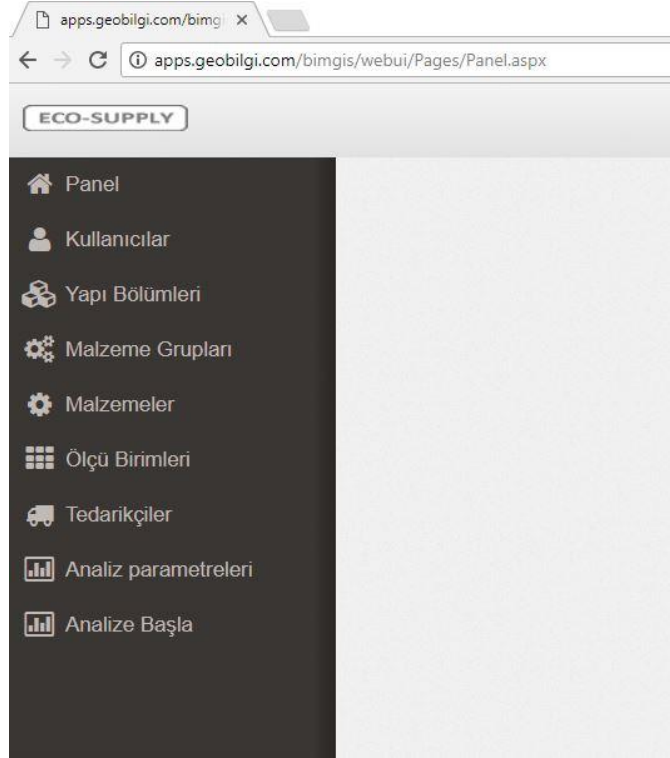
Kullanıcı tarafından şifrenin unutulması durumunda, *Şifremi Unuttum* butonuna tıklandığı takdirde yeni bir arayüze yönlendirilmektedir. Bu arayüzde e-posta adresi girilerek şifrenin, kullanıcı e-posta adresine gönderilmesi sağlanmaktadır. Tekrar Oturum Aç arayüzüne dönülerek e-posta ve şifre bilgileriyle ECO-SUPPLY yazılımına giriş sağlanmaktadır.

Anasayfa

Anasayfa'da *Panel, Kullanıcılar, Yapı Bölümleri, Malzeme Grupları, Malzemeler, Ölçü Birimleri, Tedarikçiler, Analiz Parametreleri* ve *Analize Başla* fonksiyonlarını kapsayan bir yan panel mevcuttur. Ayrıca yazılımdan çıkış fonksiyonu bulunmaktadır.



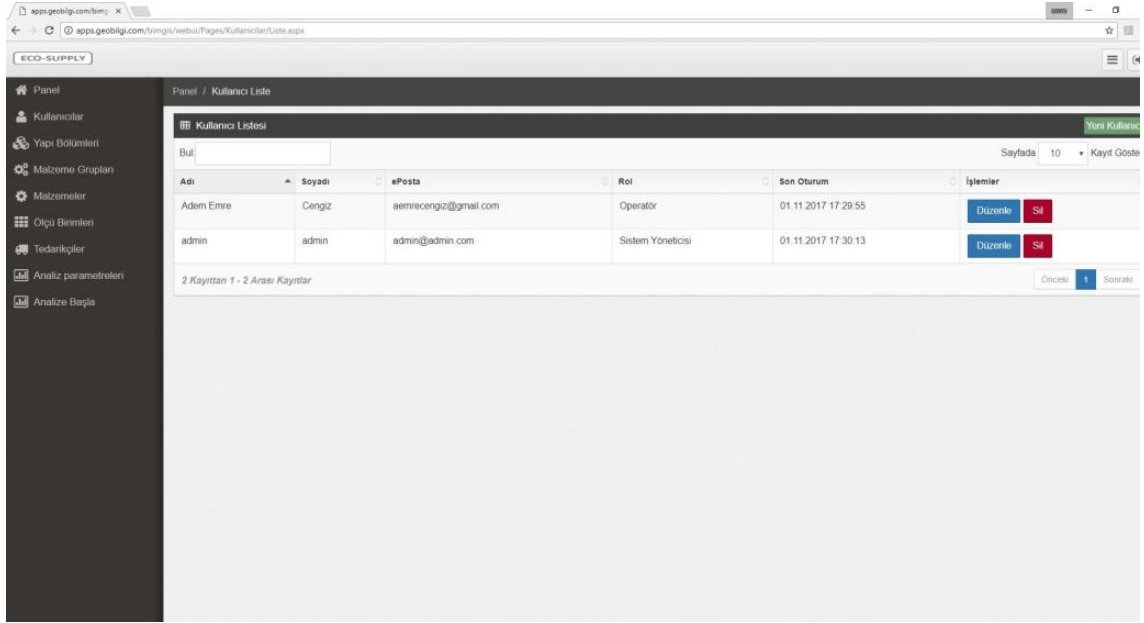
Şekil EK-6.2. Şifremi Unuttum Arayüzü



Şekil EK-6.3. Anasayfa Arayüzü

Kullanıcılar

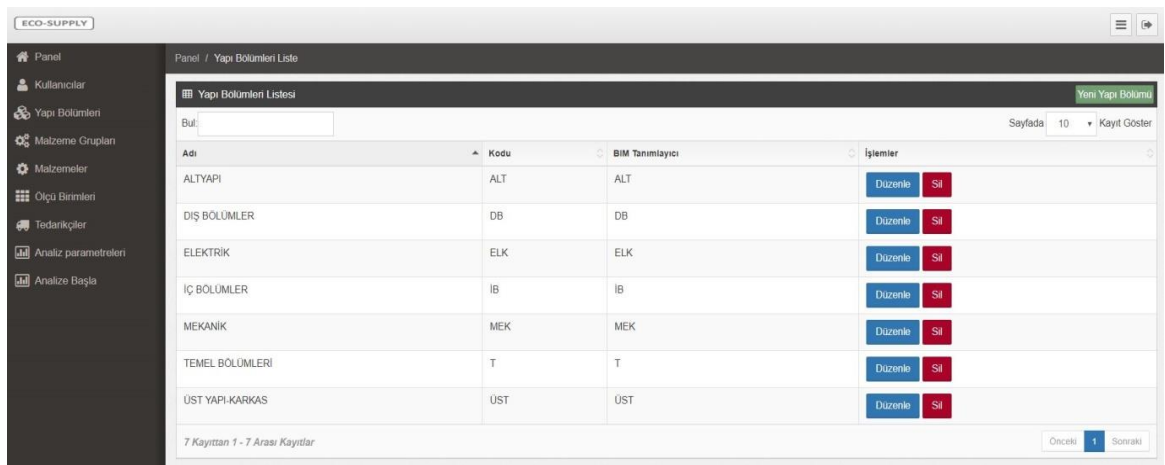
Kullanıcı tarafından, *Kullanıcılar* bölümünde sisteme tanımlanmış olan kullanıcıların bilgileri ve rolü görüntülenebilmektedir. Ayrıca *İşlemler* bölümünde bu bilgileri düzenleyebilmekte ya da kullanıcıyı silebilmektedir.



Şekil EK-6.4. ECO-SUPPLY Kullanıcılar Ekranı

Yapı Bölümleri

Kullanıcı tarafından, *Yapı Bölümleri*'ne tıkladığında, sisteme daha önce tanımlanmış olan yapı bölümleri görüntülenebilmektedir. Yapı Bölümleri; mimari, yapısal, elektrik, mekanik gibi disiplinlere ayrılabilirdiği gibi iç ve dış bölümler, temel, altyapı ve üst yapı gibi bölümlere ayrılabilir. Bu nedenle yapı bölümlerinin inşaat projelerindeki İş Ayrışım Yapısı (Work Breakdown Structure – WBS) esas alınarak oluşturulması, daha faydalı olacaktır.



Şekil EK-6.5. Yapı Bölümleri Arayüzü

Kullanıcı tarafından, *İşlemler* bölümünde yer alan *Düzenle* fonksiyonu yardımıyla, mevcut yapı bölümlerine ait veriler düzenlenebilmekte; *Sil* fonksiyonu yardımıyla ilgili yapı bölümü silinebilmektedir.

Kullanıcı tarafından, *Yeni Yapı Bölümü* fonksiyonuna tıklanarak yeni yapı bölümü tanımlanabilmektedir.

ECO-SUPPLY

Panel / Yapı Bölümü Liste / Yapı Bölümleri Yeni

Yeni Yapı Bölümü

Ad

Kodu

BIM Tanımlayıcısı

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.6. Yeni Yapı Bölümü Arayüzü

Malzeme Grupları

Kullanıcı tarafından *Malzeme Grupları* bölümüne tıklandığında, sisteme daha önce tanımlanmış olan malzeme grupları görüntülenebilmektedir. Malzeme grupları; altyapı, üst yapı, çatı ve çevre gibi yapı bölümleri altında kaba ve ince yapısal uygulamalar için kullanılan malzeme setlerini ifade etmektedir.

Kullanıcı tarafından, *İşlemler* bölümünde yer alan *Düzenle* fonksiyonu yardımı ile, mevcut malzeme gruplarına ait veriler düzenlenebilmekte; *Sil* fonksiyonu yardımı ile ilgili malzeme grubu silinebilmektedir.

Kullanıcı tarafından, *Yeni Malzeme Grubu* fonksiyonuna tıklanarak yeni yapı bölümü tanımlanabilmektedir.

Adı	Kodu	BIM Tanımlayıcısı	İşlemler	
Altyapı Grubu	AG	AG	Düzenle	Sil
Beton Grubu	BG	BG	Düzenle	Sil
Çerçeve Grubu	CG	CG	Düzenle	Sil
Duvar Grubu	DG	DG	Düzenle	Sil
Taban Grubu	TBG	TBG	Düzenle	Sil
Tavan Grubu	TAG	TAG	Düzenle	Sil
Çatı Grubu	ÇG	ÇG	Düzenle	Sil

Şekil EK-6.7. *Malzeme Grupları Arayüzü*

Yeni Malzeme Grubu

Adı

Kodu

BIM Tanımlayıcısı

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.8. *Yeni Malzeme Grubu Arayüzü*

Malzemeler

Kullanıcı, *Malzemeler* bölümüne tıkladığında, sisteme daha önce tanımlanmış olan malzemelerin adını, kodunu, grubunu, birimini ve BIM tanımlayıcısını görüntüleyebilmektedir.

Malzemeler bölümü arayüzünde *Yeni Malzeme* butonu da yer almaktadır. Kullanıcı, *Yeni Malzeme* butonuna tıklayarak malzemenin adı, kodu, malzeme grubu ve ölçü birimi alanlarını doldurarak yeni malzeme ekleyebilmektedir.

İşlemler bölümünde her bir malzeme için *Ek Malzemeleri Düzenle*, *Analiz Parametre Değerlerini Düzenle*, *Düzenle* ve *Sil* fonksiyonları yer almaktadır.

Adı	Kodu	Grubu	Birimi	BIM Tanımlayıcısı	İşlemler
Alçıpan Levha	A	Duvar Grubu	m2	A	İşlemler +
Gazbeton	G	Duvar Grubu	m2	G	İşlemler +
Isı Yalıtım Levhası	A1	Duvar Grubu	m2	A1	İşlemler +
Kireç	T2	Duvar Grubu	Kg	T2	İşlemler +
Kum	T3	Duvar Grubu	Kg	T3	İşlemler +
Tuğla	T	Duvar Grubu	m2	T	İşlemler +
Yapıştırma Harcı	G1	Duvar Grubu	Kg	G1	İşlemler +
Çimento	T1	Duvar Grubu	Kg	T1	İşlemler +

Şekil EK-6.9. Malzemeler Bölümü Arayüzü

Yeni Malzeme

Ad

Kodu

BIM Tanımlayıcısı

Malzeme Grubu

Altyapı Grubu

Ölçü Birimi

Alan

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.10. Yeni Malzeme Arayüzü

Yardımcı Malzemeler

Kullanıcı tarafından, Ek Malzemeleri Düzenle fonksiyonuna tıklandığında, ilgili malzemenin yapısal uygulamaları için gerekli yardımcı malzemelerin listesine ulaşabilmekte; yardımcı malzemenin *Adı*, *Kodu*, *Grubu*, *Birimi* gibi özellikleri

görüntüleyebilmektedir. Ayrıca *İşlemler* bölümünden *Düzenle* ve *Sil* fonksiyonları yardımıyla yardımcı malzemelerin verileri düzenlenebilmekte ya da yardımcı malzeme silinebilmektedir.

Ek malzemeler listesinde *Yeni Ek Malzeme* butonu sayesinde ilgili malzemeye yeni yardımcı malzeme tanımlanabilmektedir. Bu sayfada kullanıcı, daha önce tanımlı malzemelerden birini ve ait olduğu yapı bölümünü seçmeli; yardımcı malzemenin miktar çarpanı alanını doldurmalıdır. *Miktar çarpanı*; yapısal uygulamalar esnasında yardımcı malzemenin, ana malzemenin birim miktarına ne kadar katılması gerektiğini ifade eden bir değerdir.

Adı	Kodu	Grubu	Birimi	BIM Tanımlayıcısı	İşlemler
Kireç	T2	Duvar Grubu	Kg	T2	Düzenle Sil
Kum	T3	Duvar Grubu	Kg	T3	Düzenle Sil
Çimento	T1	Duvar Grubu	Kg	T1	Düzenle Sil

Şekil EK-6.11. Yardımcı Malzemeler Arayüzü

Yeni Ek Malzeme

Malzeme: Çimento

Yapı Bölümü: DIŞ BÖLÜMLER

Miktar Çarpanı: 0.61

[Vazgeç](#) [Kaydet](#)

Şekil EK-6.12. Yeni Yardımcı Malzeme Arayüzü

Analiz Parametre Değerlerini Düzenle (Malzeme)

Kullanıcı tarafından, *Malzemeler* listesinde *İşlemler* bölümünden *Analiz Parametre Değerlerini Düzenle* fonksiyonuna tıklandığında, malzeme seçimi için tanımlanan analiz parametreleri ekrana gelmektedir. Bu listede analiz parametre değerleri TextBox alanıyla birlikte ekrana gelmekte olup kullanıcı tarafından her bir analiz parametresine ait değerler değiştirilebilmektedir.

ECO-SUPPLY yazılımında Maliyet ve Ekoloji olmak üzere 2 temel analiz grubu yer almaktadır. Analiz parametrelerinin tanımlanma fonksiyonu, *Analiz Parametreleri* bölümünde detaylı olarak anlatılacaktır.

Analiz Parametresi	Analiz Parametre Kodu	Analiz Parametre Grubu	Büyük daha iyi	Değerler
Adam-Saat Uygulama Süresi	Adam-Saat Uygulama Süresi	Ekolojik	Hayır	1.5
Birim İççik Maliyeti	Birim İççik Maliyeti	Maliyet	Hayır	35
Birim Malzeme Ağırlığı	Birim Malzeme Ağırlığı	Ekolojik	Hayır	8
Birim Malzeme Sipariş Maliyeti	Birim Malzeme Sipariş Maliyeti	Maliyet	Hayır	5
Birim Malzeme Taşıma Maliyeti	Birim Malzeme Taşıma Maliyeti	Maliyet	Hayır	2
Birim Uygulama Karbon Emisyonu	Birim Uygulama Karbon Emisyonu	Ekolojik	Hayır	0
Birim Uygulama Maliyeti	Birim Uygulama Maliyeti	Maliyet	Hayır	0
Birim Üretim Karbon Emisyonu	Birim Üretim Karbon Emisyonu	Ekolojik	Hayır	3.41
Birim Üretim Maliyeti	Birim Üretim Maliyeti	Maliyet	Hayır	2.5
Taşıma Malzeme Geniliği	Taşıma Malzeme Geniliği	Ekolojik	Hayır	1.2
Taşıma Malzeme Uzunluğu	Taşıma Malzeme Uzunluğu	Ekolojik	Hayır	2.5
Taşıma Malzeme Yüksekliği	Taşıma Malzeme Yüksekliği	Ekolojik	Hayır	0.0125

Şekil EK-6.13. *Malzeme Analiz Parametre Değerlerini Düzenle* Arayüzü

Malzeme Düzenle

Kullanıcı tarafından, *Malzemeler* listesinin *İşlemler* bölümünden *Düzenle* butonuna tıklandığında, ilgili malzemenin *Adı*, *Kodu*, *Grubu* ve *Ölçü Birimi* alanları TextBox olarak ve değiştirilebilir bir yapıda görüntülenmektedir. Kullanıcı tarafından herhangi bir değişiklik yapıp *Kaydet* butonu ile kaydedilebilmekte, *Vazgeç* butonu ile herhangi bir değişiklik yapılmadan arayüzden çıkılabilmektedir.

Kullanıcı tarafından, *Malzemeler* listesinin *İşlemler* bölümünden *Sil* butonuna tıklandığında, malzeme anında silinmektedir.

Ölçü Birimleri

Kullanıcı tarafından, *Ölçü Birimleri* bölümüne tıklandığında, sisteme daha önce kaydedilmiş olan ölçü birimlerinin *Adı*, *Kısa Adı* ve *Temel Birimi* görüntülenmektedir.

Ölçü Birimleri arayüzünde *Yeni Ölçü Birimi* butonu da yer almaktadır. Yeni Ölçü Birimi butonuna tıklandığında; yeni ölçü birimine ait *Adı*, *Kısa Adı* ve *Temel Birim* alanlarının doldurulması istenmektedir. Kullanıcı, ilgili alanları doldurup *Kaydet* butonuna tıklayarak yeni ölçü birimini kaydedebilmekte; *Vazgeç* butonuna tıklayarak, herhangi bir değişiklik yapmaksızın arayüzden çıkabilmektedir.

İşlemler bölümünde *Düzenle* ve *Sil* fonksiyonları sayesinde her bir ölçü birimi düzenlenebilmekte ya da silinebilmektedir.

ECO-SUPPLY

Panel / Malzeme Liste / Malzeme Düzenle

Malzeme Düzenle

Alçıpan Levha

A

A

Duvar Grubu

Alan

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.14. *Malzeme Düzenle* Arayüzü

ECO-SUPPLY

Panel / Ölçü Birimleri Listesi

Ölçü Birimleri Listesi

Bul

Sayfada 10 Kayıt Göster

Adı	Kısa Adı	Temel Birimi	İşlemler
Adet	Adet	Adet	Düzenle Sil
Alan	m2	Metrekaşe	Düzenle Sil
Hacim	m3	Metreküp	Düzenle Sil
Kütle	kg	Kilogram	Düzenle Sil
Litre	Lt	Litre	Düzenle Sil
Plaka	Plaka	Plaka (Tabaka)	Düzenle Sil
Takım	TK	Set	Düzenle Sil
Uzunluk	km	Kilometre	Düzenle Sil
Uzunluk	mt	Metre	Düzenle Sil

9 Kayıttan 1 - 9 Arası Kayıtlar

Özetli Sil

Şekil EK-6.15. *Ölçü Birimleri* Arayüzü

ECO-SUPPLY

Panel / Ölçü Birimleri Liste / Ölçü Birimleri Yeni

Yeni Ölçü Birimi

Ad

Kısa Adı

Temel Birim

Adet

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.16. Yeni Ölçü Birimi Arayüzü

Tedarikçiler

Kullanıcı tarafından *Tedarikçiler* bölümüne tıklandığında, sisteme daha önce tanımlanmış olan tedarikçilerin ünvanı, şehir ve ilçe bilgileri, e-posta ve son oturum bilgileri görüntülenmektedir.

ECO-SUPPLY

Panel / Tedarikçi Liste

Tedarikçi Listesi

Bul

Sayfada: 10 Kayıt Göster

Ünvan	Şehir	İlçe	ePosta	Son Oturum	İşlemler
Deneme Emre	Eskişehir	Tepebaşı	deneme@deneme.com	-	Görüntüle
Deneme Özgür	Eskişehir	Odunpazarı	deneme@ozgur.com	-	Görüntüle
Hacıbekiroğlu	Eskişehir	Odunpazarı	info@hcggrup.com	-	Görüntüle
Kafkas Yapı Malzemeleri	Eskişehir	Tepebaşı	kafkas@kafkasyapi.com	-	Görüntüle
Kireççiler Yapı Malzemeleri	Eskişehir	Odunpazarı	admin@admin.com	-	Görüntüle
Nehir Yapı Malzemeleri	Eskişehir	Odunpazarı	nehiryapi@nehiryapinsaat.com	-	Görüntüle
Sarıpınar Yapı Malzemeleri	Eskişehir	Tepebaşı	info@saripinmez.com.tr	-	Görüntüle
Tedarikçi-A	Eskişehir	Beylikova	a@a.com	-	Görüntüle
Tedarikçi-B	Eskişehir	Çifteler	b@b.com	-	Görüntüle
Tedarikçi-C	Bursa	Kestel	c@c.com	-	Görüntüle

15 Kayıttan 1 - 10 Arası Kayıtlar

Özetle 1 2 Sonraki

Şekil EK-6.17. Tedarikçiler Bölümü Arayüzü

Tedarikçiler bölümü arayüzünde *Yeni Tedarikçi* butonu da yer almaktadır. Kullanıcı tarafından *Yeni Tedarikçi* butonuna tıklandığında yeni tedarikçiye ait TextBox ve ListBox alanları ile harita arayüzünün gömülü olduğu konum alanı görüntülenmektedir.

İşlemler bölümünde her bir tedarikçi için *Malzemeleri Düzenle*, *Analiz Parametre Değerlerini Düzenle*, *Düzenle* ve *Sil* fonksiyonları yer almaktadır.

Harita Fonksiyonu

Yeni tedarikçinin konumu 2 şekilde kaydedilebilmektedir. Doğrudan harita üzerine yer imi konularak seçim yapıldığında Enlem ve Boylam alanları otomatik olarak doldurulmaktadır. Tersine, enlem ve boylam alanları doldurulup kaydedildiğinde, harita üzerinde otomatik olarak yer imi görülmektedir.

ECO-SUPPLY

Panel / Tedarikçi Liste / Tedarikçi Yeni

☒ Yeni Tedarikçi

Unvan

Adres

Adana

Aladağ

ePosta

Şifre

Şifre Tekrar

Harita

Enlem: 39.7557266

Boylam: 30.3827939

Göt

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.18. Yeni Tedarikçi Arayüzü

Analiz Parametre Değerlerini Düzenle (Tedarikçi)

Kullanıcı tarafından, *Tedarikçiler* listesinde *İşlemler* bölümünden *Analiz Parametre Değerlerini Düzenle* fonksiyonuna tıklandığında, tedarikçi seçimi için

tanımlanan analiz parametreleri ekrana gelmektedir. Bu listede analiz parametre değerleri TextBox alanıyla birlikte ekrana gelmekte olup kullanıcı tarafından her bir analiz parametresine ait değerler değiştirilebilmektedir.

ECO-SUPPLY

Panel / Tedarikçi Liste / Tedarikçi Yeni

☒ Yeni Tedarikçi

Ünvan

Adres

Adana

Aladağ

ePosta

Şifre

Şifre Tekrar

Harita Uydur

Enlem 39.7557266 Boylam 30.3827939

Göt

Vazgeç Kaydet

Şekil EK-6.19. Yeni Tedarikçi Konum Bilgisi Arayüzü

ECO-SUPPLY

Panel / Tedarikçiler Liste / Tedarikçi Analiz Parametreleri

Tedarikçi-A Analiz Parametre Değerlerini Düzenle

Bul: Sayfada 25 Kayıt Göster

Analiz Parametresi	Analiz Parametre Kodu	Analiz Parametre Grubu	Büyük daha iyi	Değerler
Tedarikçi Kalite	Tedarikçi Kalite	Ekolojik	Hayır	5
Tedarikçi Malzeme Teknik Özelliği	Tedarikçi Malzeme Teknik Özellik	Ekolojik	Hayır	8
Tedarikçi Profil	Tedarikçi Profil	Ekolojik	Hayır	7
Tedarikçi Ödeme Planı	Tedarikçi Ödeme Planı/Şekli	Maliyet	Hayır	7
Tedarikçi-Alıcı ilişkileri	Tedarikçi - Alıcı İlişkileri	Ekolojik	Hayır	6

5 Kayıttan 1 - 5 Arası Kayıtlar

Önceki 1 Sonraki

Kaydet

Şekil EK-6.20. Tedarikçi Analiz Parametre Değerlerini Düzenle Arayüzü

Malzemeleri Düzenle (Tedarikçi Malzemeleri Listesi)

Kullanıcı tarafından, *Tedarikçiler* listesinde *İşlemler* bölümünden *Malzemeleri Düzenle* seçeneğine tıklandığında ilgili tedarikçinin tedarik portföyünde bulunan malzemelerin adı, kodu, grubu ve stok durumu bilgileri görüntülenmektedir.

Tedarikçi Malzemeleri Listesi'nde *İşlemler* bölümünde *Analiz Parametrelerini Düzenle*, *Düzenle* ve *Sil* seçenekleri mevcuttur. *Analiz Parametrelerini Düzenle* seçeneğine tıklandığında analiz parametreleri liste halinde görüntülenmektedir. Bu listede, malzeme ve tedarikçi analiz parametre değerleri listesinden farklı olarak yalnızca *Birim Malzeme Sipariş Maliyeti* ve *Birim Malzeme Taşıma Maliyeti* alanlarının dolu olduğu görülebilmektedir. Bunun nedeni; diğer parametrelerin farklı formüllerle otomatik olarak hesaplatılması, bu 2 değerın ise metraj bilgisi ile çarpılarak malzeme seçimi analiz sonuçlarına etki ettirilmesidir.

Adı	Kodu	Stok	Grubu	İşlemler
Alçıpan Levha	A	3670	DG	İşlemler
Gazbeton	G	7000	DG	İşlemler
Tuğla	T	10000	DG	İşlemler

Şekil EK-6.21. *Tedarikçi Malzemeleri Arayüzü*

Analiz Parametresi	Analiz Parametre Kodu	Analiz Parametre Grubu	Büyük daha iyi	Değerler
Adam-Saat Uygulama Süresi	Adam-Saat Uygulama Süresi	Ekolojik	Hayır	0
Birim İşçilik Maliyeti	Birim İşçilik Maliyeti	Maliyet	Hayır	0
Birim Malzeme Açırılışı	Birim Malzeme Açırılışı	Ekolojik	Hayır	0
Birim Malzeme Sipariş Maliyeti	Birim Malzeme Sipariş Maliyeti	Maliyet	Hayır	0.88
Birim Malzeme Taşıma Maliyeti	Birim Malzeme Taşıma Maliyeti	Maliyet	Hayır	0.2
Birim Uygulama Karbon Emisyonu	Birim Uygulama Karbon Emisyonu	Ekolojik	Hayır	0
Birim Uygulama Maliyeti	Birim Uygulama Maliyeti	Maliyet	Hayır	0
Birim Üretim Karbon Emisyonu	Birim Üretim Karbon Emisyonu	Ekolojik	Hayır	0
Birim Üretim Maliyeti	Birim Üretim Maliyeti	Maliyet	Hayır	0
Taşıma Malzeme Genişliği	Taşıma Malzeme Genişliği	Ekolojik	Hayır	0
Taşıma Malzeme Uzunluğu	Taşıma Malzeme Uzunluğu	Ekolojik	Hayır	0
Taşıma Malzeme Yüksekliği	Taşıma Malzeme Yüksekliği	Ekolojik	Hayır	0

Şekil EK-6.22. *Tedarikçi Malzemeleri Analiz Parametreleri Arayüzü*

Tedarikçi Malzemeleri Listesi'nde *İşlemler* bölümünde *Düzenle* fonksiyonuna tıklandığında, *Malzeme Adı* ve *Stok* bilgileri görüntülenmektedir. Bu arayüzde stok bilgisi alanı *TextBox* ve değiştirilebilir bir yapıda görüntülenmektedir. Kullanıcı tarafından stok bilgisi değiştirilip *Kaydet* fonksiyonuyla değişiklikler kaydedilebilmekte; *Vazgeç* butonuyla, herhangi bir değişiklik yapılmaksızın arayüzden çıkılabilmektedir.

Kullanıcı tarafından *İşlemler* bölümünde *Sil* fonksiyonuna tıklandığında, Tedarikçiye ait ilgili malzeme anında silinmektedir.

Şekil EK-6.23. *Tedarikçi Malzemeleri Düzenle Arayüzü*

Tedarikçi Düzenle

Kullanıcı tarafından, *Tedarikçiler* listesinde *İşlemler* bölümü altından *Düzenle* seçeneğine tıklandığında, ilgili tedarikçiye ait bilgiler listelenmektedir. Tüm bilgiler değiştirilebilir yapıda olup harita fonksiyonu sayesinde konum bilgileri de güncellenebilmektedir. Kullanıcı tarafından bilgiler değiştirilip *Kaydet* butonuna tıklanarak kaydedilebilmekte; *Vazgeç* butonuna tıklanarak herhangi bir değişiklik yapılmaksızın arayüzden çıkılabilmektedir.

Kullanıcı tarafından, *Tedarikçiler* listesinde *İşlemler* bölümü altından *Sil* seçeneğine tıklandığında, ilgili tedarikçi anında silinmektedir.

Panel

Kullanıcılar

Yapı Bölümleri

Malzeme Grupları

Malzemeler

Ölçü Birimleri

Tedarikçiler

Analiz parametreleri

Analize Başla

Panel / Tedarikçi Liste / Tedarikçi Yeni

Yeni Tedarikçi

Tedarikçi-A

A

Eskişehir

Beylikova

a@a.com

Şifre

Şifre Tekrar

HaritaUydu

Enlem

39.8296317

Boylam

30.5584717

Git

VazgeçKaydet

Şekil EK-6.24. Tedarikçi Düzenle Arayüzü

Analiz Parametreleri

Kullanıcı tarafından *Analiz Parametreleri* tıklandığında malzeme ve tedarikçi seçimi analizleri için kullanılacak olan ve sisteme daha önce tanımlanan analiz parametreleri liste halinde görüntülenebilmektedir. Listede analiz parametresine ait *Adı, Grubu, Tedarikçiye Özel, Büyük Daha İyi* sütunları yer almaktadır. ECO-SUPPLY yazılımında *Maliyet* ve *Ekoloji* olmak üzere 2 temel analiz grubu; Malzeme ve Tedarikçi olmak üzere 2 temel analiz türü mevcuttur. Analiz parametrelerinden *Tedarikçiye Özel* sütununda Evet tanımlanmış olanlar tedarikçi seçiminde kullanılan parametreler olup diğerleri malzeme seçimi analizlerinde yararlanılan parametrelerdir. *Büyük Daha İyi* fonksiyonu, büyük değere sahip olan analiz parametrelerinin olması durumunda işlev kazanacak bir özelliktir.

Adı	Grup	Tedarikçi Çöz	Büyük daha iyi	İşlem
Adam-Saat Uygulama Süresi	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim İşçiliği Maliyeti	Maliyet	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Malzeme Ağırlığı	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Malzeme Sipariş Maliyeti	Maliyet	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Malzeme Taşıma Maliyeti	Maliyet	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Uygulama Karbon Emisyonu	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Uygulama Maliyeti	Maliyet	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Üretim Karbon Emisyonu	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Birim Üretim Maliyeti	Maliyet	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Taşıma Malzeme Genişliği	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Taşıma Malzeme Uzunluğu	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Taşıma Malzeme Yüksekliği	Ekolojik	Hayır	Hayır	Düzenle Sil
Tedarikçi Kalite	Ekolojik	Evet	Hayır	Düzenle Sil
Tedarikçi Malzeme Teknik Özellik	Ekolojik	Evet	Hayır	Düzenle Sil
Tedarikçi Profili	Ekolojik	Evet	Hayır	Düzenle Sil
Tedarikçi Ödeme Planı	Maliyet	Evet	Hayır	Düzenle Sil
Tedarikçi-Arız İlgileri	Ekolojik	Evet	Hayır	Düzenle Sil

Şekil EK-6.25. Analiz Parametreleri Arayüzü

Yeni Analiz Parametresi

Analiz parametreleri arayüzünde *Yeni Analiz Parametresi* fonksiyonu da yer almaktadır. Kullanıcı tarafından bu butona tıklanarak yeni analiz parametresi eklenebilmektedir. Ancak ECO-SUPPLY yazılımının malzeme ve tedarikçi seçimi analiz yöntemleri, dolayısıyla analiz parametreleri statik bir yapıda olduğu için kullanıcı tarafından tanımlanan yeni analiz parametresinin analiz hesaplamalarına ne şekilde katılacağı, yeni formüllerin yazılım analiz kodlamalarına işlenmesiyle mümkün olacağı unutulmamalıdır.

ECO-SUPPLY

Panel

Kullanıcılar

Yapı Bölümleri

Malzeme Grupları

Malzemeler

Ölçü Birimleri

Tedarikçiler

Analiz parametreleri

Analize Başla

Panel / Analiz Parametre Liste / Analiz Parametre Yeni

Yeni Analiz Parametre

Ad

Parametre Kodları

Parametre Kodu Seçiniz

Grubu

☐ Büyük daha iyi
☐ Tedarikçi Bazında

Vazgeç

Kaydet

Şekil EK-6.26. Yeni Analiz Parametresi Arayüzü

Analiz Parametreleri İşlemler

Kullanıcı tarafından Analiz Parametreleri arayüzünde *İşlemler* bölümü altında *Düzenle* fonksiyonuyla analiz parametre bilgileri düzenlenebilmektedir. Analiz parametresinin maliyet ya da ekoloji türünde; malzeme ya da tedarikçi seçimi analizlerine ait olduğu bu arayüzde belirlenip değiştirilebilmektedir. Kullanıcı tarafından analiz parametrelerine ait bilgiler değiştirilip *Kaydet* fonksiyonuyla değişiklikler kaydedilebilmekte; *Vazgeç* butonuyla, herhangi bir değişiklik yapılmaksızın arayüzden çıkılabilmektedir.

Kullanıcı tarafından, *Analiz Parametreleri* listesinde *İşlemler* bölümü altından *Sil* seçeneğine tıklandığında, ilgili analiz parametresi anında silinmektedir.

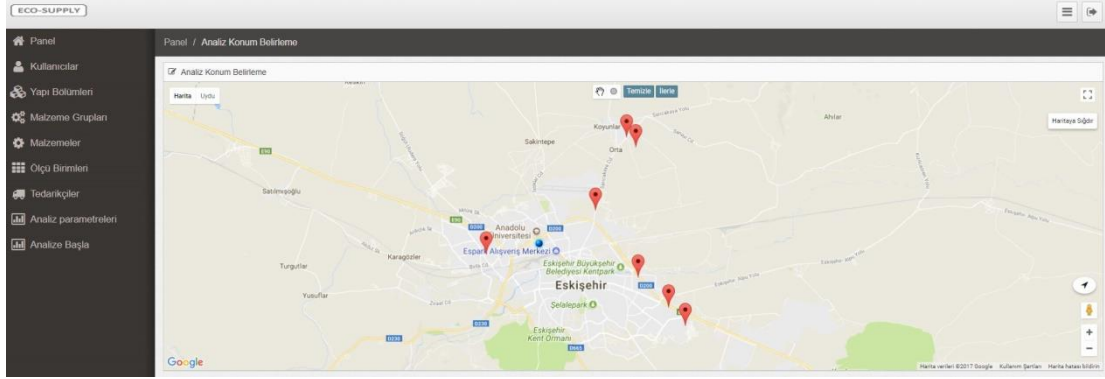
Şekil EK-6.27. Analiz Parametreleri Düzenle Arayüzü

Analiz

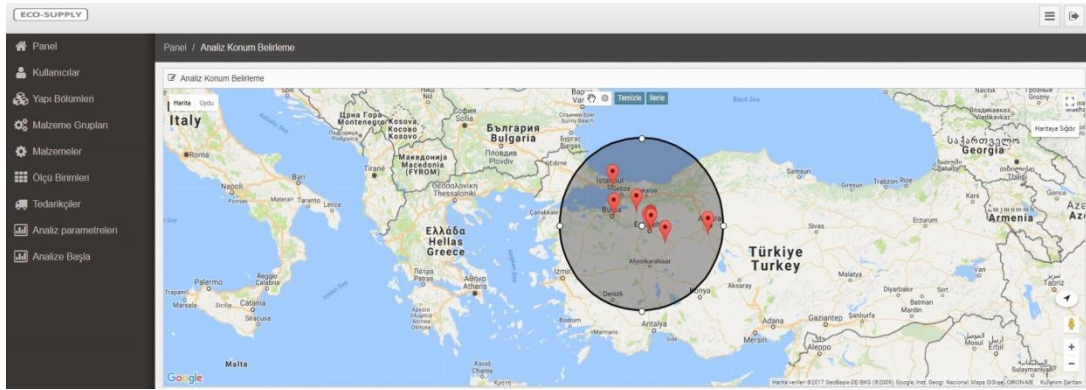
Kullanıcı tarafından, *Analize Başla* bölümüne tıklandığında harita fonksiyonu yüklenmekte ve kullanıcıdan, tedarik hedef noktası olan şantiyenin konumunu işaretlemesi istenmektedir. Harita üzerinde, önceden tanımlanan tüm tedarikçilerin konumu, Google Haritalar servisinde olduğu gibi birer yer imi ile görüntülenebilmektedir.

Şantiye konumu 2 şekilde belirlenebilmektedir. *Yakalama (Pan)* fonksiyonuna tıklanarak ve harita yakınlaştırılarak haritada istenilen nokta işaretlenebilmektedir.

Ayrıca *Daire Çiz* fonksiyonuyla harita üzerinde bir daire oluşturulduğunda, dairenin orta noktası, şantiye konumu olarak belirlenmektedir.



Şekil EK-6.28. Analize Başla Arayüzü

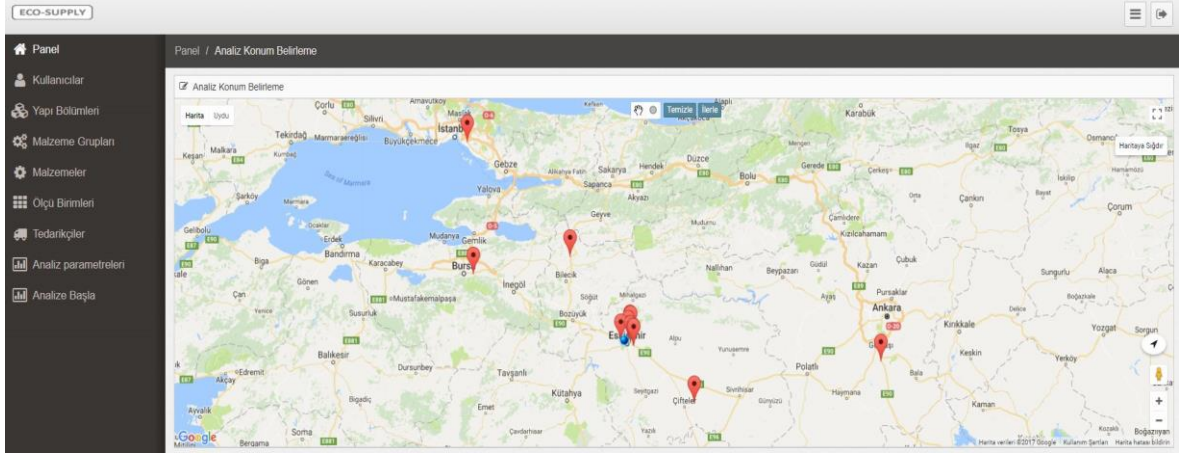


Şekil EK-6.29. Daire Çiz Fonksiyonuyla Konum Belirleme

Haritaya Sığdır

Kullanıcı tarafından, 2 yöntemden biri kullanılarak şantiye konumu belirlendikten sonra *Haritaya Sığdır* fonksiyonuna tıklanarak şantiye ve tedarikçilerin konumunu daha uzaktan gösteren bir harita görüntüsü sağlanmaktadır. Haritaya Sığdır, harita ve çizim tabanlı birçok yazılım ve uygulamada bulunan *Zoom Extent* fonksiyonunun özdeşidir.

Konum seçimi tamamlandıktan sonra *İlerle* butonuna tıklanarak Malzeme Seçimi Analizi'ne geçilmektedir.



Şekil EK-6.30. Haritaya Sığdır Fonksiyonu

Malzeme Seçimi Analizi

Kullanıcı tarafından şantiye konumu seçilip İleri butonuna tıklandığında, ECO-SUPPLY yazılımının ilk analizi olan Malzeme Seçimi Analizi arayüzü görüntülenmektedir. Bu arayüzde kullanıcıdan Yapı Bölümü ve Malzeme Grubu ComboBox alanlarından, analiz edilmek istenen yapı bölümü ve malzeme grubunu seçmesi; Miktar alanına da sayısal bir değer girerek tedarik edilmek istenen malzeme metrajını belirlemesi beklenmektedir.

Şekil EK-6.31. Malzeme Seçimi Analizi Arayüzü

Malzeme Seçimi Analiz Sonuçları

Veri alanları doldurulup **Malzeme Analizi** butonuna tıklandığında, Malzeme Analizi Sonuçları ekrana gelmektedir. Sistem tarafından; seçilen malzeme grubunda tanımlı tüm malzemeler analize katılmakta; bu malzemelerin **Üretim, Taşıma ve Uygulama** aşamalarında neden oldukları **maliyet** ve **karbon emisyonu** değerleri otomatik olarak hesaplanarak ekrana getirilmektedir.

ECO-SUPPLY YÖNTEMİ: Malzeme Seçimi Analizleri için malzemenin yaşam döngüsüne ait Üretim, Taşıma ve Uygulama olmak üzere 3 temel aşamada Maliyet ve Ekoloji optimizasyonunu öneren, **Hata Puanı (HP)** yaklaşımıyla analiz hesaplamalarını sağlayan bir modelin yöntemidir. Ekoloji parametreleri olarak kg bazında birim **karbon emisyonu**; maliyet parametreleri olarak ise TL kurunda **birim maliyet** esas alınmaktadır. Malzeme Seçimi için 3 temel aşama da eşit derecede önemli kabul edildiğinden, bu aşamalardaki ekoloji parametreleri kendi içinde, maliyet parametreleri de kendi içinde toplanarak hata puanı belirlenir. Hata puanı formülleri aşağıdaki gibidir:

$$HP_{\text{malzeme-ekonomi}} = (C_{\text{üretim}} + C_{\text{taşıma}} + C_{\text{uygulama}})$$

HP_{malzeme-ekonomi}: Yapı malzemesine ait ekonomi Hata Puanı

C_{üretim}: Birim malzeme üretim maliyeti

C_{taşıma}: Birim malzeme taşıma maliyeti

C_{uygulama}: Birim malzeme uygulama maliyeti

$$HP_{\text{malzeme-ekoloji}} = (CO_2\text{-üretim} + CO_2\text{-taşıma} + CO_2\text{-uygulama})$$

HP_{malzeme-ekoloji}: Yapı malzemesine ait ekoloji Hata Puanı

CO₂-üretim: Birim malzeme üretim karbon ayakizi

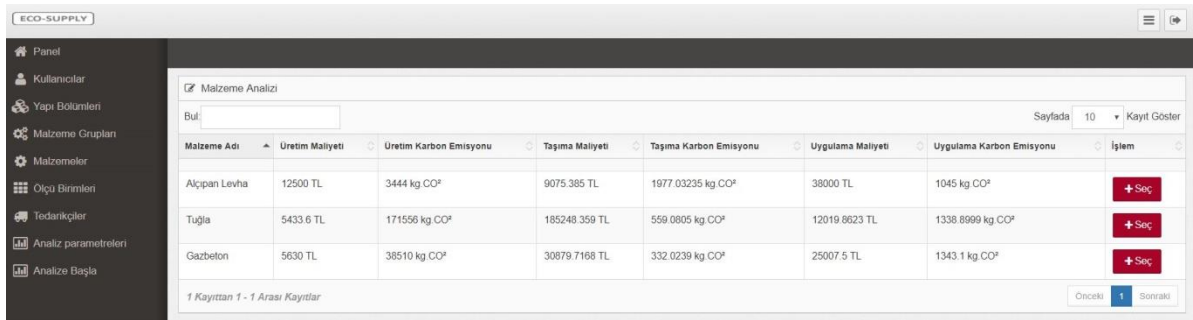
CO₂-taşıma: Birim malzeme taşıma karbon ayakizi

CO₂-uygulama: Birim malzeme uygulama karbon ayakizi

Sonuçlar, *Tuğla* malzemesinin üretim maliyetinin diğer malzemelerin üretim maliyetinden daha düşük; üretim karbon salınımının ise en yüksek olduğunu göstermektedir. *Taşıma Maliyeti* için en düşük değer *Alçıpan* malzemesine aitken *Gazbeton*, en düşük *Taşıma Karbon Emisyonu*'na sahiptir. *Uygulama Maliyeti*

anlamında *Tuğla* en ekonomik malzeme iken *Uygulama Karbon Emisyonu* anlamında *Alçıpan*, optimum malzeme olarak görünmektedir. Sonuç olarak Alçıpan malzemesi, yüksek üretim maliyetleri; Tuğla malzemesi yüksek Üretim Karbon Emisyonu ve yüksek Taşıma Maliyeti nedeniyle tercih edilmediğini; sahip olduğu maliyet ve ekoloji değerleri daha makul görünen *Gazbeton* malzemesinin seçildiği varsayılmıştır.

Listedeki malzemelerden birinin seçilmesi, malzeme seçimi analizinin tamamlandığı anlamına gelmektedir ve sistem, *Tedarikçi Seçimi Analizi* arayüzüne geçmektedir.

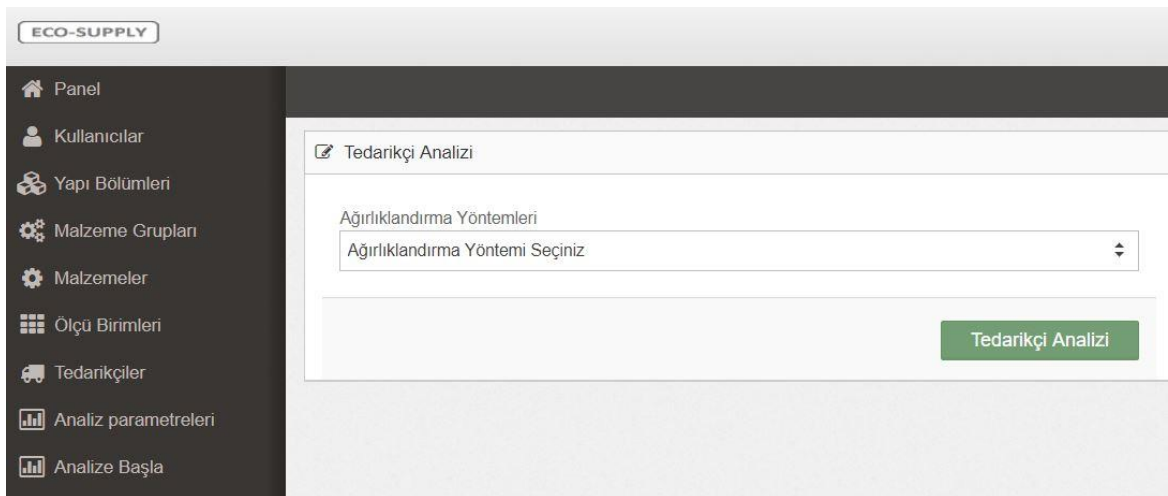


Malzeme Adı	Üretim Maliyeti	Üretim Karbon Emisyonu	Taşıma Maliyeti	Taşıma Karbon Emisyonu	Uygulama Maliyeti	Uygulama Karbon Emisyonu	İşlem
Alçıpan Levha	12500 TL	3444 kg CO ₂	9075.385 TL	1977.03235 kg CO ₂	38000 TL	1045 kg CO ₂	+ Seç
Tuğla	5433.6 TL	171556 kg CO ₂	185248.359 TL	559.0805 kg CO ₂	12019.8623 TL	1338.8999 kg CO ₂	+ Seç
Gazbeton	5630 TL	38510 kg CO ₂	30879.7168 TL	332.0239 kg CO ₂	25007.5 TL	1343.1 kg CO ₂	+ Seç

Şekil EK-6.32. Malzeme Seçimi Analiz Sonuçları Arayüzü

Tedarikçi Seçimi Analizi

ECO-SUPPLY yazılım aracının *Tedarikçi Seçimi Analizi* arayüzünde, kullanıcıdan *Ağırlıklandırma Yöntemi* seçmesi beklenmektedir. Tedarikçi Seçimi Analizi için, uzman paneli sonucunda belirlenen parametreler kullanılmaktadır.



Tedarikçi Analizi

Ağırlıklandırma Yöntemleri

Ağırlıklandırma Yöntemi Seçiniz

Tedarikçi Analizi

Şekil EK-6.33. Tedarikçi Seçimi Analizi Arayüzü

ECO-SUPPLY Yöntemi: Bu yöntemde anket çalışması sonucunda belirlenen parametre ağırlıklarından yararlanılarak aşağıda ifade edilen **Ödül Puanı (ÖP)** yaklaşımı benimsenmektedir.

$$\mathbf{\ddot{O}P_{tedarik\ddot{c}i}} = \sum_i^n D_i^n * A_i^n$$

ÖP_{tedarikçi}: Tedarikçi ödül puanı

n: Parametre sayısı

D: Parametre değeri

A: Parametre ağırlığı

Analiz parametrelerinin hepsi sayısal verilere ve birbirleriyle tutarlı skalalara sahip olmadığından analiz için 0-10 aralığında hipotetik (varsayımsal) sayısal veriler ve istatistiksel analizler sonucunda belirlenen parametre yüzdesel ağırlıkları kullanılmaktadır.

Panel

Kullanıcılar

Yaptı Bölümleri

Malzeme Grupları

Malzemeler

Ölçü Birimleri

Tedarikçiler

Analiz parametreleri

Analize Başla

Tedarikçi Analizi

Ağırlıklandırma Yöntemleri

ECO-Supply

Fiyat (%)

12

Kalite (%)

11

Teslimat (%)

11

Ödeme Planı / Şekli (%)

10

Coğrafi Konum (%)

9

Tedarikçi Profili (%)

10

Tedarikçi - Alıcı İkili İlişki (%)

8

Ekolojik Özellikler (%)

9

Tedarikçi Kapasitesi (%)

10

Malzeme Teknik Özellikler (%)

11

Tedarikçi Analizi

Şekil EK-6.34. ECO-SUPPLY Ağırlıklandırma Yöntemi Arayüzü

Tedarikçi seçimi analiz parametrelerinden *Kalite, Malzeme Teknik Özellikleri, Tedarikçi Profili, Ödeme Planı ve Tedarikçi-Alıcı İlişkileri* varsayımsal olmaları nedeniyle birimsizdir. *Fiyat, Teslimat, Ekolojik Özellikler, Tedarikçi Kapasitesi* gibi parametreler, tedarikçilerin portföyünde yer alan malzemelerin özelliklerine göre belirli bir skala çerçevesinde değerlendirilmektedir. *Coğrafi konum* parametresi ise, özniteliksel değil konumsaldır. Bu nedenle harita üzerinde tedarikçilerin şantiyeye olan mesafelerinin otomatik hesaplanması neticesinde analiz hesaplarına katılmaktadır.

Eşit Ağırlıklı yöntem seçildiğinde, analiz parametrelerinin yüzdeleri eşit olarak ekrana gelmekte ve analize eşit yüzdelere katılmaktadır. *Kullanıcı tanımlı* yöntemde ise analiz parametrelerine ait alanlar boş olarak gelmekte ve her bir analiz parametresine ait ağırlık değerleri kullanıcı tarafından tanımlanabilmektedir.

Panel

Kullanıcılar

Yapı Bölümleri

Malzeme Grupları

Malzemeler

Ölçü Birimleri

Tedarikçiler

Analiz parametreleri

Analize Başla

Tedarikçi Analizi

Ağırlıklandırma Yöntemleri

Eşit Ağırlık

Fiyat (%)

10

Kalite (%)

10

Teslimat (%)

10

Ödeme Planı / Şekli (%)

10

Coğrafi Konum (%)

10

Tedarikçi Profili (%)

10

Tedarikçi - Alıcı İlişkisi (%)

10

Ekolojik Özellikler (%)

10

Tedarikçi Kapasitesi (%)

10

Malzeme Teknik Özellikler (%)

10

Tedarikçi Analizi

Şekil EK-6.35. Eşit Ağırlıklı Ağırlıklandırma Yöntemi Arayüzü

Şekil EK-6.36. *Kullanıcı Tanımlı Ağırlıklandırma Yöntemi Arayüzü*

Tedarikçi Seçimi Analizi Sonuçları

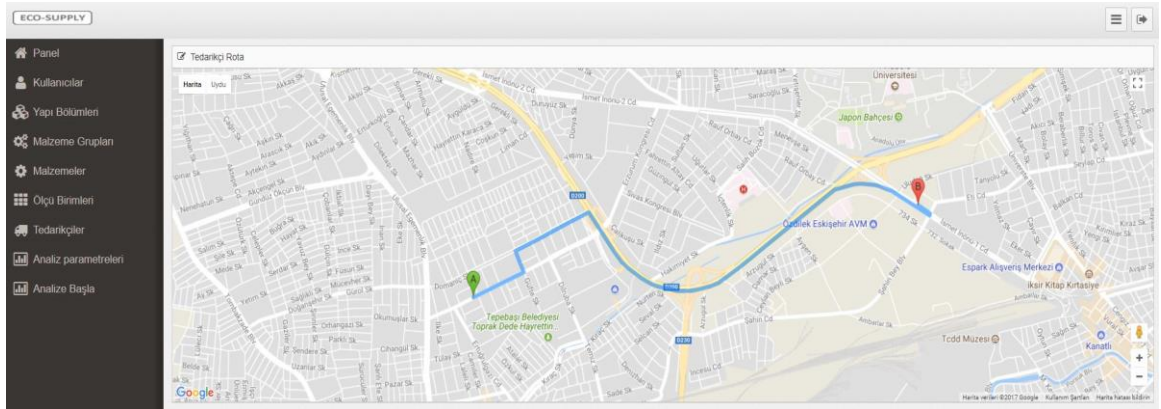
Kullanıcı tarafından herhangi bir Ağırlıklandırma Yöntemi seçilip *Tedarikçi Analizi* butonuna tıklandığında, *Tedarikçi Analizi Sonuç Ekranı* görüntülenmektedir. Şekil 37’de *ECO-SUPPLY Ağırlıklandırma Yöntemi* seçilerek gerçekleştirilen tedarikçi seçimi analizi sonuçları görülmektedir. Her bir tedarikçi için *Toplam Maliyet* ve *Toplam Karbon Emisyonu* değerleri karşılaştırılabildiği gibi her bir tedarikçi için Ödül Puanı yaklaşımından gelen ödül puanları da görüntülenmektedir. Görüldüğü üzere, sistemde daha fazla tedarikçi olmasına rağmen, *Gazbeton* malzemesi optimum malzeme olarak seçildiği için analizler, gazbeton tedarik edebilen tedarikçi şirketler arasında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 3.satırda yer alan alternatif, *Toplam Maliyet* ve *Toplam Karbon Emisyonu* değerleri en düşük olan tedarikçidir. Tedarikçi-D ve Tedarikçi-E ise 10 üzerinden 6.96 puanla en yüksek ödül puanına sahip tedarikçilerdir. Kullanıcı tarafından 3.satırda yer alan tedarikçi alternatifinin en uygun tedarikçi olarak seçildiği varsayılmıştır

Panel	Tedarikçi Analizi			
Kullanıcılar	Bul	Sayfada 10	Kayıt Göster	
Yapı Bölümleri	Tedarikçi	Toplam Maliyeti	Toplam Karbon Emisyonu	Odul Puanı
Malzeme Grupları				İşlem
Malzemeler	Hacibekiroğulları	30083.0586	38752.1445	5,74
Ölçü Birimleri	Tedarikçi-C	32265.11	39401.168	5,67
Tedarikçiler	Kireççiler Yapı Malzemeleri	30051.6563	38733.98	5,26
Analiz parametreleri	Tedarikçi-E	33257.94	39709.375	6,96
Analize Başla	YTONG A.Ş.	30679.42	39097.0938	6,11
	Sarıpekmez Yapı Malzemeleri	62032.3	38722.78	5,72
	Tedarikçi-A	30917.584	38743.19	5,20
	Nehir Yapı Malzemeleri	30071.4863	38745.45	5,21
	Kafkas Yapı Malzemeleri	30027.1523	38719.8047	5,28
	Tedarikçi-D	32406.83	39818.6328	6,96
	1 Kayıttan 1 - 1 Arası Kayıtlar			
			Önceki	Sonraki

Şekil EK-6.37. *Tedarikçi Seçimi Analiz Sonuçları Arayüzü*

Tedarikçi Rota

En uygun tedarikçinin *İşlem* bölümünden *Seç* fonksiyonuna tıklandığında, *Tedarikçi Rota* görüntülenmektedir. Harita arayüzünde tedarikçiden şantiyeye rota bilgisi, tıpkı Google Haritalar uygulamasındaki gibi gösterilmektedir. Böylece kullanıcı tarafından, optimum malzeme türünün tedarik edileceği optimum tedarikçi şirketin şantiyeye olan mesafesi ve yol güzergâhı bilgilerine erişilebilmektedir.



Şekil EK-6.38. *En uygun tedarikçi ile şantiye arası yol güzergâhı*