

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE TASARIM KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ İÇİN  
MALZEME ODAKLI ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİ**

**BAYRAM ER**

**DOKTORA TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2016**



**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE TASARIM KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ İÇİN  
MALZEME ODAKLI ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİ**

**BAYRAM ER**

**DOKTORA TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2016**



**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE TASARIM KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ İÇİN  
MALZEME ODAKLI ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİ**

**BAYRAM ER**

**DOKTORA TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez ../../201.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İzzet Ufuk ÇAĞDAŞ

Doç. Dr. Mehmet GÜMÜŞ

Yrd. Doç. Dr. Murat ETÖZ

Yrd. Doç. Dr. Yılmaz Kemal YÜCE

Yrd. Doç. Dr. Fatih TEKBACAK



## ÖZET

# İNŞAAT PROJELERİNDE TASARIM KALİTESİNİ GELİŞTİRMESİ İÇİN MALZEME ODAKLI ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİ

**Bayram ER**

**Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. İzzet Ufuk ÇAĞDAŞ**  
**Kasım 2016, 137 sayfa**

Bu çalışmada alternatif malzeme kullanımının inşaat projelerinin süre, maliyet ve kalitelerine olan etkileri inceleyerek optimum şebekenin seçilebilmesi için bir metodoloji geliştirilmiş ve örnek bir konut projesinde uygulanmıştır. Bu kapsamda; süre ve maliyet proje için bir girdi, kalite ise bir çıktı kabul edilmiştir. Bu anlamda; binaların kullanım ömrü boyunca oluşacak olan değişim veya bakım ile ısıtma enerjisi maliyetleri ölçülebilen kalite göstergeleri olarak hesaplanmıştır. Bu kalite göstergelerinde ısıtma enerjisi maliyetinin hesaplanmasında TS825 Isı Yalıtımı Hesaplama V 4.0 yazılımı kullanılmıştır. Metodoloji kapsamındaki diğer hesaplamaların yapılabilmesi için ise yeni bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım; alternatif malzemeleri değerlendirerek proje için belirlenmiş olan süre ve bütçe kısıtlarını sağlayan şebekeleri oluşturup, bunların süre, maliyet ve değişim veya bakım maliyetini hesaplamaktadır.

Örnek uygulamada değerlendirmelerin gerçekçi olması adına veriler projeyi yürütmüş olan firma yetkilisi tarafından hazırlanmıştır. Optimum şebekenin seçimi sürecinde ise öznel değerlendirmeler de dahil edilerek çözüm kümesinde bulunan şebekeler ikişerli olarak karşılaştırılmış ve uygun olmayanı elenmiştir. Elde edilen bulguların değerlendirilmesi sonucunda alternatif malzeme kullanımının örnek projenin süre, maliyet ve kalitesini büyük ölçüde etkilediği görülmüştür. Bunun yanında; proje kısıtlarının doğru seçilmesi durumunda geliştirilen metodoloji ile optimum şebekenin kısa bir sürede belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Proje yönetimi, Süre-maliyet-kalite optimizasyonu, İnşaat malzemeleri, Küme esaslı tasarım, nesne yönelimli tasarım

**JÜRİ:** Doç. Dr. İzzet Ufuk ÇAĞDAŞ (Danışman)

Doç. Dr. Mehmet GÜMÜŞ

Yrd. Doç. Dr. Murat ETÖZ

Yrd. Doç. Dr. Yılmaz Kemal YÜCE

Yrd. Doç. Dr. Fatih TEKBACAK

## ABSTRACT

### A MATERIAL BASED MULRI-OBJECTIVE OPTIMIZATION MODEL FOR IMPROVING DESIGN QUALITY OF CONSTRUCTION PROJECTS

Bayram ER

PhD Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İzzet Ufuk ÇAĞDAŞ

November 2016, 137 pages

In this study; a methodology was developed for choosing the optimum network by considering the effects of alternative material usage on a construction project's time, cost and quality, and applied to a case study. In this context; time and cost were considered as an input where quality as an output of the projects. In this sense; alteration or maintenance and heating energy costs, which will occur during the lifetime of a building, were calculated as the measurable quality indicators of the projects. For the heating energy cost the TS825 Isı Yalıtımı Hesaplama V 4.0 software was used while new software was developed for the other calculations. The new software simply creates the networks which satisfy the time and budget criterion of a project by evaluating alternative materials, and calculates the time, cost and alteration or maintenance cost of them.

For a realistic assessment, the data of the case study was prepared by the company official who also executed the project. During the selection of the optimum network process, the networks in the solution set were compared in pairs by also including subjective evaluations and the improper one was eliminated. The results have revealed that alternative material usage has affected the time, cost and quality of the case project significantly. In addition; it is believed that in case of determining the projects criterion accurately, the optimum network can be selected in a very short time by using the new developed methodology.

**KEYWORDS:** Project management, Time-cost-quality optimization, Construction materials, Set-based design, Object oriented design

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. İzzet Ufuk ÇAĞDAŞ (Supervisor)

Assoc. Prof. Dr. Mehmet GÜMÜŞ

Ass. Prof. Dr. Murat ETÖZ

Ass. Prof. Dr. Yılmaz Kemal YÜCE

Ass. Prof. Dr. Fatih TEKBACAK



## ÖNSÖZ

Günümüzde İnşaat Sektörü Türkiye Ekonomisini ayakta tutan sektörlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla; sektörün temel unsuru olan ve genelde geri dönüşümü zor kaynakların tüketildiği inşaat projelerinin israfa yer vermeden düzgün bir şekilde yönetilmesi Türkiye'nin gelişimine bir katkı sağlayacaktır. Yapılan literatür taraması sonucunda, farklı kaynak kullanımına bağlı olarak projelerin süre, maliyet ve kaliteleri arasındaki etkileşimi inceleyerek en uygun şebekeleri çözüm kümesine dahil eden farklı modeller geliştirilmiş olmasına rağmen, inşaat projelerinin özgünlüğünün dikkate alınmamasından dolayı bunların pratikte tam anlamıyla uygulanabilir olmadığı anlaşılmıştır. Bu anlamda yürütülmüş olan tez çalışmasında; literatürde tespit edilen eksikliklerin giderilerek sektör profesyonelleri tarafından tercih edilecek bir metodolojinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmanın inşaat projelerinin düzgün bir şekilde planlanmasına katkı sağlamasını dilerim.

Başta ailem olmak üzere bu sıkıntılı süreçte her zaman desteklerini benden esirgemeyerek ayakta durmamı sağlayan yakınlarıma teşekkürlerimi sunarım. Yapmış olduğum bu çalışmayı aramızdan zamansız ayrılan yengem Aysun ER'e ithaf ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI .....	5
2.1. Proje Kavramı.....	5
2.2. Proje Yönetimi Kavram.....	6
2.3. Proje Süreçleri .....	6
2.4. İnşaat Projelerinin Özellikleri ve Yönetimi.....	7
2.5. İnşaat Projelerinin Süreçleri .....	8
2.6. İnşaat Projelerinde Süre, Maliyet ve Kalite Kavramları .....	10
2.6.1. Süre kavramı .....	11
2.6.2. Maliyet kavramı .....	12
2.6.3. Kalite kavramı.....	12
2.7. İnşaat Malzemelerinin Süre, Maliyet ve Kaliteye Olan Etkileri .....	14
2.7.1. Malzeme-Süre ilişkisi .....	16
2.7.2. Malzeme-Maliyet ilişkisi .....	16
2.7.3. Malzeme-Kalite ilişkisi .....	17
2.8. Küme Esaslı Tasarım Yaklaşımının Süre, Maliyet ve Kalite Optimizasyonuna Uyarlanması .....	17
2.9. Literatür Taraması .....	20
3. MATERYAL VE METOT .....	29
3.1. Amaç ve Kapsam.....	29
3.2. Materyal.....	30
3.2.1. Yazılım için gerekli olan verilerin belirlenmesi .....	31
3.2.2. Proje Faaliyetlerinin Belirlenmesi .....	32
3.2.3. Alternatif geliştirilen faaliyet türlerinin belirlenmesi .....	33
3.2.4. Faaliyetler ve malzemeler arası uyumlulukların belirlenmesi .....	35
3.2.5. Faaliyetlerin Değişim veya Bakım Maliyetlerinin Belirlenmesi .....	36

3.2.6.	Faaliyet verilerinin derlenmesi.....	37
3.2.7.	Faaliyetler Arası Bağlantıların Belirlenmesi.....	38
3.2.8.	Proje Genel Verilerinin Belirlenmesi.....	40
3.3.	Metot .....	41
3.3.1.	Yazılım Geliştirme Süreci.....	41
3.3.2.	Nesne yönelimli tasarım yaklaşımı .....	43
3.3.3.	Ağaç veri yapısı.....	44
3.3.4.	Yazılımın Modellenmesi.....	46
3.3.5.	Yazılımın ara yüzü .....	49
3.3.6.	Yazılımın doğal dilde algoritması.....	53
3.3.7.	Yazılımın çalışma prensibinin bir örnekle açıklanması.....	56
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	59
4.1.	Yazılımın Doğru Çalıştığının Doğrulanması .....	59
4.2.	Şebekelerin Isıtma Enerjisi Maliyetinin Hesaplanması.....	64
4.3.	Alternatif Malzemelerin Kalitelerinin Öznel Değerlendirilmesi.....	65
4.4.	Alternatif Malzemelerin Kalitelerinin Nesnel Değerlendirilmesi .....	68
4.5.	Çözüm Kümesinin Oluşturulması .....	74
4.6.	Örnek Projenin Kapsamının Belirlenmesi.....	76
4.6.1.	Örnek projenin uygulandığı bölge ile potansiyel müşteri özellikleri.....	76
4.6.2.	Örnek projenin tamamlanması sonucu elde edilmesi düşünülen kazancın belirlenmesi .....	76
4.6.3.	Örnek projenin kalite seviyesinin belirlenmesi.....	77
4.7.	Optimum Şebekeni Seçilmesi .....	83
4.8.	Örnek Uygulamanın Genel Değerlendirilmesi.....	95
4.9.	Geliştirilen Metodolojini Farklı Projelerde Uygulanabilirliğinin Tartışılması	97
4.10.	Geliştirilen Yazılımın İyileştirilme Potansiyelinin Tartışılması.....	98
5.	SONUÇ.....	101
6.	KAYNAKLAR .....	103
7.	EKLER.....	109
7.1.	Proje Süreçleri ve her süreçte gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler.....	109
7.2.	Faaliyetler için belirlenmiş olan kısaltmalar .....	111
7.3.	Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan faaliyetler sayfası.....	114

7.4.	Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan bağımlılıklar sayfası.....	115
7.5.	Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan alternatif sayfası.....	116
7.6.	Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan faaliyet uyumluluğu sayfası.....	117
7.7.	Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan uyumluluk sayfası.....	118
7.8.	Öznel en kaliteli şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	119
7.9.	Nesnel en kaliteli şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	120
7.10.	1 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	121
7.11.	2 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış Olan görev sayfası .....	122
7.12.	3 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	123
7.13.	4 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	124
7.14.	5 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	125
7.15.	6 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	126
7.16.	7 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	127
7.17.	8 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	128
7.18.	9 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	129
7.19.	10 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	130
7.20.	11 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası.....	131

7.21.	12 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	132
7.22.	13 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	133
7.23.	14 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	134
7.24.	15 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	135
7.25.	16 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	136
7.26.	17 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası .....	137
ÖZGEÇMİŞ	.....	138

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

GSYH	Gayri Safhi Yurtiçi Hasıla'sındaki
INTES	Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası
ISO	International Organization for Standardization
KET	Küme Esaslı Tasarım
KONUTDER	Konut Geliştiricileri ve Yatırımcıları Derneği
KYY	Kritik Yol Yöntemi
NET	Nokta Esaslı Tasarım
PMBOK	Proje Yönetimi Bilgi Birikimi Kılavuzunda
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Proje Yönetimi süreç grupları ve bunların etkileşimi .....	7
Şekil 2.2. Tasarım uzayını oluşturan kümeler .....	19
Şekil 2.3. Tasarım uzayına hesap edilebilen birden fazla kalite göstergesinin dahil edilmesi.....	20
Şekil 2.4. Kümelerin kesiştirilmesi ile elde edilen çözüm kümesi.....	20
Şekil 2.5. Süre-maliyet amaçlı bir optimizasyon probleminde üst sezgisel yöntemlerle elde edilebilecek çözüm kümesi .....	27
Şekil 2.6. Üst sezgisel yöntemle elde edilen çözüm kümesi ile gerçek çözümlerin karşılaştırılması.....	27
Şekil 3.1. Örnek projenin normal kat planı .....	30
Şekil 3.2. Örnek projenin 3 boyutlu görünümü .....	31
Şekil 3.3.A blok için oluşturulmuş olan faaliyet şebekesi.....	39
Şekil 3.4. Örnek proje için kabaca geliştirilmiş iş programı .....	40
Şekil 3.5.Geliştirilen yazılımın akış diyagramı .....	43
Şekil 3.6. Bir faaliyetin tamamlanmasından sonra birden fazla faaliyetin başlaması durumu.....	45
Şekil 3.7. Bir faaliyetin başlayabilmesi için birden fazla faaliyetin tamamlanmış olması durumu .....	45
Şekil 3.8. Yönlü çizge yapısı .....	45
Şekil 3.9. Ağaç veri yapısı örneği .....	46
Şekil 3.10. Çözüm uzayının nesne yönelimli tasarım yaklaşımının uygulanarak temsil edilmesi için oluşturulan sınıflar arasındaki ilişkiler.....	48
Şekil 3.11. Yazılımın verileri okuyarak temel hesaplamaları yapabilmesi için oluşturulan sınıflar arasındaki ilişkiler .....	49
Şekil 3.12. Tez çalışması için oluşturulan proje sayfasının ekran görüntüsü.....	50
Şekil 3.13. Tez çalışması için oluşturulan faaliyetler sayfasının ekran görüntüsü.....	50
Şekil 3.14. Tez çalışması için oluşturulan bağımlılıklar sayfasının ekran görüntüsü .....	51

Şekil 3.15. Tez çalışması için oluşturulan alternatif sayfasının ekran görüntüsü .....	51
Şekil 3.16. Tez çalışması için oluşturulan faaliyet uyumluluğu sayfasının ekran görüntüsü .....	52
Şekil 3.17. Tez çalışması için oluşturulan uyumluluk sayfasının ekran görüntüsü .....	52
Şekil 3.18. Önden sıralı dolaşım algoritmasının kaba kodu .....	54
Şekil 3.19. Önden sıralı dolaşım algoritmasında takip edilen güzergah .....	55
Şekil 3.20. Faaliyet B1 ve Faaliyet E1 alternatiflerinin seçimi sonrasında oluşturulan şebeke .....	57
Şekil 3.21. Faaliyet B1 alternatifinin seçilmesi ile oluşturulan şebeke .....	58
Şekil 3.22. Faaliyet B2 ve Faaliyet E1 alternatiflerinin seçimi sonrasında oluşturulan şebeke .....	58
Şekil 4.1. Yazılımın süre ve bütçe kısıtları girilmeden oluşturduğu şebeke sayısı .....	60
Şekil 4.2. Referans şebekenin yazılım tarafından hesap edilen süre, maliyet ile değişim veya bakım maliyeti .....	61
Şekil 4.3. Referans şebekenin Microsoft Office Project tarafından hesap edilen süre ve maliyeti .....	61
Şekil 4.4. Yazılımın süre ve bütçe kısıtları girilmesi sonucu oluşturduğu şebeke sayısı .....	63



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. İnşaat sektörünün 2000-2015 yılları arasında GSYH'deki payı.....	1
Çizelge 1.2. İnşaat Sektöründe 2005-2015 yılları arasında istihdam edilen işçi sayısı ....	2
Çizelge 1.3. Yıllara Göre Yapı Ruhsatı verilen dairelerin artış oranı ile inşaat sektörünün büyüme hızı .....	3
Çizelge 2.1. Ağırlık ve kullanım ömrü farklı olan alternatif ürünler .....	13
Çizelge 2.2. Literatürde süre, maliyet ve kalite optimizasyonu üzerine yapılan çalışmaların özeti .....	21
Çizelge 3.1. A blok faaliyet ve miktarları .....	32
Çizelge 3.2. B blok faaliyet ve miktarları .....	33
Çizelge 3.3. Genel proje faaliyet ve miktarları .....	33
Çizelge 3.4. Alternatif geliştirilmeyen faaliyetler türleri .....	34
Çizelge 3.5. Farklı malzeme kullanımına olanak sağlayan faaliyetler türleri için oluşturulmuş olan alternatifler .....	35
Çizelge 3.6. Duvar örülmesi faaliyet türüne bağlı faaliyetler türleri için geliştirilen alternatifler .....	35
Çizelge 3.7. Faaliyetler arası uyumluluklar .....	36
Çizelge 3.8. Malzeme Uyumlulukları .....	36
Çizelge 3.9. Faaliyetleri kullanım ömrü ile değişim veya bakım maliyetleri .....	37
Çizelge 3.10. Örnek bir iş paketi çizelgesi.....	38
Çizelge 3.11. Örnek projenin günlük gideri.....	41
Çizelge 3.12. Örnek kapsamında faaliyetler için oluşturulan veriler.....	56
Çizelge 4.1. Faaliyetler için geliştirilen alternatif sayısı ve malzeme uyumluluğu gereği oluşturulması gereken şebeke sayısı .....	59
Çizelge 4.2. Referans şebekenin değişim veya bakım maliyeti hesabı.....	62
Çizelge 4.3. Yazılım tarafından çözüm kümesine dahil edilmiş olan şebekeler.....	63
Çizelge 4.4. BİMS-Çelik Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	64
Çizelge 4.5. BİMS-Gazbeton Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	64
Çizelge 4.6. Gazbeton-Çelik Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı .....	65
Çizelge 4.7. Gazbeto-Gazbeton Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı .....	65
Çizelge 4.8. Farklı kombinasyonlar sonucu projede oluşacak olan ısıtma enerjisi maliyeti.....	65
Çizelge 4.9. Farklı çatı tiplerine göre BİMS ve gazbeton malzemelerinin binanın ısıtma enerjisi maliyetine olan etkileri .....	69
Çizelge 4.10. Boya malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti .....	70

Çizelge 4.11. Duvar kağıdı malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti.....	70
Çizelge 4.12. Laminant malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti.....	71
Çizelge 4.13. Seramik malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti.....	71
Çizelge 4.14. Asma tavanlarda alüminyum malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti .....	71
Çizelge 4.15. Asma tavanlarda alçıpan malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti .....	72
Çizelge 4.16. Asma tavanlarda PVC malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti .....	72
Çizelge 4.17. PVC malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti .....	72
Çizelge 4.18. Ahşap malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti .....	73
Çizelge 4.19. Çelik konstrüksiyon çatı imalatının projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti.....	73
Çizelge 4.20. Gazbeton çatı imalatının projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti.....	73
Çizelge 4.21. Dış duvarda kullanılan malzemelere bağlı olarak çatı türlerinin projenin ısıtma enerjisi maliyetine olan etkileri.....	74
Çizelge 4.22. Dış duvarda kullanılan malzemelere bağlı olarak çelik konstrüksiyon çatının projenin yaşam döngü maliyetine olan etkisi.....	74
Çizelge 4.23. Dış duvarda kullanılan malzemelere bağlı olarak gazbeton çatının projenin yaşam döngü maliyetine olan etkisi.....	74
Çizelge 4.24. Faaliyet türlerinde belirlenmiş olan öznel ve nesnel olarak en kaliteli alternatif malzemeler.....	75
Çizelge 4.25. Çözüm kümesine dahil edilmiş olan şebekeler.....	75
Çizelge 4.26. Firma yetkilisinin projenin tamamlanması sonucu beklediği kazanç.....	77
Çizelge 4.27. Elle sıva ile dış ve iç duvarlarda BİMS kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı.....	78
Çizelge 4.28. Elle sıva ile dış duvarda gazbeton ve iç duvarda harman tuğla kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı.....	79
Çizelge 4.29. Elle sıva ile dış ve iç duvarlarda gazbeton kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı.....	79
Çizelge 4.30. Alçımatikle sıva ile dış ve iç duvarlarda BİMS kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı .....	79
Çizelge 4.31. Alçımatikle sıva ile dış duvarda gazbeton ve iç duvarda harman tuğla kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı.....	80
Çizelge 4.32. Alçımatikle sıva ile dış ve iç duvarlarda gazbeton kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı .....	80

Çizelge 4.33. Duvar kağıdı ile boya malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması.....	81
Çizelge 4.34. Laminant ile seramik malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması.....	81
Çizelge 4.35. Alçıpan ile alüminyum malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması..	82
Çizelge 4.36. PVC ile alüminyum malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması.....	82
Çizelge 4.37. Ahşap ile PVC malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması.....	82
Çizelge 4.38. Gazbeton ve çelik konstrüksiyon çatı malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması .....	83
Çizelge 4.39. Referans şebekenin öznel en kaliteli şebeke ile karşılaştırılması .....	84
Çizelge 4.40. Referans şebekenin nesnel en kaliteli şebeke ile karşılaştırılması.....	85
Çizelge 4.41. Referans şebekenin 2 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.42. Referans şebekenin 3 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.43. 3 numaralı şebekenin 4 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	87
Çizelge 4.44. 3 numaralı şebekenin 5 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	88
Çizelge 4.45. 5 numaralı şebekenin 6 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	88
Çizelge 4.46. 5 numaralı şebekenin 7 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	89
Çizelge 4.47. 5 numaralı şebekenin 8 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	89
Çizelge 4.48. 5 numaralı şebekenin 9 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	90
Çizelge 4.49. 9 numaralı şebekenin 10 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	90
Çizelge 4.50. 9 numaralı şebekenin 11 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	91
Çizelge 4.51. Referans şebekenin 17 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	92
Çizelge 4.52. 17 numaralı şebekenin 12 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	92
Çizelge 4.53. 17 numaralı şebekenin 13 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	93
Çizelge 4.54. 17 numaralı şebekenin 14 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	94
Çizelge 4.55. 17 numaralı şebekenin 15 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	94
Çizelge 4.56. 17 numaralı şebekenin 16 numaralı şebeke ile karşılaştırılması.....	95
Çizelge 4.57. Referans şebeke ile 13 numaralı şebekede kullanılan malzemelerin süre farkları .....	97
Çizelge 4.58. Referans şebeke ile 13 numaralı şebekenin işçixgün değerlerinin karşılaştırılması .....	99



## 1. GİRİŞ

İnsanların en temel ihtiyaçlarından bir tanesi de barınma ihtiyacıdır. İlk çağlarda hem yabani hayvanlardan hem de mevsimsel etkilerden korunmak adına insanlar doğada hazır bulunan mağara gibi yerlerde bu ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Ancak; uygarlığın gelişmesi ile beraber sosyalleşmeye başlayan insanlar için barınma ihtiyacının kapsamı da artmıştır. Önceleri sadece konutlar tarafından karşılanan barınma ihtiyacı, günümüzde konutların yanında işyerleri, oteller, üniversiteler, fabrikalar vb. yaşamsal alanlar tarafından da karşılanmaktadır. Bunun yanında; bu yapılara ulaşımı sağlamak için yol ihtiyacının, yapılarda kullanılmak üzere su, enerji ve altyapı ihtiyaçlarının doğması da barınma ihtiyacının kapsamını arttırmıştır. Bu durumda “İnşaat Sektörünü”; insanların barınma ile ilgili bütün ihtiyaçlarını karşılayan yapıların inşasından sorumlu geniş kapsamlı bir sektör olarak tanımlamak mümkündür. Günümüzde ise sektör tarafından ortaya konan eserler, ülkelerin gelişmişlik seviyesini ortaya koyan temel göstergelerin başında gelmektedir.

İnşaat sektörü, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, ekonomiye sağlamış olduğu katkıdan dolayı lokomotif sektör olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 1.1.’de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre İnşaat sektörünün 2000 - 2015 yılları arasında Gayri Safhi Yurtiçi Hasıla’sındaki (GSYH) payı ve büyüme hızı gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde inşaat sektörünün GSYH’deki ortalama payının yaklaşık %5,7 olduğu ve genelde GSYH’den daha hızlı büyüdüğü veya küçüldüğü anlaşılmaktadır. Diğer bir ifadeyle GSYH’nin büyüme hızı %0,7 ile %9,4 arasında değişirken, aynı zaman diliminde inşaat sektörünün büyüme hızı aralığı %0,6 ile %18,5’dir. Benzer şekilde hem ulusal hem de uluslararası ekonomik krizlerin yaşandığı 2001, 2008 ve 2009 yıllarında GSYH’nin küçülme hızı inşaat sektörüne göre daha düşüktür. Bu durum inşaat sektörünün durgun bir sektör olmadığını ve dinamik yapısından dolayı ülkenin ekonomik şartlarından doğrudan etkilendiğini göstermektedir.

Çizelge 1.1. İnşaat sektörünün 2000-2015 yılları arasında GSYH’deki payı

Yıl	İnşaat			Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (Alıcı fiyatlarıyla)		
	Değer	Sektör Payları	Büyüme hızı	Değer	Sektör Payları	Büyüme hızı
		%	%		%	%
2000	4 150 231 078	5,7	4,9	72 436 398 870	100,0	6,8
2001	3 426 908 127	5,0	-17,4	68 309 352 088	100,0	-5,7
2002	3 903 515 616	5,4	13,9	72 519 831 007	100,0	6,2
2003	4 207 040 410	5,5	7,8	76 338 192 546	100,0	5,3
2004	4 801 693 125	5,8	14,1	83 485 590 611	100,0	9,4
2005	5 250 284 280	5,8	9,3	90 499 730 897	100,0	8,4
2006	6 220 955 208	6,4	18,5	96 738 320 212	100,0	6,9
2007	6 573 647 371	6,5	5,7	101 254 625 465	100,0	4,7
2008	6 040 811 447	5,9	-8,1	101 921 729 924	100,0	0,7
2009	5 067 195 910	5,2	-16,1	97 003 114 411	100,0	-4,8
2010	5 996 258 124	5,7	18,3	105 885 643 938	100,0	9,2
2011	6 688 256 631	5,8	11,5	115 174 724 189	100,0	8,8
2012	6 726 223 560	5,7	0,6	117 625 021 083	100,0	2,1
2013	7 202 168 931	5,9	7,1	122 388 466 377	100,0	4,0
2014	7 377 564 283	5,8	2,2	126257810575	100,0	3,0
2015	7503515575	5,7	1,7	131289007998	100,0	4,0

Türkiye’de inşaat sektörü ekonomiye sağlamış olduğu katkının yanında, birçok insana da iş olanağı sağlamaktadır. Çizelge 1.2.’de TÜİK verilerine göre 2005 ile 2015 yılları arasında sektörde istihdam edilen işçilerin sayıları gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde inşaat sektöründe çalışan işçi sayısının her sene artmaya devam ettiği ve 2015 verilerine göre Türkiye’de çalışan işçilerin %7,1’inin inşaat sektöründe çalıştırıldığı görülmektedir. Kısa süreli küçük inşaat projelerinde, kayıt dışı işçi çalıştırıldığı gerçeği de dikkate alındığında bu oranın artacağı tartışılmaz bir gerçektir.

Çizelge 1.2. İnşaat Sektöründe 2005-2015 yılları arasında istihdam edilen işçi sayısı

Yıl	İnşaat (Bin)	Toplam (Bin)	Yüzde (%)
2005	1097	19633	5,6
2006	1192	19653	6
2007	1231	20209	6,1
2008	1238	20604	6
2009	1305	20615	6,3
2010	1434	21858	6,6
2011	1680	23266	7,2
2012	1717	23937	7,2
2013	1768	24601	7,2
2014	1912	25933	7,3
2015	1914	26621	7,1

TÜİK’in açıklamış olduğu veriler sadece inşaat sektörünü yani inşa edilen projelerde kullanılan kaynakları (para, işçilik, malzeme vb.) dikkate almaktadır. Bu yaklaşım aslında sektörün kapsamını daraltmaktadır. Özellikle inşaat projelerinde kullanılan malzeme ve iş makinelerinin imalatı; ulaşım, catering gibi hizmetler inşaat sektörü dışında kabul edilen sektörler tarafından sağlanmaktadır. Konut Geliştiricileri ve Yatırımcıları Derneği (KONUTDER) tarafından hazırlanmış olan 2013 Yılı Konut Sektörü Değerlendirme raporuna göre inşaat sektörü 250’ye yakın alt sektörü beslemektedir. Benzer şekilde; Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası (İNTES) tarafından 2015 yılında hazırlanan rapora göre inşaat sektörü 200’den fazla alt sektörün ürettiği mal ve hizmetlere talep yarattığı belirtilmiştir. Bu durumda inşaat sektörü; ülke ekonomisine sağlamış olduğu direkt katkının yanında bu alt sektörler aracılığıyla dolaylı olarak da katkı sağlamaktadır.

Her ne kadar inşaat sektörü insanların barınma ile ilgili bütün ihtiyaçlarını karşılayan yapıların inşasından sorumlu geniş kapsamlı bir sektör olarak tanımlanmış olsa da, Türkiye’de inşaatların %75’lik kısmını konut inşaatları oluşturmaktadır (KONUTDER 2013). Çizelge 1.3.’te TÜİK verilerine göre 2008 ile 2015 yılları arasında yapı ruhsatı verilen daire sayılarındaki artış oranı sektörün büyüme hızı ile karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere, genel anlamda her sene yapı ruhsatı verilen daire sayısı artmıştır. Sadece, 2010 ve 2014 yıllarında yapı ruhsatı verilen daire sayısında ortalamanın üzerinde bir artış gerçekleşmiştir. Bu anlamda; 2011 ve 2015 yıllarında sektör büyüme eğilimi göstermiş olmasına rağmen konut inşaatlarında bir azalma olmuştur. Ancak ortalama değerlere bakılacak olursa; 2008 ve 2015 yılları arasında konut inşaatlarının ve sektörün ortalama büyüme hızları

sırasıyla %12,15 ve %3,61 olmuştur. Bu durum; konut inşaatlarının sektörün büyüme hızını belirleyen en baskın proje tipi olduğunu kanıtlamaktadır.

Çizelge 1.3. Yıllara Göre Yapı Ruhsatı verilen dairelerin artış oranı ile inşaat sektörünün büyüme hızı

Yıl	Yapı Ruhsatı Verilen Daire Sayısı	Yıllık Artış Oranı (%)	Sektör Büyüme Hızı (%)
2008	503.565	-	-
2009	518.475	2,96	-16,1
2010	907.451	75,02	18,3
2011	650.127	-28,36	11,5
2012	768.599	18,22	0,6
2013	839.630	9,24	7,1
2014	1.029.107	22,57	2,2
2015	878.490	-14,64	1,7
	<b>Ortalama artış oranı</b>	<b>12,15</b>	<b>3,61</b>

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, ülke gelişimine büyük katkıda bulunan inşaat sektörünün düzgün bir gelişim gösterebilmesi için sektörün temel unsuru olan inşaat projelerinin etkin bir şekilde planlanması, yönetilmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda; inşaat sektöründe öncelikli hedefi kullanılan kaynakları dengeleyerek, bir projeyi en kısa zamanda, en düşük maliyette ve en yüksek kalitede tamamlamak olan birtakım yöntemler geliştirilmiştir. Bunun yanında; inşaat projeleri yapısı itibariyle bir çok katılımcının dahil olduğu, birbirini takip eden veya aynı anda yürütülen birden fazla faaliyetlerden oluşan ve bu faaliyetlerde zaman, para, malzeme, iş gücü gibi sınırlı ve geri dönüşümü zor olan veya hiç olmayan kaynakların tüketildiği karmaşık bir süreçtir. Özellikle inşaat malzemeleri sektörde çok çeşitlilik göstermektedir. Diğer bir ifadeyle; bir imalatın gerçekleştirilmesi için birden fazla alternatif malzemeler kullanılabilir. Bu alternatif malzemelerin maliyeti, uygulama yöntemlerindeki farklılıktan dolayı işçilik süresi ve kalitesi ile malzemenin özelliğine bağlı olarak kalitesi birbirlerinden farklılık göstermektedir. Dolayısıyla, bir inşaat projesi planlanırken alternatif malzeme kullanımının projenin toplam süresini, maliyetini ve kalitesini nasıl etkilediğinin belirlenmesi etkin bir planlama için büyük bir önem arz etmektedir.

İş programları projelerin planlama aşamasından sonra elde edilmekte olup, bir projenin nasıl yürütüleceğini yani hangi faaliyetin ne zaman başlayıp ne zaman tamamlanacağını, bu faaliyetlerde hangi kaynakların kullanılacağını ve bu kaynakların ne zaman şantiye alanına getirileceğini gösteren bir kılavuz niteliğindedir. Günümüz inşaat sektöründe iş programlarını oluşturmak için Microsoft Office Project ve Primavera gibi farklı yazılımlar kullanılmaktadır. Ancak; bu yazılımlar hesaplamalarını tek kaynak üzerinden yapmaktadır. Diğer bir ifadeyle; her bir faaliyette kullanılacak olan malzeme, ekip oluşumu ve mesai politikası sabittir. Bu durum yazılımların eş zamanlı olarak alternatif kaynak kullanımının projelerin süre, maliyet ve kalitelerine olan etkilerinin değerlendirilmesine olanak sağlamamaktadır. Literatürde ise farklı optimizasyon teknikleri kullanılarak alternatif kaynak kullanımının projenin süre, maliyet ve kalitesine olan etkilerinin eş zamanlı olarak değerlendirildiği birtakım

modeller geliştirilmiştir. Ancak; bu modellerde çok boyutlu olan kalite kavramının projeyi temsilen tek bir sayısal değer ile ifade edilmiş olması ve alternatif malzeme etkeninin genelde kaynak oluşumuna dahil edilmemesinden dolayı malzemedeki kaynaklanan faaliyetler arasındaki uyumluluğun dikkate alınmamış olması geliştirilen bu modellerin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Yürütülmüş olan tez çalışmasında; özellikle konut projeleri için alternatif malzeme kullanımının kaynak oluşumuna dahil edildiği, malzemeye bağlı olarak ortaya çıkan faaliyetler arasındaki uyumluluğun dikkate alındığı ve kalitenin tek bir sayısal değer ile ifade edilmesi yerine projenin tamamlanması sonucunda ortaya çıkan kalite göstergelerinin ayrı ayrı hesap edildiği bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Bu kapsamda; model dahilinde yapılacak olan hesaplamaları kolaylaştırmak adına da bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.



## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Proje Kavramı

Üretimin yapıldığı veya hizmetin sunulduğu bütün sektörlerde; amaç, müşteri kitlesi, çevre koşulları gibi sektörlerin karakteristiğini oluşturan unsurlar farklılık gösterse de “proje” kavramı ortaktır. Diğer bir ifadeyle; üretimin veya hizmetin olduğu bütün sektörlerde ister formel ister enformel olsun her zaman bir proje geliştirilmekte ve yürütülmektedir. Proje Yönetimi Bilgi Birikimi Kılavuzunda (PMBOK 2008) proje, “benzersiz bir ürün, hizmet ya da sonuç yaratmak için yürütülen geçici bir girişim” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımda “geçici” kelimesi her projenin tanımlı bir başlangıcı ve bitişi olduğunu, “benzersiz” kelimesi ise üretilen ürün veya hizmetin benzer ürün ve hizmetlerden farklı olduğu anlamına gelmektedir (Rumane 2011). Diğer bir tanımda ise projenin; tanımlanmış amacı, süresi ve bütçesi olan, birbirleriyle bağlantılı faaliyetlerden oluşan ve bu faaliyetlerin farklı katılımcılar tarafından yürütüldüğü karmaşık bir süreç olduğu belirtilmiştir (Archibald 1992). Bu tanım ile proje kavramına “amaç” ile “kalite”, “bütçe” ile de “maliyet” unsurları dahil edilmiştir. Literatürde proje kavramı yazarların amaçlarına göre tanımlanmış olmalarına rağmen, bütün tanımlarda “kalite”, “süre” ve “maliyet” unsurlarından en az bir tanesine vurgu yapılmaktadır. Proje üçgeni olarak kabul edilen bu 3 unsur projelerde bulunması gereken temel özellikler olup, projenin diğer özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Archibald 1992, Ottosson 2013):

- Projeler bir ihtiyaçtan veya sorundan doğmaktadır,
- Projelerin hedefi proje tamamlandıktan sonra bu ihtiyacın veya sorunun karşılanmasıdır,
- Projelerde bu hedefe yönelik faaliyetler bulunmaktadır,
- Bu faaliyetlerde malzeme, süre, para, insan gücü gibi belirli kaynaklar tüketilmektedir,
- Projelerde birden fazla katılımcı bulunabilmekte ve bir projeye başlanmadan önce bunlar belirlenmektedir,
- Projelerin belirlenmiş bir mekanı bulunmaktadır,
- Projeler daha önceden yapılmış bir projenin kopyası veya tekrarı değildir,
- Projelerde bir iş programı bulunmaktadır,
- Projelerin bir yaşam döngüsü vardır,
- Projelerin sürdürülebilirliğin nasıl sağlanacağı açıklanmıştır,
- Projelerin varsayımları net ve kabul edilebilirdir,
- Projelerin başında ortaya çıkan belirsizlikler projelerin tamamlanmasına yakın azalmaktadır.

Projelerin bir ihtiyacı karşılamak adına geliştiriliyor olması, projelerin kapsamının kesin bir şekilde belirlenmesini zorunlu hale getirmektedir. Kapsamın belirlenmesinde ise dikkat edilmesi gereken husus eldeki kaynaklarla ihtiyacın hangi seviyede karşılanacağını değerlendirilmesidir. Diğer bir ifadeyle; her proje için birtakım alt veya üst sınırların belirlenmesi ve projenin bu sınırlar kapsamında yürütülmesi gerekmektedir. Kalite, kısaca bir ihtiyacın karşılanma seviyesi olarak tanımlanmaktadır (Oakland ve Marosszeky 2006). Dolayısıyla birinci alt sınır kalitedir. Diğer taraftan, bir proje sonsuz olmayıp her proje için öngörülmuş olan bir süre vardır. Bu anlamda birinci üst sınır zamandır. Son olarak; proje kapsamında yürütülen

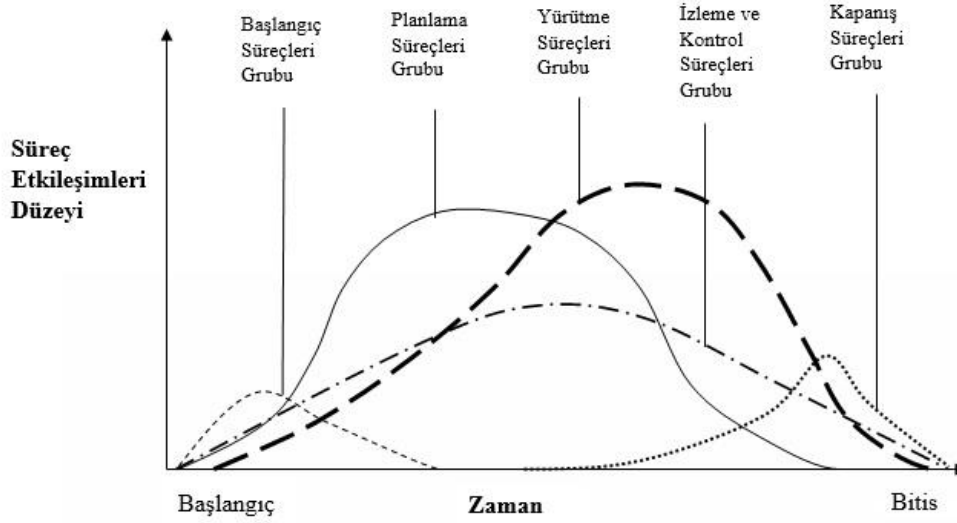
faaliyetlerde iş gücü, makine ve malzeme gibi kaynakların tüketilmesi sonucunda ortaya bir maliyet çıkmaktadır ve bu maliyetin proje için öngörülmüş olan bütçeyi aşmaması gerekmektedir. Bu durumda ise son üst sınır bütçe olmaktadır. Sonuç olarak; proje kavramını kısaca, bir ihtiyacı istenilen kalite ile öngörülmüş süre ve bütçe dahilinde karşılamak adına yürütülen faaliyetler topluluğu olarak tanımlamak mümkündür.

## 2.2. Proje Yönetimi Kavram

Süre, maliyet ve kalite unsurları bir projenin hem birbiriyle ilişkili hem de birbiriyle çelişen özellikleridir (Ghodsı 2009). Dolayısıyla; bütün projeler istenilen kalite, süre ve maliyette tamamlanabilmesi için iyi yönetilmelidir (Archibald 1992). Ancak; projelerde farklı uzmanlık alanları olan birden fazla katılımcının bulunması, projelerin birbiriyle bağlantılı faaliyetlerden oluşması ve bu faaliyetlerde farklı kaynakların tüketilmesi projeleri karmaşık hale getirmekte ve sonuç olarak da yönetimini zorlaştırmaktadır. Özellikle günümüzün rekabetçi ortamında bu karmaşıklığı gidererek projeleri mümkün olan en kısa zamanda, maksimum kalite ve minimum maliyet ile tamamlamak proje yöneticileri için önemli bir amaç haline gelmiştir (Ghodsı 2009). Bu kapsamda; Proje Yönetimi kavramı PMBOK'da "bilgilerin, becerilerin, araçların ve tekniklerin projenin gereksinimlerini yerine getirmek amacıyla proje aktivitelerine uygulanması" olarak tanımlanmıştır. Proje yönetiminin öncelikli amacı her ne kadar zamanı, parayı, insan gücünü, makine ve teçhizatı en verimli şekilde kullanarak projeyi en uygun süre ve maliyet ile en kaliteli şekilde tamamlamak olsa da, mevcut durumdan ders alarak ileriki zamanda yürütülecek olan projelere kazanılan tecrübelerin aktarılması da önemlidir.

## 2.3. Proje Süreçleri

Proje Yönetimi temelde planlama, izleme ve kontrol faaliyetlerinden oluşmaktadır (Babu 1996). Ancak; projelerin belirli bir zaman dilimine yayılmış olmalarından dolayı bu faaliyetler sadece projenin belirli aşamalarında ve genelde farklı katılımcılar tarafından yürütülmektedir. Dolayısıyla; etkin bir proje yönetimi için öncelikle bir proje belirli süreçlere ayrılmalı ve sonrasında ise her süreçte gerçekleştirilecek olan faaliyetler belirlenmelidir. Bu anlamda; PMBOK proje yönetiminde bulunan toplam 42 farklı süreci 5 grup altında toplamıştır (Şekil 2.1). Şekilde de görüldüğü gibi bu süreç grupları arasında kesin sınırlar bulunmayıp bunlar etkileşim içerisinde. Diğer taraftan; bu süreçler her projede ortak olmasına rağmen, projelerin uygulandığı sektöre bağlı olarak süreç kapsamında yürütülen faaliyetler, faaliyetlerde kullanılan kaynaklar ve süreçlerin süresi önemli farklılık göstermektedir. Bu anlamda; PMBOK tarafından tanımlanan süreçler EK 1'de verilmiş olup, tezin bu bölümünde süreçler kapsamında yürütülecek olan faaliyetler açıklanmamıştır. Tezin ilerleyen bölümünde ise inşaat projelerinde her süreçte yürütülmesi gereken faaliyetler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Proje Yönetimi süreç grupları ve bunların etkileşimi (PMBOK 2008)

#### 2.4. İnşaat Projelerinin Özellikleri ve Yönetimi

Proje kavramı bütün sektörler için ortak olmasına rağmen, literatürde sektöre özel yapılan tanımlarda, o sektörün öne çıkan karakteristiklerine vurgu yapılmaktadır. Barutçugil (1984) yapmış olduğu tanımda inşaat projelerini “belirli kaynaklarla belirli bir zaman içerisinde tamamlanması gereken ve tekrarlanmayan özel faaliyetler topluluğu” olarak tanımlamıştır. Bigat (1980) ise inşaat projelerinin gerçekleştirildiği şantiyeleri bir fabrikaya benzeterek proje kapsamında gerçekleştirilen üretimin bir defaya mahsus olup üretilen işin de sınırlı olduğunu belirtmiştir. Her iki tanımda da inşaat projelerinin özellikle özgün olduklarına vurgu yapılmıştır.

Bütün projeler daha önceden yapılmış bir şeyin kopyası veya tekrarı değildir (Ottoson 2013). Dolayısıyla, aslında bütün projeler özgündür. Bir projenin özgünlüğünü, projenin yürütüldüğü çevre, proje katılımcılarının organizasyon yapısı, projenin barındırdığı faaliyet türleri gibi etkenler ortaya koymaktadır. Bu anlamda; inşaat projelerinin özgünlüğünü ortaya koyan 4 temel özellik aşağıda özetlenmiştir:

- Öncelikle, inşaat projeleri belirli bir bölgede yaşayan insanların ihtiyaçlarını karşılamak adına yürütülmektedir. Bu anlamda her inşaat projesi; projenin yürütüldüğü bölgenin jeolojik yapısı, kültürel yapısı, yasal düzenlemeler, iklim koşulları gibi bölgeye has faktörlerinden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Dolayısıyla; her inşaat projesinde proje katılımcıları, uygulanan metotlar vb. ülkeden ülkeye veya bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir (Ottoson 2013).
- İnşaat sektörünü diğer sektörlerden ayıran bir diğer özellik ise proje katılımcılarının organizasyon yapısıdır. Üretim odaklı projelerde genel anlamda 3 ana katılımcı

grubu bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla projenin yürütülebilmesi için gerekli olan kaynakları sağlayan ve talimatları veren işveren, proje kapsamında yürütülecek faaliyetleri planlayan ve gerçekleştiren tasarımcılar ve uygulamacılar ile projenin tamamlanmasıyla ortaya çıkan ürünü kullanacak olan tüketicilerdir. İmalat sektöründe yürütülen projelerde işveren ile tasarımcı ve uygulamacılar aynı işletme altında organize edilmişlerdir. Bu anlamda; tek bir işletme tarafından hem projenin kapsamı belirlenmekte hem de proje için gerekli olan faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla işletmeler; bir proje sonucu ortaya çıkan ürün için tüketici arayışına girmek zorundadırlar. İnşaat projelerinde ise genelde işveren ve tüketici aynı grup altında, tasarımcılar ve uygulamacılar ise farklı bir grup altında organize edilmişlerdir. Diğer bir ifadeyle; inşaat projelerinin tamamlanmasıyla ortaya çıkan yapının kullanıcısı proje başlamadan önce bellidir (Bigat 1980). Bu durumda ise projenin kapsamı işveren ve tüketici tarafından belirlenirken, projenin yürütülmesi için gerekli faaliyetlerin planlanması ve gerçekleştirilmesi tasarımcı ile uygulamacıların sorumluluğu altındadır.

- İnşaat projeleri kapsamında yürütülen faaliyetler genelde açık alanda ve insan gücü kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla; hem günlük hava durumunun aylar öncesinden tahmin edilmesinin zor olması hem de işçilerin makinalar gibi sabit bir verimliliğe sahip olmaması nedenleriyle inşaat projeleri bünyesinde birtakım belirsizlikler barındırmaktadır. Bu belirsizlikler ise özellikle proje sürelerinin kesin olarak hesap edilmesini zorlaştırmaktadır.
- Son olarak; inşaat projelerinde seri üretim yapılmamakta olup montaj işleri de sınırlıdır. Dolayısıyla; üretim faaliyetleri bir defaya mahsus olarak yürütülmekte ve bir hata ortaya çıktığı zaman o faaliyetin tamamlanması sonucu ortaya çıkan ürün ya yıkılıp baştan yapılmakta veya düzeltmeye yönelik hesapta olmayan ve dolayısıyla da önceden planlanmamış faaliyetler yürütülmektedir (Rumane 2013). Her iki durumda ortaya çıkan ürünün kalitesi sağlanmış olsa bile projenin süresi ve maliyetinde bir artış olmaktadır. Bunun yanında; üretim faaliyetleri belirli bir yapı elemanını oluşturmak amacıyla aynı mekanda ve birbirlerini takip edecek şekilde yürütülmektedir. Bu anlamda; herhangi bir faaliyetin hatalı yürütülmesi o faaliyete bağlı diğer faaliyetlerin kalitesini, süresini ve maliyetini doğrudan etkilemektedir.

İnşaat projelerinin özgün olması aynı zamanda yönetimini de özgün kılmaktadır. İnşaat projelerini özgün kılan temel özellikleri dikkate alındığında, proje yönetiminin öncelikli amacının üretim faaliyetlerini ilk defada hatasız bir şekilde tamamlanmasını sağlayacak gerekli planlama, izleme ve kontrol faaliyetlerini gerçekleştirerek bir projeyi istenilen kalite, süre ve maliyette tamamlamak olduğu anlaşılmaktadır. Bu anlamda; etkin bir proje yönetimi için projelerin süreçlere ayrılmasının yanında, projenin büyüklüğü, uygulanacağı bölge ile projelerde kullanılacak olan kaynaklar ve bunların temin yolları dikkat edilmesi gereken önemli hususlardır.

## 2.5. İnşaat Projelerinin Süreçleri

İnşaat projeleri farklı proje teslim sistemleri ile yürütülmektedir. Proje teslim sistemlerini birbirlerinden ayıran temel özellik ise hangi proje katılımcısının projenin hangi sürecinde projeye dahil olacağını farklılık göstermesidir. Bu anlamda; literatürde farklı araştırmacılar inşaat projesini farklı süreçlere ayırmışlardır. Örnek olarak Bigat (1980) inşaat projelerini PMBOK'ta olduğu gibi başlatma, planlama, uygulama, kontrol

ve sonlandırma olmak üzere 5 farklı sürece ayırmıştır. Diğer taraftan; Koskela vd (2002) yalın proje teslim sistemi kapsamında inşaat projelerini proje tanımlama, yalın tasarım, yalın tedarik, yalın kurulum (montaj), ürün kontrolü, iş yapılması ve kullanım olmak üzere 7 farklı sürece bölmüştür. Benzer şekilde; Benett (2003) ise tasarla-teklif ver-inşaat et proje teslim sistemine uygun olarak inşaat projelerini ön proje, planlama ve tasarım, yüklenici seçme, mobilizasyon, uygulama ve kapanış olmak üzere 6 sürece ayırmıştır. Ancak; bütün inşaat projelerinde, uygulanan proje teslim sisteminden bağımsız olarak, projenin başlangıcından sonuna kadar hemen hemen aynı faaliyetler aynı sırayla yürütülmektedir. İnşaat projelerinde süreçler arasında kesin bir çizgi bulunmamasına rağmen, genelde benzer amaçlı faaliyetler projenin belirli süreçlerinde yoğunlaşmaktadır. Bu anlamda; faaliyetleri yoğunlaştığı süreçler dikkate alınır bir inşaat projesini kavramsal çalışmaların yapıldığı proje başlangıç, projenin yürütülmesi için gerekli planlamaların yapıldığı proje planlama ve ürünün fiziki olarak ortaya konulduğu proje uygulama olarak 3 ana sürece ayırmak mümkündür (Ottoson 2013). İzleme ve kontrol ile ilgili faaliyetler proje sürecince herhangi bir faaliyetin uygulanması esnasında veya tamamlanmasından sonra yürütülmektedir. Dolayısıyla Şekil 2.3.1.'de de görüldüğü gibi bu faaliyetler bir projenin bütün süreçlerini kapsamaktadır. Bu tez çalışmasında ise izleme ve kontrol süreci faaliyetlerinin diğer faaliyetlerle bağlantılı olmasından dolayı ayrı bir süreç grubu olarak değerlendirilmemiştir.

İNŞAAT PROJELERİNDE BAŞLANGIÇ SÜRECİNİN ÖNCELİKLİ AMACI ELDEKİ MEVCUT KAYNAKLARI DEĞERLENDİREREK PROJENİN KAPSAMINI BELİRLEMektir. Bu anlamda; hangi tür yapının yapılacağı, projenin bütçesi, projenin tamamlamak için öngörülen süre, projeden beklenen kalite, riskler, proje teslim sistemi, sözleşme türü, proje katılımcıları ve bunların sorumlulukları belirlenir (Bennett 2003, Ottoson 2013).

Planlama süreci ise temelde iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada başlangıç sürecinde belirlenen proje kıstasları dikkate alınarak planlama sürecinde yürütülecek diğer faaliyetler için temel oluşturacak olan yapının mimari, statik, elektrik ve mekanik projeleri hazırlanmaktadır. Bu aşamadan sonra ise planlama süreci kapsamındaki faaliyetler 3 farklı kategoride yürütülür (Pierce 2004);

- 1. Üretim faaliyetlerinin planlanması:**Bu kategoride yapıyı fiziki olarak ortaya koyan faaliyetlerin planlanması yapılmaktadır. Bu amaçla; öncelikle projenin tamamlanması için yürütülmesi gereken faaliyetler belirlenerek bir iş kırılım yapısı oluşturulmaktadır. Sonrasında ise her faaliyette hangi malzeme ve ekipmanların kullanılacağı, kaç işçi çalıştırılacağı ve her faaliyetin süresi belirlenmektedir. Son olarak; faaliyetler arasındaki mantıksal bağ dikkate alınarak bir iş programı oluşturulmaktadır.
- 2. Tedarik faaliyetlerinin planlanması:** Bu kategoride ise proje süresince kullanılacak olan kaynakların iş programına uygun olarak projenin hangi aşamasında ve hangi yollardan temin edileceği planlanmaktadır.
- 3. Yönetim faaliyetlerinin planlanması:** Yönetim faaliyetleri her ne kadar yapıyı fiziki olarak ortaya koymaya yönelik faaliyetler olmasa da, üretim ve tedarik faaliyetlerinin düzgün bir şekilde yürütülebilmesi adına büyük önem taşımaktadır. Diğer bir ifadeyle; yönetim faaliyetleri, proje kapsamındaki diğer faaliyetlerin planlanan şekilde tamamlanmasını sağlamak adına gerekli

planlama, izleme ve kontrolleri yapmaktadır. Bu anlamda; proje yönetiminde bulunan süre, maliyet, risk, kalite gibi bilgi alanları kapsamında yürütülecek olan faaliyetler planlanarak diğer faaliyetlerin nasıl izlenip kontrol edileceği belirlenmektedir.

Planlama sürecinde genel anlamda proje kapsamında yürütülecek olan faaliyetler teorik olarak hazırlanmaktadır. Dolayısıyla; inşaat projelerinin uygulama süreci, teorik olarak hazırlanan faaliyetlerin pratiğe dönüştürüldüğü aşamadır. Bu kapsamda; üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ile yapı fiziki olarak oluşturulurken tedarik ve yönetim faaliyetleri ise üretim faaliyetlerini desteklemektedir.

İnşaat projelerinde de süreçler arasında kesin bir ayrım olmayıp bunlar etkileşim içerisindeyler. Bu özelliğe rağmen inşaat projelerinde yürütülen faaliyetler ilk süreçten son sürece doğru akmakta olup her süreçte elde edilen çıktılar takip eden süreç için bir temel oluşturmaktadır (Bennett 2003). Dolayısıyla; her bir sürecin başarısı, doğrudan kendinden önceki süreçte elde edilen verilerin güvenilirliğine bağlıdır. Literatürde inşaat projelerinin planlama ile uygulama süreçleri arasındaki etkileşim “inşa edilebilirlik” kavramını ortaya çıkarmıştır (Yang vd 2003). İnşa edilebilirlik, The Construction Industry Institute (CII) tarafından bütün proje hedeflerine ulaşmak amacıyla planlama, mühendislik, tedarik ve saha faaliyetleri ile ilgili bilgi ve tecrübenin optimum şekilde entegrasyonu olarak tanımlanmıştır. Amerikan İnşaat Mühendisleri Odası (ASCE) inşaat bölümünün yapım yönetimi komitesi (1991) ise bir projenin inşa edilebilir olmasının o projenin istenilen kalite, süre ve maliyette tamamlanma ihtimalini arttırdığını belirtmiştir. İnşa edilebilirlik inşaat projelerinin bütün süreçlerini kapsamına rağmen esasen planlama sürecinde biçimlendirilmekte olup bu kapsamda projenin yürütüleceği bölge, projede kullanılacak olan malzemeler, iş makineleri ve ekipmanlar, uygulanabilecek metotlar, bilgi paylaşımı gibi etkenler değerlendirilmektedir (Wong vd 2006).

Proje için öngörülmüş olan süre ve bütçenin çoğunluğu uygulama sürecinde harcanmaktadır (Oberlender 2000). Bu anlamda; inşaat projelerinde genel olarak uygulama sürecine daha fazla önem verilmektedir. Ancak; planlama süreci kullanıcı ihtiyaçları için çözümlerin geliştirildiği (Lam vd 2006) ve bu amaca yönelik birtakım kararların alındığı bir süreçtir. Diğer bir ifadeyle; inşaat projeleri uygulama sürecinde yoğunlaşmış olmasına rağmen, bu süreçte faaliyetlerin nasıl yürütüleceğine planlama sürecinde karar verilmektedir. Dolayısıyla; planlama sürecinin bir projenin inşa edilebilirliğinin geliştirilmesinde önemli bir rolü bulunmaktadır (Lam vd 2006).

## **2.6. İnşaat Projelerinde Süre, Maliyet ve Kalite Kavramları**

Süre, maliyet ve kalite kavramları bir inşaat projesinin kapsamını belirleyen temel unsurlardır. Bu anlamda; proje kapsamında yürütülen faaliyetlerde kullanılacak olan kaynaklar bu 3 unsur dikkate alınarak hesap edilmektedir. Dolayısıyla bir inşaat projesinde; süre ve maliyeti faaliyetlerde kullanılan temel kaynaklar, kaliteyi ise proje sonucunda ortaya çıkması istenilen durum olarak tanımlamak mümkündür.

Bir inşaat projesinin süresi, maliyeti ve kalitesi başlangıç ve planlama süreçlerinde belirlenmiş olmasına rağmen, projenin gerçek süresi, maliyeti ve kalitesi

ancak uygulama aşamasında ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla; inşaat projelerinde süre, maliyet ve kalite unsurlarının “tasarlanan” ve “gerçekleşen” olmak üzere iki farklı değeri ortaya çıkmaktadır. Proje yönetiminin amacı ise, uygulama aşamasında tasarlanan ile gerçekleşen değerlerin örtüşmesini sağlamaktır. Diğer bir ifadeyle; gerçekleşen süre, maliyet ve kalite değerleri proje kapsamında yürütülen yönetim faaliyetlerine bağlıdır. Tasarlanan değerler ise eldeki mevcut kaynakların planlamacıların bilgi birikimi ve tecrübesi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilmektedir.

İnşaat projelerinde en fazla kaynağın uygulama sürecinde tüketiliyor olması, aynı zamanda bu süreci projenin süresini, maliyetini ve kalitesini belirleyen veya etkileyen temel süreç haline getirmektedir. Dolayısıyla; planlama sürecinde projenin süresi, maliyeti ve kalitesi uygulama sürecinde yürütülecek olan üretim faaliyetleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Bu bölümde ise sadece projenin üretim faaliyetlerinden etkilenen süre, maliyet ve kalite kavramları üzerine durulmuştur.

### 2.6.1. Süre kavramı

Her proje için önceden öngörülmüş olan bir süre vardır. Bir projenin bu süre içerisinde veya daha erken bitirilmesi, şantiye genel giderleri, ofis giderleri, umumi giderler gibi inşaatın süresine bağlı olarak değişen masrafların azalmasına ve yapının zamanından önce işletmeye sokulmasından dolayı da erken kazanç sağlanmasına neden olacaktır. Dolayısıyla; sınırlı olan bu sürenin etkin bir şekilde kullanılabilmesi adına her üretim faaliyetinin süresini etkileyen faktörlerin ve bunların süreyi nasıl etkilediklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Üretim faaliyetlerinin süresi, yapılacak olan iş miktarının o faaliyette çalıştırılacak işgücü veya iş makinesinin günlük verimliliğine bölünmesi ile hesap edilmektedir. İş miktarları mimari, statik, elektrik ve mekanik çizimlerden net bir şekilde hesap edilebilirken, bu durum özellikle işgücü verimliliği için geçerli değildir. İş gücü verimliliğinin projenin uygulandığı bölge, faaliyetlerde kullanılan malzeme, çalıştırılan işçilerin kişisel becerileri, şantiye koşulları gibi faktörlere bağlı olması (Jarkas vd 2012, Mahamid 2013, Abrey ve Smallwood 2014, El-Gohary vd 2014) verimliliğin kesin olarak hesap edilmesini zorlaştırmaktadır. Kesin değerlerin hesaplanması ancak faaliyetler tamamlandıktan sonra mümkündür. Ancak uygulamada; planlamacılar hem önceki projelerden elde ettikleri tecrübelerden hem de farklı kurumların yapmış oldukları birim fiyat analizlerinden faydalanarak her faaliyet için bir verimlilik değeri belirleyerek faaliyetlerin sürelerini hesap etmektedir.

Toplam proje süresinin hesap edilebilmesi için farklı planlama teknikleri bulunmasına rağmen, inşaat sektöründe yaygın olarak Kritik Yol Yöntemi (KYY) kullanılmaktadır. KYY’de öncelikle faaliyetler arasında mantıksal bağlantılar kurularak bir ağ diyagramı oluşturulmakta, sonrasında ise her faaliyetin süresi dikkate alınarak kritik yol belirlenmektedir. Kritik yol, ağ diyagramı üzerinde bulunan ve toplam proje süresini belirleyen en uzun faaliyet yoludur. Kritik yol üzerinde bulunan faaliyetleri diğer faaliyetlerden ayıran en belirgin özellik bolluklarının bulunmamasıdır. Bir faaliyetin bolluğu, toplam proje süresini etkilemeden o faaliyette ne kadar süre uzatımı yapılabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla; kritik yol üzerinde bulunmayan bir

faaliyette bolluğu aşmadan gerçekleşen süre uzatımı toplam proje süresini etkilemeyecektir. Benzer şekilde; bu faaliyetlerde süre kısaltımı da toplam proje süresini etkilemeyecektir. Bu anlamda; inşaat projelerini süresinin hesaplanmasında veya kısaltılmaya çalışılmasında kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlere odaklanılmaktadır.

### 2.6.2. Maliyet kavramı

İnşaat projelerinin toplam maliyetinin büyük kısmı direkt ve indirekt maliyetlerden oluşmaktadır (Adeli ve Karim 2001). Direkt maliyet yapıyı fiziki olarak ortaya koyan üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan maliyettir (Bennett 2003). Dolayısıyla; direkt maliyeti, üretim faaliyetinde çalıştırılan işçi ve iş makinelerinin ücreti ile faaliyetlerde kullanılan malzemenin maliyeti oluşturmaktadır. Endirekt maliyetler ise genelde umumi giderler, merkez ofis giderleri, ilk tesis maliyeti ile genel şantiye giderleri olmak üzere 4 grup altında incelenmektedir. Umumi giderler ile ilk tesis maliyeti inşaat projelerinin büyüklüğüne göre değişmekte olup, projenin süresinden bağımsızdır. Merkez ofis ile genel şantiye giderleri ise projenin büyüklüğü yanında süresine de bağlıdır. Dolayısıyla; üretim faaliyetleri doğrudan olmasa bile dolaylı yoldan merkez ofis ile genel şantiye giderlerini etkilemektedir.

İnşaat projelerinde maliyet kavramının yanında bütçe kavramının da incelenmesi gerekmektedir. Maliyet, bir projenin yürütülmesi için gerekli kaynakların tüketilmesi sonucu ortaya çıkarken; bütçe ise işverenin o projenin tamamlanması için ayırmış olduğu paradır. Dolayısıyla; bir projenin bütçe dahilinde bitirilmesi işverenin faydasına, bütçeyi aşması ise zararlıdır. Bu anlamda; proje yönetiminin öncelikli amaçlarından birisi projeyi minimum maliyet ile tamamlamak olsa da, yeni teknolojilerin, kaliteli veya sağlam malzemelerin kullanımı gibi projeye değer katacak alternatiflerin de bütçeyi aşmaması halinde değerlendirilmesi ve üretim faaliyetlerinin bu doğrultuda planlanması gerekmektedir.

### 2.6.3. Kalite kavramı

Kalite göreceli bir kavram olup, farklı insanlar için farklı anlamlar taşımaktadır (Chung 1999). ISO kaliteyi bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerinin toplamı olarak tanımlarken, Juran ve Godfrey (1998) kalitenin kısaca ihtiyaçların karşılanması olduğunu belirtmiştir. Bu anlamda; bir ürün veya hizmetin kalitesini, ürün veya hizmetin toplam özelliklerinden ziyade ihtiyaçları karşılayan özellik veya özellikleri belirlemektedir. Diğer bir ifadeyle; müşteriler bir ürün veya hizmetin sahip olduğu birtakım kalite göstergelerini değerlendirerek ürün veya hizmetin kaliteli olup olmadığına karar vermektedir. Bunun yanında; genelde bir ürün veya hizmetin kalitesini birden fazla kalite göstergesi belirlemektedir. Ancak; bu kalite göstergelerinin hepsinin ürün veya hizmetin kalitesini yükselteceği anlamı taşımamaktadır. Bu durum; kalite değerlendirmesi yapılırken birtakım alt sınırların belirlenmesini zorunlu kılmıştır. Örnek olarak; Çizelge 2.1'de ağırlık ve kullanım ömrü olmak üzere iki farklı kalite göstergesine sahip ve aynı işlevi gören alternatif ürünler gösterilmiştir. Bu durumda; ağırlık açısından A, kullanım ömrü açısından ise D ürünü diğer alternatiflere göre daha kalitelidir. Ancak; müşteri ihtiyacının minimum 70 kg ağırlık ve 8 yıl kullanım ömrü olduğu durumda ise sadece C ve D ürünleri müşteri ihtiyaçlarını tamamen karşılamaktadır. Diğer bir ifadeyle; A



ürünü ağırlık açısından kaliteli olsa bile kullanım ömrü müşteri ihtiyacını karşılamadığı için müşteri açısından kalitesizdir. C ve D ürünleri arasından hangisinin daha kaliteli olduğu ise müşterinin bu iki kalite göstergesine vermiş olduğu önem derecesine bağlıdır. Dolayısıyla; müşteri açısından ağırlık kullanım ömrüne göre daha önemliyse o zaman C ürünü D ürününe göre daha kalitelidir.

Çizelge 2.1. Ağırlık ve kullanım ömrü farklı olan alternatif ürünler

<b>Ürün Adı</b>	<b>Ağırlık</b>	<b>Kullanım Ömrü</b>
A	100 kg	6 yıl
B	90 kg	7 yıl
C	80 kg	9 yıl
D	70 kg	10 yıl
E	60 kg	7 yıl

Literatürde inşaat projelerinde kalite tanımı da benzer içerikli olup projelerin özgünlüğünden dolayı süre ve maliyet kavramlarına da vurgu yapılmaktadır (Atkinson 1995, Chung 1999, Tang vd 2005, Oakland ve Marosszey 2006, Rumane 2013). İnşaat projelerinde kalitenin tanımları benzerlik gösterse de kapsamı farklılık göstermektedir. Örnek olarak; Chung (1999) bir yapının yaşam döngüsü boyunca tasarlandığı gibi işlev görmesi halinde kaliteli olacağını savunarak kalite kapsamını inşa edilen yapı ile sınırlandırmıştır. Diğer taraftan; Rumane (2013) inşaat projelerinde kalitenin sadece projede kullanılan malzeme ve ekipmanlardan oluşmadığını ve kaliteyi toplam yönetim anlayışının da belirlediğini ifade ederek kalite kapsamına proje yönetimini de eklemiştir. Ancak; kalitenin kapsamı ne olursa olsun, inşaat projelerinde kalitenin sağlanabilmesi için öncelikle müşteri ihtiyaçları belirlenmeli, sonrasında bu ihtiyaçların nasıl karşılanacağı planlanmalı ve son olarak uygulama aşamasında ihtiyaçları karşılayacak olan faaliyetlerin düzgün bir şekilde tamamlanması sağlanmalıdır. Bunun yanında; yapıların gerçek kalitesi ancak yapı tamamlandıktan yıllar sonra ortaya çıktığından dolayı inşaat projelerinin kalitesi sadece tasarım özellikleri açısından yorumlanabilir (Chung 1999). Bu anlamda inşaat sektöründe, kullanım aşamasında ortaya çıkan yapının kalitesinden ziyade, inşaat projelerinin tasarım ve işçilik kalitelerinin üzerinde durulmaktadır. Diğer bir ifadeyle; inşaat projesinin kaliteli bir şekilde tamamlanması halinde yapının da kaliteli olacağı varsayımı yapılmaktadır.

Atkinson (1995) inşaat projelerinin kalitesinin planlama ve uygulama aşamalarında farklı unsur veya etkenlere bağlı olarak türediğini belirtmiştir:

Planlama sürecinde kalitenin türediği unsurlar;

- İlk baştaki talimatın güvenilirliği,
- Tasarımın dayandırıldığı bilgilerin güvenilirliği ve ürün (malzeme) seçimi,
- Tasarım detaylarının ve şartnamelerin güvenilirliği,
- Metraj hesabı ve maliyet tahmininin güvenilirliği,
- Enerji tüketimi gibi fayda maliyetlerinin güvenilirliği,
- Tasarımcıların tecrübesi.

Uygulama sürecinde kalitenin türediği unsurlar;

- Organizasyon yapısının güvenilirliği,
- Yüklenicinin yöntem ve yeteneklerinin tasarımı değerlendirmesindeki güvenilirliği,
- Gerekli kaynakların tedarikine güvenilirlik,
- Son ürünün sözleşme ve şartnameler ile sözleşme maliyetine uygunluğu,
- Uygun ustalıkta sahip işgücü,
- Belirlenmiş kalitedeki ürünler (malzeme işlenebilirliği veya uygulama özellikleri)

Planlama sürecinde kalitenin türediği unsurlar dikkate alındığında projelerin tasarım kalitesini temelde müşteri ihtiyaçlarını karşılama seviyesi ile projenin inşa edilebilir olmasının belirlediği görülmektedir. Bu kapsamda; müşterinin belirlemiş olduğu süre, bütçe ve kalite beklentisi doğrultusunda yapılan çizimler ile yapının inşasında kullanılacak olan malzemelere bağlı olarak ortaya çıkacak olan enerji tüketimi veya bina bakımı gibi fayda maliyetleri müşteri ihtiyaçlarını karşılama seviyesini; planlama mühendislerinin bilgi birikimi ve tecrübelerine bağlı olarak hazırlanan ihale dokümanları ile projede uygulanacak inşaat ve proje yönetim metodları ise projenin inşa edilebilirliğini ortaya koymaktadır. Uygulama sürecinde kalitenin türediği unsurlar dikkate alındığında ise bu süreçte kaliteyi işçilik kalitesinin belirlediği anlaşılmaktadır. Diğer bir ifadeyle; üretim faaliyetlerinin tamamlanması sonucunda ortaya çıkan durum veya ürün sözleşmede belirtilen şartlara uygun bir şekilde tamamlanmışsa uygulama sürecinde kalite sağlanmış olmaktadır. Bu anlamda; planlama sürecinde belirlenen inşaat yöntemleri, üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sürecinde uygulanacak olan izleme ve kontrol faaliyetleri, üretim faaliyetlerinde kullanılacak olan malzemelerin özellikleri ile bu faaliyetleri yürütecek olan işgücünün yetenekleri işçilik kalitesini ortaya koymaktadır.

İnşaat projelerinde son ürün olan yapı, farklı yapı elemanlarının tamamlanması sonucunda oluşmaktadır. Dolayısıyla; inşaat projelerinde yapı elemanlarının kalitesi ve projenin toplam kalitesi olmak üzere iki farklı fakat birbirleriyle bağlantılı kalite kavramları ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle; her bir yapı elemanının kalitesi projenin toplam kalitesini ortaya koymaktadır. Bunun yanında; her bir yapı elemanı projenin belirli kalite göstergelerini oluşturmaktadır. Bu anlamda; proje kapsamında toplam kalitenin sağlanması her bir yapı elemanını ortaya koyan üretim faaliyetlerinin planlanan kalitede tamamlanmasına bağlıdır. Bu kapsamda; her bir faaliyette kullanılacak olan işgücü, makine ve malzeme ise proje kapsamı dikkate alınarak planlanmalıdır.

## **2.7. İnşaat Malzemelerinin Süre, Maliyet ve Kaliteye Olan Etkileri**

İnşaat malzemeleri, üretim faaliyetlerinde işgücü ve iş makinelerinden sonra kullanılan temel kaynaklardır. Bu anlamda; inşaat malzemelerinin hem üretim faaliyetlerinin hem de projenin toplam süre, maliyet ve kalitesine doğrudan bir etkisi bulunmaktadır. Özellikle teknolojinin gelişimiyle beraber günümüz inşaat projelerinde kullanılan malzeme çeşitliliği de artmıştır. Her malzeme farklı özelliklere sahip

olmasına ve projelerde farklı amaçlarla kullanılmasına rağmen, proje yönetimi kapsamındaki planlama sürecinde bunları 4 grup altında toplamak mümkündür;

- Alternatifsiz malzemeler
- Aynı malzemenin farklı markaları
- Aynı malzemenin farklı ebatları
- Aynı işlevi gören farklı malzemeler

Alternatifsiz malzemeler genelde yapıların taşıyıcı elemanlarının üretilmesinde kullanılan beton, çelik, çimento, kum, çakıl, donatı gibi malzemelerdir. Her ne kadar bu malzemeler de kendi içerisinde çeşitlilik gösterse de, bunlar mevzuatta belirlenmiş olan yapıların asgari dayanımını sağlayacak özelliklere sahip olmalıdır. Bu anlamda; bu malzemeler üretim faaliyetlerinin planlanmasından önceki süreçlerden olan statik projelerin hazırlanması aşamasında mevzuata uygun olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla bu malzemelerin kullanıldığı üretim faaliyetlerinin planlanmasında, sadece işgücü ve iş makinelerinin farklı kapasiteleri dikkate alınarak alternatifler üretilmekte ve değerlendirilmektedir. Benzer şekilde; aynı malzemelerin farklı markalarında ise genel anlamda malzeme özellikleri aynı olup, sadece üretici veya tedarikçileri değişmektedir. Bunun yanında; planlama sürecinde bu malzemelerin hem üretim faaliyetlerine hem de projenin toplam süre, maliyet ve kalitesine olan etkisi fazla analiz gerektirmeden tahmin edilebilmektedir. Her ne kadar bu gruba giren malzemelerin kaliteleri de farklılık gösterse de, bu kalite kavramı ürünlerin özelliklerinden ziyade müşterilerin algılarından oluşmakta ve hangi markanın kullanılacağı tamamen işverenin inisiyatifine kalmaktadır. Diğer bir ifadeyle; projede hangi marka malzemenin kullanılacağı üretim faaliyetlerinin planlanmasından önce belirlenmiş olmaktadır.

Aynı malzemenin farklı ebatlarında her ne kadar malzeme birim fiyatı genel anlamda değişmese de malzemelerin en, boy veya ağırlık gibi fiziki özelliklerinden dolayı kullanıldıkları faaliyetlerin süre ve işçilik kalitesi farklılık gösterebilmektedir. Genelde zemin veya yüzey kaplaması gibi faaliyetler bu gruba giren malzemelerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak; bu malzemelerin uygulandıkları bazı mahallerin yüzeysel olarak sınırlı olması bu gruba giren malzeme çeşitliliğini kısıtlamaktadır. Örnek olarak; tuvalet ve banyo gibi dar alanların zemininde 50 cm'yi aşan seramikler zayıfatı arttıracığından dolayı genelde kullanılmamaktadır. Bu anlamda; uygulama faaliyetlerinin planlanmasında projenin uygun olması halinde aynı malzemenin farklı ebatları da alternatif geliştirmede değerlendirilmelidir. Aynı işlevi gören farklı malzemeler ise bu 4 grup arasında hem faaliyetlerin hem de projenin toplam süre, maliyet ve kalitesini en fazla etkileyen gruptur. Bu gruba, bir üretim faaliyetinde aynı amaca yönelik kullanılabilen fakat farklı özelliklere sahip olan malzemeler girmektedir. Örnek olarak; harman tuğla, BİMS veya gazbeton duvar örülmesi faaliyetinde; seramik, laminant veya marley zemin kaplaması faaliyetinde; alüminyum, PVC veya alçıpan asma tavan yapımında kullanılacak olan aynı işlevi gören farklı malzemelerdir. Bu alternatif malzemelerin sahip olduğu uygulama kolaylığı, ebat, ağırlık, yalıtım gibi kendine özgü özellikleri üretim faaliyetlerinin ve dolayısıyla da projenin süre, maliyet ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu anlamda; üretim faaliyetlerinin planlanmasında bu gruba giren faaliyetlerin değerlendirilmesi proje yönetiminin başarısı açısından büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda; tez çalışmasının bu bölümünde aynı malzemenin farklı ebatları ile aynı işlevi gören farklı

malzemelerin üretim faaliyetlerinin süre, maliyet ve kalitelerine olan etkileri açıklanmıştır.

### 2.7.1. Malzeme-Süre İlişkisi

İnşaat faaliyetlerinin süresini belirleyen en önemli faktörlerin başında o faaliyette çalışan işçilerin verimliliği gelmektedir. Özellikle aynı işlevi gören farklı malzemelerin ebatları, ağırlığı ve uygulama yöntemi işçilerin verimliliğini ve dolayısıyla da faaliyetin süresini doğrudan etkilemektedir. Örnek olarak; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın açıklamış olduğu yapı birim fiyatı analizlerine göre aynı kalınlıktaki 1 m<sup>2</sup> duvar örülmesi gaz beton kullanılması halinde 1,3 saat, harman tuğla kullanılması halinde ise 2,05 saat sürmektedir. Diğer bir ifadeyle, aynı miktarda duvar örülmesinde harman tuğla yerine gaz beton kullanımı faaliyetin süresini yaklaşık %40 oranında kısaltmaktadır. Benzer şekilde; aynı malzemelerin farklı ebatları da işçilerin verimliliğini etkilemektedir. Yine Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın açıklamış olduğu yapı birim fiyatı analizlerine göre 1 m<sup>2</sup> karo seramik döşenmesinde 100x100x8 mm ebatlı malzeme kullanılması halinde gerekli süre 3,65 saat iken 100x50x8 mm ebatlı malzeme kullanımında 6,15 saattir. Faaliyetlerde kullanılan malzeme o faaliyetin süresini etkilediği gibi o faaliyete bağlı olan diğer faaliyetlerin de süresini etkileyebilir. Örnek olarak, duvar örülmesinde gazbeton kullanımında daha pürüzsüz yüzey elde edileceğinden kaba sıva faaliyeti hem daha kısa sürmekte hem de daha az malzeme sarfiyatı olmaktadır. Benzer şekilde, gaz beton üzerine tesisat döşenmesi faaliyeti daha dikkatli işçilik gerektirdiğinden süresi harman tuğla üzerine tesisat döşenmesi faaliyetine göre daha uzun sürmektedir. Bu kapsamda; planlama sürecinde inşaat projelerinin süresini kısaltmak adına kapasite arttırmanın veya mesai politikasının değiştirilmesinin yanında alternatif malzemelerin kullanımı da değerlendirilmelidir.

### 2.7.2. Malzeme-maliyet ilişkisi

İnşaat malzemeleri projelerin hem uygulama hem de kullanım aşamalarında doğrudan veya dolaylı olarak birtakım maliyetler oluşturmaktadır. Uygulama aşamasında; malzemeler üretim faaliyetlerinde kullanılan temel kaynaklardan birisi olması ve alternatif malzemelerin fiyatlarının de genelde farklı olması sebebiyle projelerin direkt maliyetini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında; farklı malzeme kullanımı üretim faaliyetlerinin süresini de etkilemesinden dolayı faaliyet bazında işçilik maliyetini, proje bazında ise projenin süresine bağlı olarak ortaya çıkan merkez ofis ile genel şantiye giderlerini dolaylı yoldan etkilemektedir. Diğer taraftan; birçok inşaat malzemesinin kullanım ömrü yapı için öngörülmuş olan kullanım ömründen daha kısadır. Dolayısıyla; yapının yaşam döngüsü boyunca bu malzemeler birkaç defa ya değiştirilerek ya da bakıma sokularak bir maliyet oluşturmaktadır. Benzer şekilde; özellikle duvar veya çatı gibi yapıların yalıtımını doğrudan etkileyen yapı elemanlarında kullanılan malzemeler farklı yalıtım özelliklerine sahiptirler. Bu kapsamda; bu yapı elemanlarında kullanılabilecek olan alternatif malzemeler yapıların yıllık enerji ihtiyacında ve dolayısıyla da ısıtma maliyetinde de farklılığa sebep olacaktır.

Genel olarak uygulama aşamasında düşük maliyet oluşturan inşaat malzemeleri kullanım aşamasında yapıların yaşam döngü maliyetini arttırmaktadır. Örnek olarak; iç cephe kaplamasında duvar kağıdı yerine boya malzemesinin kullanımı inşaat maliyetini

düşürürken boyanın kullanım ömrünün kısa olması nedeniyle yapının değişim veya bakım maliyetini arttırmaktadır. Benzer şekilde; duvar örülmesi faaliyetinde ilk yatırım maliyeti gazbetona göre daha düşük olan BİMS malzemesinin kullanımı ise yapının ısıtma maliyetini arttırmaktadır. Bu kapsamda; planlama aşamasında inşaat maliyetini düşürmenin yanında uygulama ve kullanım aşamasında oluşan maliyetler arasındaki etkileşim analiz edilerek bütçeye de odaklanılmalıdır. Diğer bir ifadeyle; inşaat maliyetini düşürmek adına planlama aşamasında doğrudan daha düşük maliyete sahip bir malzeme seçmek yerine yapının yaşam döngü maliyetini düşürecek olan alternatif malzemelerin kullanımı halinde bütçenin aşılp aşılmayacağı da değerlendirilmelidir.

### **2.7.3. Malzeme-kalite ilişkisi**

Planlama sürecinin öncelikli amaçlarından bir tanesi üretim faaliyetlerinin müşteri ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak şekilde planlamasını yapmaktır. Diğer taraftan; projenin toplam kalitesini ortaya koyan her bir yapı elemanında kullanılan alternatif malzemeler sahip oldukları özelliklerinden dolayı müşteri ihtiyaçlarını farklı seviyelerde karşılamaktadır. Örnek olarak; dış duvar örülmesinde BİMS yerine gazbeton malzemesinin kullanılması halinde duvar yapı elemanının ve dolayısıyla da projenin toplam yalıtımı artacaktır. Bunun yanında; birtakım yapı elemanları müşterilerin birden fazla ihtiyacını karşılamak zorundadır. Bu anlamda; yapı elemanında kullanılan bir malzemenin herhangi bir özelliği yapı elemanının kalitesini artırırken başka bir özelliği azaltabilir. Örnek olarak; çelik konstrüksiyon yerine gazbeton çatı yapılması durumunda birer kalite göstergeleri olan yapının değişim veya bakım maliyeti azalırken yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı artmaktadır. Bu anlamda alternatif malzemelerin sahip olduğu özellikleri; müşteri ihtiyaçlarını karşılama seviyesini ve dolayısıyla da projelerin tasarım kalitesini büyük ölçüde etkilemektedir. Bunun yanında; alternatif malzemelerin genelde uygulama yöntemleri de farklılık göstermektedir. Bu durum; üretim faaliyetlerinin işçilik kalitesini de doğrudan etkilemektedir. Her ne kadar işçilik kalitesi temelde işçilerin becerisi, ruh hali veya yorgunluğu gibi beşeri etkenlere bağlı olsa da uygulama yöntemi kolay olan malzemenin kullanılması halinde işçiliğin kaliteli olarak tamamlanma ihtimali artacaktır. Örnek olarak; duvar örülmesi faaliyetinde işçilik kalitesini ortaya koyan temel göstergeler duvarın dik ve pürüzsüz olarak örülmesidir. Bu iki kalite göstergesinin sağlanması sadece duvar örülmesi faaliyetini değil aynı zamanda bu faaliyeti takip eden sıva faaliyetinin işçilik kalitesini de etkilemektedir. Dolayısıyla; hem yüzeyinin pürüzsüz olması hem de uygulama yönteminin kolaylığı nedenleriyle duvar örülmesi faaliyetinde harman tuğla yerine gazbeton kullanılması halinde duvar örülmesi faaliyetinde işçilik kalitesinin sağlanma ihtimali artacaktır. Bu kapsamda; inşaat projelerinde kalitenin artırılabilmesi adına üretim faaliyetleri planlanırken alternatif malzemelerin hem tasarım hem de işçilik kalitesine olan etkileri de değerlendirmelere dahil edilmelidir.

### **2.8. Küme Esaslı Tasarım Yaklaşımının Süre, Maliyet ve Kalite Optimizasyonuna Uyarlanması**

İnşaat projeleri bünyelerinde çok fazla belirsizlik barındırmaktadır. Bu belirsizliklerin ortalama seviyesi; projelerin büyüklüğünden, kullanılan sözleşme

tipinden ve uygulama metotlarından bağımsız olarak hemen hemen bütün projelerde benzerdir (Howell vd 1993). Projeleri özgün kılan bu belirsizlikler, proje çıktılarının önceden kesin olarak tahmin edilmesini olanaksız kılmaktadır (Oberlender 2003). Ancak; bir projenin başarılı olarak kabul edilebilmesi için proje tamamlandıktan sonra ortaya çıkan yapı, planlanan yapı ile örtüşmelidir (Oakland ve Marosszeky 2006). Bu anlamda; müşteri ihtiyaçlarının nasıl karşılanacağı ile beraber projenin öngörülen süre, maliyet ve kalitesinin kesin olarak belirlendiği planlama süreci, inşaat yönetiminin en önemli unsurlarından birisi olmasıyla birlikte aynı zamanda inşaat projeleri için bir kılavuz niteliğindedir.

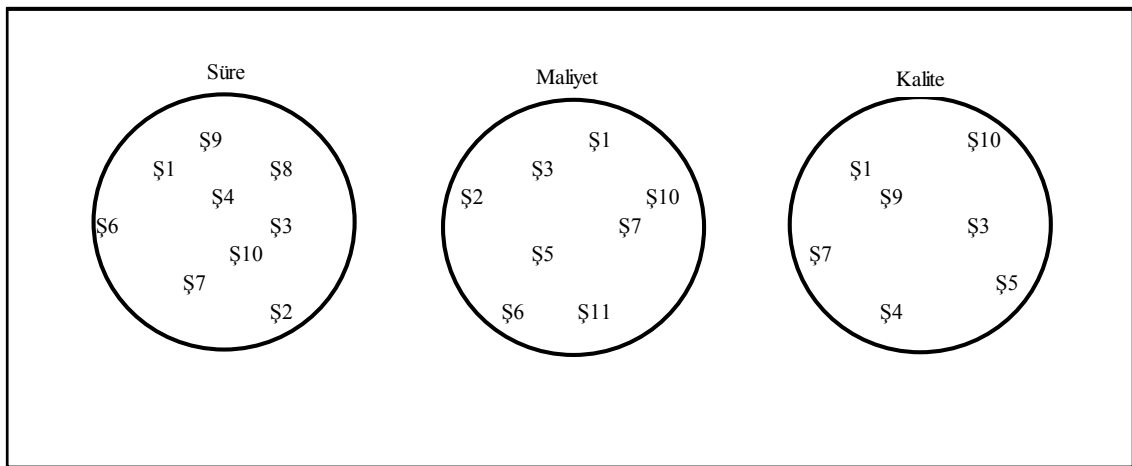
Teknolojinin gelişimiyle beraber günümüz inşaat sektöründe aynı amaca hizmet veren farklı uygulama metotları, inşaat malzemeleri ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Planlama sürecinde ise bu metot, malzeme ve ekipmanlar dikkate alınarak farklı alternatifler oluşturulmakta, değerlendirilmekte ve içlerinden en uygunu seçilmektedir (Ballard ve Zabelle 2000, Bennett 2003). Dolayısıyla; planlama süreci aslında bir karar verme sürecidir. Bütün karar verme süreçlerinin merkezinde ise bir amaca yönelik en iyi alternatifin seçimi olarak tanımlanan optimizasyon kavramı bulunmaktadır (Chong ve Zak 2001). Etkin bir optimizasyonun gerçekleştirilebilmesi için bütün alternatiflerin mümkün olduğu kadar detaylandırılması gerekmektedir. Çünkü; planlama sürecinde alınan kararların projenin süre, maliyet ve kalitesine büyük etkisi olmasına rağmen, bu kararlar yetersiz veri ile alınmaktadır. (Allen vd 1995).

Uygulandıkları sektörden bağımsız olarak bütün projelerin planlama sürecinde, diğer alternatifler ile uğraşmayarak zamandan tasarruf etmek adına, en iyi alternatif mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde seçilerek detaylandırılmaya çalışılmaktadır (Bernstein 1998, Ballard ve Zabelle 2000, Raudberget 2010). Nokta Esaslı Tasarım (NET) olarak tanımlanan bu yaklaşımda sadece bir alternatif için kararlar alınmasından dolayı karar verme süreci genelde lokal optimizasyon ile sonuçlanmaktadır. Ancak; inşaat projelerinde yürütülen üretim faaliyetleri etkileşim içerisindeydir. Diğer bir ifadeyle; bir faaliyetin tamamlanması sadece projenin değil aynı zamanda o faaliyete bağlı diğer faaliyetlerin süresini, maliyetini ve kalitesini etkilemektedir. Bu anlamda; inşaat projelerinin planlama sürecinde etkin bir optimizasyon için lokalden ziyade bütün alternatiflerin detaylandırılarak değerlendirildiği global bir optimizasyon gerçekleştirilmelidir. Ballard ve Zabelle (2000) her ne kadar NET yaklaşımında zamandan tasarruf edildiği düşünülse de, bu yaklaşımın faaliyetlerin yeniden yürütülmesi ve dolayısıyla da israf riskini arttırdığını belirterek bu riski azaltmak adına inşaat projelerinde Küme Esaslı Tasarım (KET) yaklaşımının uygulanmasını önermişlerdir.

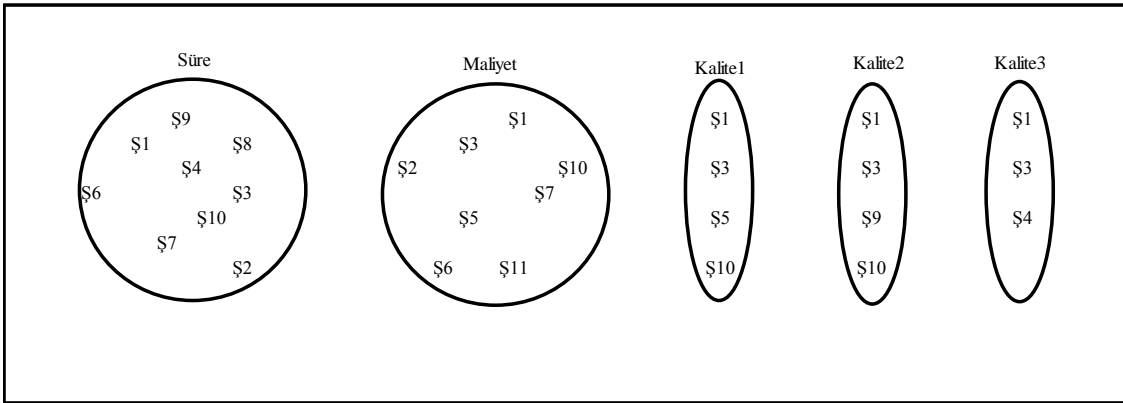
KET Toyota tarafından geliştirilmiş olan ve planlama sürecinde eş zamanlı olarak birden fazla alternatiflerin değerlendirildiği bir metottur (Bernstein 1998, Ballard ve Zabelle 2000, Parrish vd 2007, Raudberget 2010). Bu yaklaşımda birden fazla alternatifler arasındaki ödünleşim sistematik olarak incelenmekte ve uygun olmayanları elenmektedir (Raudberget 2010). Dolayısıyla; planlama sürecince uygun alternatiflerin hepsi mümkün olan en son ana kadar taşınmakta (See vd 2012) ve bunların detaylandırılmasına olanak sağlanmaktadır (Parrish vd 2007). Sobek vd (1999) KET için tasarım uzayının belirlenmesi, kesişim ile alternatiflerin çözüm kümesine dahil edilmesi ve alternatiflerin uygulanabilirliğinin sağlanması olmak üzere 3 temel ilke

belirlemiştir. Bu anlamda; öncelikle projelerde belirlenen her bir amaç için o amacın kriterlerini sağlayan bütün alternatifler bir araya getirilerek bir küme oluşturulmakta ve böylece tasarım uzayı belirlenmektedir. Bu kümelerin oluşturulmasındaki amaç çözüm bulmaktan ziyade amaca ulaşabilmek için nelerin yapılabileceğine vurgu yapmaktır (Bernstein 1998). Sonraki aşamada ise bu kümeler kesiştirilerek bütün amaçları sağlayan alternatifler tespit edilmektedir. Son olarak; her bir alternatifin uygulanabilirliği değerlendirilerek içlerinden en uygunu seçilmektedir.

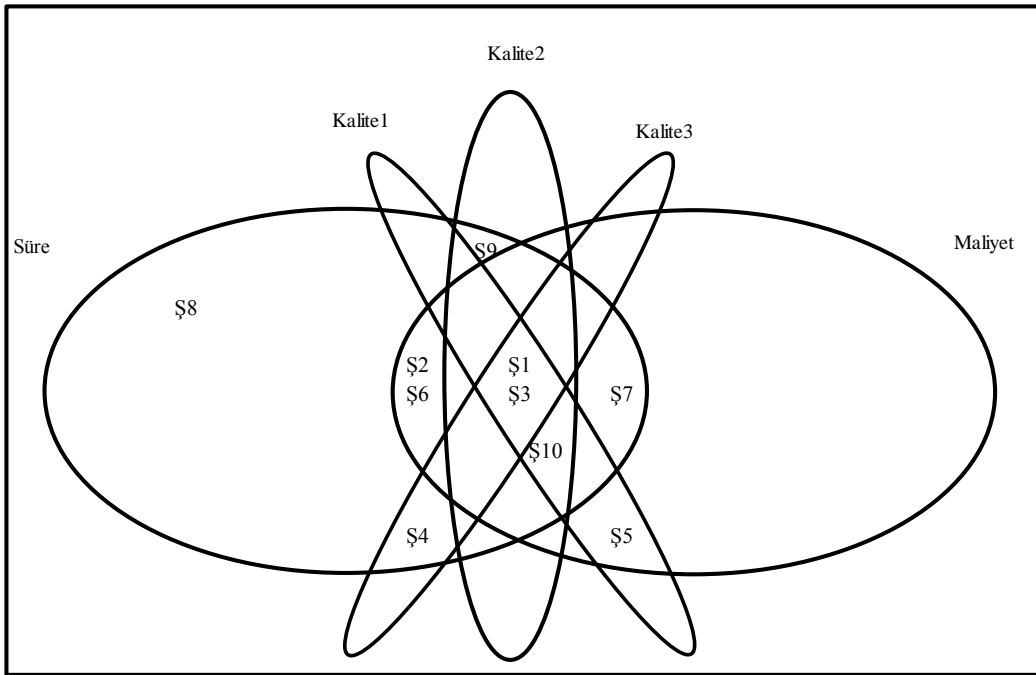
İnşaat projelerinde kaynak kullanımına bağlı olarak herhangi bir üretim faaliyeti için çok sayıda uygulama alternatifi geliştirilebilmekte ve projede uygulanan her alternatife bağlı olarak da KYY sonucu elde edilen projeye ait alternatif şebekelerin süresi, maliyeti ve kalitesi değişmektedir. Proje yönetiminin ise üç temel amacı; bir projeyi en kısa sürede, bütçe dahilindeki en düşük maliyette ve müşteri ihtiyaçlarını asgari seviyede karşılayacak kalitede tamamlamaktır. Ancak; bu üç amaç birbirleriyle ilişkili olmasına rağmen aynı zamanda birbirleriyle çelişkilidir. Diğer bir ifadeyle; bu üç unsurdan herhangi birinde yapılacak olan olumlu değişiklik diğer iki unsuru olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Dolayısıyla; bu üç unsur arasında bir uzlaşma sağlayarak projenin optimize edilebilmesi için her bir amaca kabul edilebilecek sınır değerleri belirlenmelidir. Bu kapsamda; KET ilkeleri projelerin süre, maliyet ve kalite optimizasyonu sürecine uyarlanacak olursa, tasarım uzayı süre, maliyet ve kalite üzere üç kümeden oluşmalıdır (Şekil 2.2). Süre ve maliyet için üst sınırlar ise proje için öngörülmuş süre ile proje için ayrılmış olan bütçe olmalıdır. Kalitede ise amaç kaliteyi arttırmak olduğu için mantık olarak bir alt sınırın belirlenmesi gerekmektedir. Ancak; kalite kavramı çok boyutlu olup göreceli bir kavramdır. Bunun yanında; kalitenin belirlenmesinde öznel değerlendirmeler nesnel değerlendirmelere göre daha baskındır. Dolayısıyla; tasarım uzayında hesap edilebilen her bir kalite göstergesi için ayrı bir küme oluşturulmalıdır (Şekil 2.3). Bu kapsamda; diğer amaçları sağlayıp sağlamadığına bakılmaksızın herhangi bir amacı sağlayan alternatif şebekeler o amacın kümesine dahil edilmelidir. Sonuç olarak; tasarım uzayında bulunan bütün kümelerde ortak olan şebekeler proje için optimum çözüm kümesini ortaya koyacaktır (Şekil 2.4).



Şekil 2.2. Tasarım uzayını oluşturan kümeler



Şekil 2.3. Tasarım uzayına hesap edilebilen birden fazla kalite göstergesinin dahil edilmesi



Şekil 2.4. Kümelerin kesiştirilmesi ile elde edilen çözüm kümesi

## 2.9. Literatür Taraması

Kritik Yol Yöntemi (KYY) sadece projelerin en kısa tamamlanma sürelerinin hesaplanmasına değil aynı zamanda süre-maliyet ödünleşiminin analiz edilmesine de olanak sağlamaktadır (Khang ve Myint 1999). Bu anlamda; 50'li yılların sonunda KYY'nin geliştirilmesiyle beraber birçok araştırmacı süre ve maliyet arasındaki etkileşimi analiz ederek bu iki unsuru optimize etmeye çalışmışlardır (Afshar vd 2007). Optimizasyon sürecine kalite kavramı ise ilk olarak 1996 yılında Babu ve Suresh tarafından dahil edilmiştir. Bu anlamda; faaliyetlerin kısaltılması sonucunda



faaliyetlerin kalitesinin de düşeceği öne sürülerek optimizasyon çalışmalarında kalite unsurunun da değerlendirilmesi gerektiği savunulmuştur (Babu ve Suresh 1996).

İnşaat projelerinin süre, maliyet ve kalite unsurları sürekli etkileşim içerisinde. Herhangi birinde oluşan bir değişiklik diğer iki unsuru olumlu veya olumsuz olarak etkilemektedir. Bu etkileşimi irdeleyerek bir inşaat projesini amacına uygun olarak tamamlanmasına olanak sağlayacak olan bir iş programının geliştirilmesi hem proje yöneticileri hem de akademisyenler için önemli bir konu haline gelmiştir. Ancak; inşaat projelerinin dinamik yapısından dolayı ortaya çıkan belirsizlikler ile üretim faaliyetlerinin yürütülmesinde birden fazla alternatifin uygulanabilir olması bu karar verme sürecini zorlaştırmaktadır. Literatürde bu zorlukları aşmak adına birçok araştırmacı özellikle doğrusal programlama veya üst sezgisel yöntemler kullanarak yeni modeller geliştirmiştir (Çizelge 2.2). Bu anlamda; oluşturulan alternatif faaliyetler değerlendirilerek KYY yardımıyla alternatif iş programları geliştirilmiş ve bunlar arasından pareto çözüm kümesi olarak tanımlanan ve projelerin süre-maliyet-kalite amaçlarının uzlaştırıldığı iş programları çözüm olarak sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Literatürde süre, maliyet ve kalite optimizasyonu üzerine yapılan çalışmaların özeti

Yazar	Yaklaşım	Yöntem
Afuzi vd 2014	Ayrık	Üst Sezgisel
Afshar vd 2007	Ayrık	Üst Sezgisel
Assadipour ve Iranmanesh 2010	Ayrık	Üst Sezgisel
Aziz vd 2014	Ayrık	Üst Sezgisel
Babu ve Suresh 1996	Kesintisiz	Doğrusal Programlama
Cheng vd 2016	Ayrık	Üst Sezgisel
El-Rayes ve Kandil 2005	Ayrık	Üst Sezgisel
El-Razek vd 2010	Ayrık	Üst Sezgisel
Ghodsı vd 2009	Kesintisiz	Doğrusal Programlama
Hajiagha vd 2014	Kesintisiz	Doğrusal Programlama, Bulanık Mantık
Heravi ve Faeghi 2014	Ayrık	Monte Carlo Simulasyonu, Bulanık Mantık, Borda Count
Hu ve He 2014	Kesintisiz	Üst Sezgisel
Iranmanesh vd 2008	Ayrık	Üst Sezgisel
Khang ve Myint 1999	Kesintisiz	Doğrusal Programlama
Kim vd 2012	Ayrık	Üst Sezgisel
Monghasemi vd 2015	Ayrık	Üst Sezgisel
Pollack-Johnson ve Liberatore 2008	Kesintisiz	Doğrusal Programlama
Rahimi ve Iranmanesh 2008	Ayrık	Üst Sezgisel
Salmasnia vd 2012	Kesintisiz	Cevap Yüzeyi
Tareghian ve Taheri 2006	Ayrık	Doğrusal Programlama
Tareghian ve Taheri 2007	Ayrık	Üst Sezgisel
Tavana vd 2014	Ayrık	Üst Sezgisel
Tran vd 2015	Kesintisiz	Üst Sezgisel
Zhang vd 2014	Kesintisiz	Üst Sezgisel

Kalite kavramı yapısal olarak süre ve maliyet kavramlarından farklılık göstermektedir. Diğer bir ifadeyle; süre ve maliyet kavramları tek boyutludur ve bir planlama mühendisi proje müdürüne projenin süresini ve maliyetini söylediği zaman her iki tarafta da aynı algı oluşmaktadır. Kalite ise birçok boyuttan oluşmakta ve genelde her boyut farklı kişilerde farklı algılar oluşturabilmektedir. Garvin (1988) performans, özellik, güvenilirlik, uyum, dayanıklılık, hizmete sunulabilirlik, estetik ve algılanan kalite olmak üzere kalitenin 8 farklı boyutundan bahsetmiştir. Benzer şekilde; kaliteyi tanımlamak için ise 5 farklı yaklaşım öne sürmüştür (Garvin 1988);

- 1. Üstünlük odaklı yaklaşım:** Kalite soyut olarak algılanan ancak diğer kişilere somut olarak açıklanması zor olan bir kavramdır. Diğer bir ifadeyle; güzellik, konfor, memnuniyet, tatmin gibi algısı kişiden kişiye değişen soyut unsurlar bir ürünün kalitesini ortaya koymaktadır.
- 2. Ürün odaklı yaklaşım:** Kalite bir ürünün ölçülebilen özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda; bir ürünün kalitesi dayanıklılık, ağırlık, ısı geçirgenlik gibi ölçülebilen kalite göstergeleri dikkate alınarak nesnel olarak değerlendirilmektedir.
- 3. Tüketici odaklı yaklaşım:** Bir ürün tüketicinin ihtiyaçlarını karşılıyorsa kalitelidir. Ancak; aynı ürünün farklı tüketicilerin ihtiyaçlarını farklı seviyelerde karşılamaından dolayı bu yaklaşımda da kalite öznel olarak tanımlanmaktadır.
- 4. Değer odaklı yaklaşım:** Bir ürün fiyatına göre iyi bir performans gösteriyorsa kalitelidir. Bu yaklaşımda da gerek fiyat gerekse performans kavramlarının kişiden kişiye değişmesinden dolayı kalite öznel olarak tanımlanmaktadır.
- 5. Üretim odaklı yaklaşım:** Bir ürün tasarım sürecinde belirlenen kriterlere uygun olarak üretilmişse kalitelidir. Diğer bir ifadeyle; bu yaklaşım bir ürünün işçilik kalitesini tanımlamaktadır. İşçilik kalitesini ortaya koyan kriterler ise tasarım sürecinde net bir şekilde ortaya konulmasından dolayı bu yaklaşımda kalite nesnel olarak değerlendirilmekte olup diğer yaklaşımlardan farklı olarak kalite algısı zaman içerisinde değişmemektedir.

İnşaat projelerinde kalite kavramının proje katılımcılarında süre ve maliyet gibi tek bir algı oluşturabilmesi için öncelikle sayısallaştırılması gerekmektedir. Ancak; gerek kalitenin boyutlarında gerekse kalitenin tanımı için uygulanan yaklaşımlarda öznel değerlendirmeler öne çıkmaktadır. Sadece ölçülebilen kalite göstergeleri sayısal olarak ifade edilebildikleri için nesnel değerlendirmelere açıktır. Bir ürünün birden fazla ölçülebilir kalite göstergesine sahip olması durumunda ise ortak algının oluşabilmesi için farklı ölçü birimlerine sahip olan bu değerlerin de tek bir sayısal değer ile ifade edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla; birçok katılımcının dahil olduğu inşaat projelerinde kalitenin süre ve maliyet gibi tek bir sayısal değer ile ifade edilmesi doğası gereği mümkün değildir (Hu ve He 2014).

Literatürde yapılan çalışmalarda her ne kadar kalitenin ölçülmesinin zorluğundan bahsedilmiş olmasına rağmen (Khang ve Myint 1999; El-Rayes ve Kandil 2005; Ghodsi vd 2009, HU ve He 2014), araştırmacılar tarafından birtakım varsayımlar yapılarak kalite sayısallaştırılmıştır. Yapılan bu varsayımlar literatürdeki diğer araştırmacılar için de bir temel oluşturmuştur. Bu kapsamda; araştırmacıların süre, maliyet ve kalite arasındaki ilişkileri değerlendirme yaklaşımlarına bağlı olarak yapılan çalışmaları iki başlık altında toplamak mümkündür (Ghodsi vd 2009):

1. **Kesintisiz Yaklaşım:** Bu yaklaşımda süre, maliyet ve kalite arasında kesintisiz ve bir denklem ile ifade edilebilen bir ilişki olduğu varsayılmıştır. Bu yaklaşımla yapılan çalışmaların genelinde süre bağımsız, maliyet ile kalite de bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Sadece Ghodsi vd (2009) süre kısaltımına bağlı olarak düşecek olan kalitenin fazla para harcanarak yükseltilebileceğini savunmuş ve kaliteyi de bağımsız değişken olarak kabul etmiştir. Yapılan çalışmalarda kalitenin sadece süre ve maliyet ile ilişkili olduğunu kabul ederek alternatif malzeme etkeninin ihmal edilmiş olması sadece işçilik kalitesinin optimize edildiğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle; sürenin kısaltılmasından dolayı işçilik kalitesinde bir azalma olacağı kabul edilmiştir.
2. **Ayrık Yaklaşım:** Bu yaklaşımla yapılan ilk çalışma El-Rayes ve Kandil tarafından 2005 yılında gerçekleştirilmiş olup, bu yaklaşımla yapılan diğer çalışmalar için bir temel oluşturmuştur. Bu yaklaşıma göre; faaliyetlerin süreleri, maliyetleri ve kalitelerinin birbirlerinden bağımsız olarak o faaliyette kullanılacak olan uygulama metodu ile malzemeye, ekip oluşumuna ve fazla mesai politikasına bağlı olarak ortaya çıktığı varsayılmıştır. Kalite kavramına malzeme etkeninin de dahil edilmiş olmasından dolayı bu yaklaşımda işçilik kalitesinin yanında projenin tasarım kalitesinin de optimize edilmeye çalışıldığı anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalarda faaliyetlerin süre, maliyet ve kalitelerini etkileyen bu 3 değişken, karmaşıklığı gidermek adına kaynak kullanımı olarak tek bir değişkene indirgenmiştir. Kalitenin sayısallaştırılmasında ise bir faaliyette ölçülebilen kalite göstergeleri dikkate alınmıştır. Örnek olarak El-Rayes ve Kandil (2005) yapmış oldukları çalışmada beton yol yüzeyi için basınç dayanımı, bükülme dayanımı ve sürüş kalitesini ölçülebilen kalite göstergeleri olarak belirlemişlerdir. Ancak; bir faaliyette bulunun her bir kalite göstergesinin faaliyetin kalitesini, bir faaliyetin kalitesinin de projenin toplam kalitesini aynı derecede etkilememesinden dolayı hem her bir kalite göstergeleri için hem de projede bulunan her bir faaliyet için farklı ağırlık katsayıları kullanarak aşağıda belirtilen Denklem 2.1 yardımıyla projelerin kalite değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Kalite} = \sum_{i=1}^I wt_i \sum_{k=1}^K wt_{i,k} X Q_{i,k}^n \quad (2.1)$$

$Q_{i,k}^n$  : n kaynak kullanımına bağlı olarak i faaliyetindeki k kalite göstergesinin performansı

$wt_{i,k}$  : i faaliyetindeki k kalite göstergesinin diğer göstergelere göre ağırlığı

$wt_i$  : i faaliyetinin projenin toplam kalitesine olan etkisi

Her ne kadar bütün çalışmalardaki ortak amaç inşaat projelerinin süre, maliyet ve kalitelerini optimize etmek olsa da her iki yaklaşımda farklı kalite kavramlarının değerlendirilmiş olması araştırmacıların birbirlerini eleştirmesine neden olmuştur. Örnek olarak; ayrık yaklaşıma yönelik eleştiri Ghodsi vd (2009) tarafından yapılmış olan çalışmada dile getirilmiştir. Bu anlamda; çok sayıda faaliyet barındıran ve her bir faaliyet için çok sayıda alternatif olan projelerde hem optimizasyon için gerekli verilerin elde edilmesinin pratik olmamasından hem de problemin çok karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı ayrık yaklaşımın optimizasyon için kullanışsız olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan; Kim vd (2011) tarafından ayrık yaklaşımla yapılmış olan çalışmada

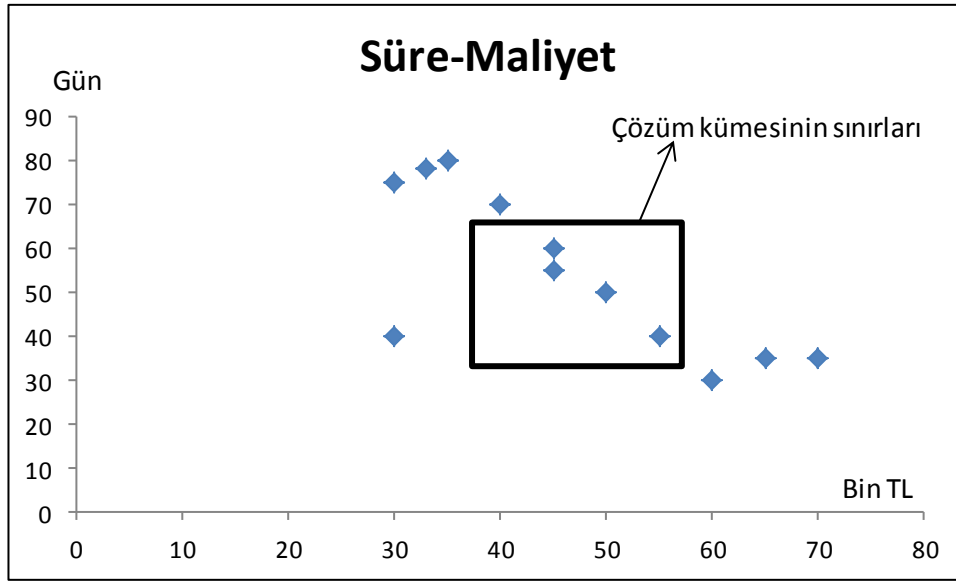
farklı kalite seviyelerinin belirlenmesinin teorik olarak anlamlı olabileceği belirtilerek kesintisiz yaklaşımla geliştirilen modellerin gerçek problemlerde uygulanabilir olmadığı belirtilmiştir. Buna sebep olarak da işverenlerin kalite düşüşünü kabul etmeyeceğini öne sürmüşlerdir. Bu anlamda; kısaltılmış her bir faaliyetten sonra kalite kontrolünün yapılarak kalite düşüşünü önleyecek tedbirlerin alınması gerektiği ifade edilmiştir. Benzer bir eleştiri de çalışmalarını kesintisiz yaklaşımla yapmış olmalarına rağmen Khang ve Myint (1999) tarafından getirilmiştir. Bu çalışmada; Babu ve Suresh'in (1996) geliştirmiş olduğu modeller örnek bir çimento fabrikasında uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler ise saha mühendislerinin yardımıyla oluşturulmuştur. Özellikle süre kısaltımına bağlı olarak ortaya çıkacak olan kalite seviyelerinin belirlenmesinde araştırmacılar saha mühendislerini ikna etmekte zorlanmışlardır. Saha mühendisleri fazla mesaiden kaynaklanan kalite düşüşünün %2-3 seviyelerinde olacağını ve bu değerlerin de ihmal edilebilir olduğunu savunmuşlardır. Diğer taraftan; araştırmacılar ölçülebilen ve sözleşmede belirtilmiş olan kalite göstergelerinin de fazla mesaiden etkilenmediğini belirtmiştir. Çünkü faaliyetlerin, sürelerinden bağımsız olarak, ortaya çıkan yapı elemanının sözleşmelerde belirtilmiş olan kriterler ile fen ve sanat kurallarına uygun bir şekilde tamamlanması gerekmektedir. Bu anlamda; kalite seviyelerinin belirlenmesinde araştırmacılar ile saha mühendisleri; model sonucu elde edilen kalite değerinin projenin kalitesi olmadığı, her bir faaliyette süre kısaltımına bağlı olarak ortaya çıkacağı varsayılan göreceli kalite değerlerinin toplamı olduğu ilkesinde karar kılmışlardır. Diğer bir ifadeyle; model sonucunda elde edilen kalite değeri ne olursa olsun saha mühendisleri kalite düşüşünü kabul etmedikleri için proje kaliteli kabul edilecektir.

Literatür dışında kesintisiz yaklaşımla yapılan çalışmalarda eleştirilmesi gereken bir diğer husus da inşaat projelerinde üretim faaliyetlerinin birbirlerini tamamlama özelliğinin dikkate alınmamış olmasıdır. İnşaat projelerinde yapı elemanları birbirlerini takip eden üretim faaliyetlerinin tamamlanması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda; her ne kadar her bir faaliyet tamamlandıktan sonra takip eden faaliyet için uygun olan altyapıyı hazırlamak zorunda olsa da, inşaat projelerinde faaliyetlerden ziyade yapı elemanlarının kalitesi ön plana çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle; herhangi bir faaliyette işçilikten kaynaklanan ve kabul edilebilecek seviyede bir kalitesizlik ortaya çıksa bile takip eden faaliyetlerde bu kalitesizlik giderilebilmekte ve dolayısıyla da yapı elemanı kaliteli olarak üretilmektedir. Örnek olarak; duvar yapı elemanının oluşturulabilmesi için sırasıyla duvar örülmesi, elektrik ve mekanik tesisatın döşenmesi, sıva yapılması, kapı ve pencerelerin takılması ile duvar yüzeyinin kaplanması faaliyetleri yürütülmelidir. Bu anlamda; duvarın şaküle uygun düz bir şekilde örülmemesi halinde ortaya çıkan kalitesizlik kabul edilemeyecek seviyede ise duvar yıkılıp tekrar örülmekte, kabul edilecek seviyede ise sıva faaliyeti esnasında kalitesizlik giderilmektedir. Benzer şekilde; döşeme betonunun eğimli dökülmesi sonucu ortaya çıkan kalitesizlik de şap faaliyeti ile giderilmektedir. Dolayısıyla; bir faaliyetin işçilik kalitesi düşük olsa bile, takip eden faaliyetlerde bu kalitesizlik giderildiği zaman, kesintisiz yaklaşımla yapılan çalışmalarda öne sürülen aksine o faaliyetin kalitesi projenin toplam kalitesini düşürmeyecektir. Aslında işçilik kalitesini ortaya koyan kriterler tasarım sürecinde net bir şekilde ortaya konulduğu için, işçilik kalitesi optimize edilmek yerine güvencesi sağlanması gereken bir unsurdur. Bu kapsamda; işçilik kalitesinin güvence altına alınabilmesi için etkin bir toplam proje yönetimi uygulanmalıdır.

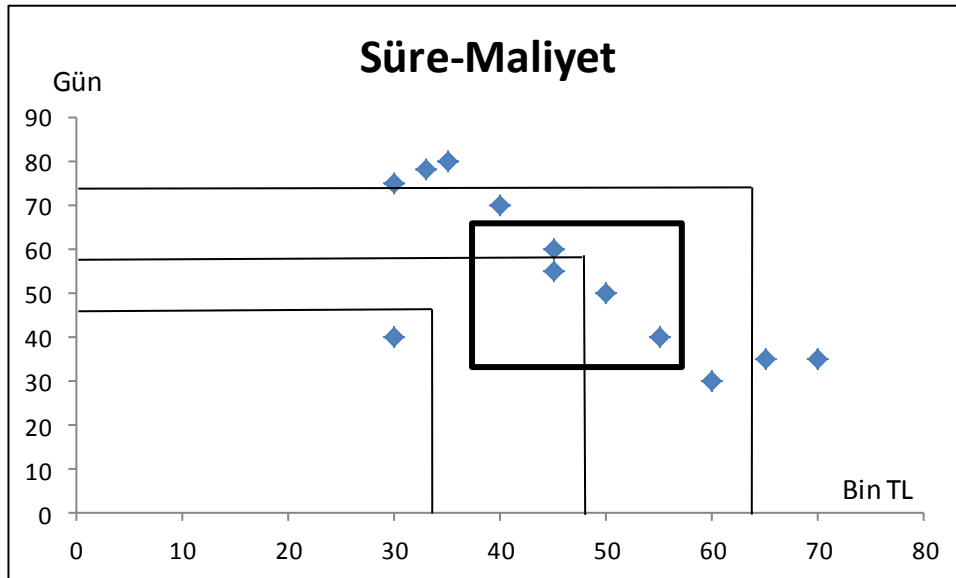
Kalite çok boyutlu, göreceli ve öznel değerlendirmelerin baskın olduğu bir kavram olmasına rağmen, yapılan çalışmalarda projelerin kalitesinin tek bir sayısal değer ile ifade edilmiş olması literatürde eleştirilmesi gereken bir diğer husustur. Her ne kadar ayrıık yaklaşım ile yapılan çalışmalarda ölçülebilir kalite göstergelerinin dikkate alındığı belirtilmiş olsa da projenin toplam kalitesinin hesaplanmasında kullanılacak olan katsayılar araştırmacıların değerlendirmeleri sonucu belirlenmiştir. Dolayısıyla; bütün çalışmalarda veriler öznel değerlendirmeler sonucu oluşturulmuştur. Ancak; uygulamada optimizasyon çalışmaları planlama mühendisleri tarafından yürütülürken elde edilen sonuçlar genelde proje müdürü veya işveren gibi farklı katılımcılar tarafından değerlendirilmektedir. Diğer bir ifadeyle; model çıktıları değerlendirilecek olan katılımcıların kaliteyi, verileri oluşturan katılımcı ile aynı şekilde algılaması beklenmektedir. Ancak; projenin toplam kalitesinin tek bir sayısal değer ile ifade edilmesi kalite düşüşünün hangi faaliyetlerden ve bu faaliyetlerin hangi kalite göstergelerinden kaynaklandığını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Örnek olarak; ıslak zeminlerde seramik döşeme faaliyetinde işçilik kalitesini belirleyen 3 temel gösterge gider için gerekli eğimin verilmiş olması, seramiklerin altının boş olmaması ve derz aralıklarının düzgün olmasıdır. Bu kapsamda; süre kısaltımına bağlı olarak ortaya çıkacak olan kalite düşüşünün bu 3 göstergenin hangisinde gerçekleşeceğini veya hepsinde bir düşüş olması durumunda bunun kabul edilebilecek seviyede olup olmayacağını model çıktılarından anlamak mümkün değildir. Bu kapsamda; araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarda faaliyet bazında kaliteyi detaylandırmasına rağmen proje bazında kaliteyi tek bir sayısal değere indirgeyerek sonuçların yorumlanmasını karmaşıklarıştırmışlardır.

Literatürde yapılmış olan çalışmalarda dikkat çeken bir diğer husus da araştırmacıların alternatif inşaat malzemelerinin faaliyetlerin süre, maliyet ve kalitesine olan etkilerini ihmal etmiş olmasıdır. Kesintisiz yaklaşımla yapılmış olan çalışmalarda sadece işçilik kalitesinin değerlendirilmiş olması ve bu unsurun da sadece süre ve maliyet ile ilişkilendirilmesi alternatif inşaat malzemelerinin optimizasyon sürecine dahil edilmediğini kanıtlamaktadır. Ayrıık yaklaşımla yapılan çalışmalarda ise araştırmacılar her ne kadar faaliyetlerde kullanılan malzemelerin de faaliyetlerin süre, maliyet ve kalitelerini etkileyeceğini belirtilmiş olsa da büyük çoğunluğu alternatif malzeme kullanımı durumunda bu 3 unsurun nasıl değişeceğini açıklamamışlardır. Aslında; bu yaklaşımla yapılan çalışmaların çoğu gerçekçi veriler hazırlamak yerine, verileri değerlendirecek olan optimizasyon tekniklerine odaklanmıştır. Bu anlamda; genelde az faaliyetten oluşan örnek şebekeler için veriler hazırlanmış ve geliştirilen modeller ile değerlendirilmiştir. Sadece El-Rayes ve Kandil (2005) faaliyet bazında verilerin nasıl hazırlandığını bir örnekle açıklamış ve bu kapsamda bir karayolu projesinde alternatif malzemeler olarak farklı beton sınıflarını değerlendirmiştir. Diğer taraftan; inşaat sektöründe en yaygın proje tipi bina projeleridir. Bu tür projelerde ise aynı işlevi gören çok sayıda alternatif malzemeler kullanılabilir. Bu malzemeler gerek teknik gerekse uygulama özellikleri nedeniyle faaliyetlerin ve dolayısıyla da projenin süre, maliyet ve kalitelerini doğrudan etkilemektedir. Özellikle; malzemelerin sahip oldukları teknik özellikleri binaların kullanım aşamasındaki performansını belirlemektedir. Bu anlamda; etkin bir süre, maliyet ve kalite optimizasyonu için alternatif malzeme kullanımının da optimizasyon sürecine dahil edilmesi gerekmektedir.

Literatürde yapılan çalışmaları birbirinden ayıran bir diğer farklılık da uygulanan optimizasyon yöntemleridir. Çizelge 2.2'den de görüleceği üzere çalışmalarda yaygın olarak doğrusal programlama ile üst sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Doğrusal programlama yönteminde optimizasyon tek bir fonksiyon üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu anlamda; bu yöntemin kullanıldığı çalışmalarda her ne kadar 3 amacın optimize edildiği belirtilmiş olsa da, her amacı temsilen 3 model geliştirilmiştir. Dolayısıyla; bu 3 unsur eş zamanlı olarak uzlaştırılmamış olup 2 amaç için kesin değerler girilerek aslında tek bir amaç optimize edilmiştir. Üst sezgisel yöntemlerle yapılmış olan çalışmalarda ise 3 amaç eşzamanlı olarak optimize edilmiş olmasına rağmen, bu yöntemler optimuma yakın çözümleri arayarak (Sönmez ve Bettemir 2012) kendi çözüm kümesini oluşturmaktadır (Afshar vd 2007). Diğer bir ifadeyle; üst sezgisel yöntemler her bir amacın alt ve üst sınırlarını kendi içerisinde belirlemekte ve bu sınırlar dışında kalan alternatifleri çözüm kümesine dahil etmemektedir (Şekil 2.5). Dolayısıyla; yapılan çalışmalarda projelerin toplam süre, maliyet ve kalite amaçları için birer sınır değer belirlenmemiş olup, modellerin kendi içerisinde süre ve maliyeti minimize, kaliteyi ise maksimize ederek bu 3 unsuru uzlaştırması amaçlanmıştır. Ancak; uygulamada her inşaat projesi için öngörülmüş bir tamamlanma süresi ve bütçe ile projenin tamamlanması sonucunda beklenen asgari bir kalite seviyesi bulunmaktadır. Bu durumda; özellikle sayısal olarak ifade edilebilen süre ve bütçe işveren veya proje yöneticisi açısından bir üst sınır kabul edilmekte ve bu sınır değerlerin altında kalan ve ihtiyaçları karşılayan kaliteye sahip alternatif iş programları projenin amaçlarını sağlamaktadır. Bu kapsamda; üst sezgisel yöntemlerin kullanılması halinde bu üst sınırlar modelin belirlediği sınır değerlerin altında, içerisinde veya üstünde olabilir (Şekil 2.6). Özellikle sınır değerlerin çözüm kümesinin altında olması durumunda model sonucu elde edilen alternatifler proje kistaslarını sağlamayacağından uygulanabilir olmayacaktır. Bunun yanında; her ne kadar proje yönteminin amacı süre, maliyet ve kalite amaçları arasında bir uzlaşma sağlayarak projeyi optimize etmek olsa da, uygulamada proje türüne veya projenin yürütülme amacına bağlı olarak işveren veya proje yöneticisi bu 3 unsurdan birine daha fazla önem vermektedir. Örnek olarak; otel projelerinde inşaatın hızlı bir şekilde tamamlanarak otelin erken işletmeye alınması işverenin daha fazla kar etmesi adına öncelikli amaçtır. Bu anlamda; inşaat aşamasında maliyette oluşacak olan bir artışın otelin işletmeye erken alınması sonucu elde edilecek kazançla karşılanabilir, kalitede gerçekleşecek olan düşüşün de otelin yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirilecek olan onarım veya bakım faaliyetleri ile giderilebilir olması bu tür projelerde süreyi maliyet ve kaliteye göre daha plana çıkarmaktadır. Dolayısıyla; otel projelerinin süre, maliyet ve kalite optimizasyonunda üst sezgisel yöntemlerin kullanılması halinde, modelin belirlediği süre alt sınırının altında kalan süreye sahip alternatif iş programları çözüm kümesine dahil edilemeyecektir. Bu kapsamda; üst sezgisel yöntemlerle geliştirilmiş olan modeller, uygulamada inşaat projelerinin optimizasyonunda yetersiz kalmaktadır.



Şekil 2.5. Süre-maliyet amaçlı bir optimizasyon probleminde üst sezgisel yöntemlerle elde edilebilecek çözüm kümesi



Şekil 2.6. Üst sezgisel yöntemle elde edilen çözüm kümesi ile gerçek çözümlerin karşılaştırılması

İnşaat sektöründe, proje büyüklüğünden bağımsız olarak aynı proje türlerinde ortak faaliyet türleri yürütülmektedir. Projelerin faaliyet sayısı ise proje büyüklüğüne bağlı olarak aynı faaliyet türünün farklı mahallere bölünmesiyle arttırılmaktadır. Örnek olarak; iş programlarında duvar örülmesi faaliyet türü bir binadan oluşan bir projede tek bir faaliyet olarak, birden fazla binanın bulunduğu projede ise her bir bina için ayrı bir faaliyet olarak gösterilebilmektedir. Bu anlamda; aynı faaliyet türünün birden fazla mahalde yürütüldüğü projelerde, faaliyetler arasında ortak kaynak kullanımına bağlı olarak bir uyumluluk bağı oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle; aynı faaliyet türüne ait

farklı mahallerde bulunan faaliyetlerin yürütülmesinde aynı malzeme, ekip büyüklüğü ve ekipman kullanılmalıdır. Bu uyumluluğun dikkate alınmaması durumunda alternatif iş programları oluşturulurken aynı türde farklı mahallerde yürütülecek olan faaliyetlerde farklı kaynak kullanımı seçilebilir. Örnek olarak; bir mahalde duvar örülmesi için 6 kişilik bir ekipten oluşan alternatif seçilirken diğer mahallerde farklı sayıda işçilere sahip ekiplerden oluşan alternatifler seçilebilir. Teorik olarak bu durum mümkün olsa da, uygulamada kısa süreli işçi alımı veya çıkarılması tercih edilmemektedir. Dolayısıyla bu yaklaşım projelerde uygulanabilir değildir. Bunun yanında; bir faaliyette kullanılan malzemeler sadece o faaliyetin değil aynı zamanda o faaliyeti takip eden diğer faaliyetlerin de süre, maliyet ve kalitesini etkilemektedir. Örnek olarak; duvar örülmesi faaliyetinde harman tuğla yerine gazbeton malzemesinin kullanılması halinde, gazbeton malzemesinin yüzeyinin pürüzsüz olmasından dolayı bu faaliyeti takip eden sıva faaliyetinin süresi ve maliyeti düşecek, kaliteli olarak tamamlanma ihtimali ise yükselecektir. Dolayısıyla; birbirlerini tamamlayan faaliyetler arasında da faaliyetlerde kullanılan malzeme özelliklerine bağlı olarak bir uyumluluk bağı ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda; optimizasyon sürecinde alternatif şebekeler oluşturulurken bu uyumluluk da dikkate alınmalıdır. Ancak; literatürde inşaat projelerinde süre, maliyet kalite optimizasyonu alanında yapılmış olan çalışmaların hiçbirisinde araştırmacılar faaliyetler arasındaki bu uyumluluğu dikkate almamışlardır.



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Amaç ve Kapsam

İnşaat sektöründe proje yönetiminin öncelikli amacı eldeki sınırlı kaynakları kullanarak bir inşaatı en kısa sürede, en düşük maliyette ve en yüksek kalitede tamamlamaktır. İnşaat projelerinin kapsamını belirleyen bu üç unsur hem birbirleriyle ilişkili hem de çelişkilidir. Dolayısıyla; bu üç unsur arasındaki etkileşimi irdeleyerek proje kapsamına en uygun iş programının hazırlanması proje yönetimi açısından büyük bir önem arz etmektedir. Ancak; inşaat projelerinin çok sayıda faaliyetlerden oluşması, her bir faaliyet için çok sayıda alternatifin geliştirilebilir olması ve her bir faaliyetin projenin toplam süre, maliyet ve kalitesini farklı derecelerde etkilemesi, bu üç unsurun optimizasyon sürecini zaman alıcı ve karmaşık bir hale sokmaktadır. Bu anlamda literatürde; bu zorlukları aşmak adına birçok araştırmacı tarafından farklı optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı karar destek sistemleri geliştirilmiştir. Ancak; Literatür Taraması bölümünde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, geliştirilen bu karar destek sistemlerinde genel anlamda bir inşaat projesi için gerçekçi veriler hazırlayıp gerçekçi bir yaklaşımla bunları optimize etmekten ziyade bunlarda kullanılan optimizasyon tekniklerine odaklanılmıştır. Diğer bir ifadeyle; geliştirilen modellerde alternatif malzemelerin projenin toplam süre, maliyet ve kalitesine olan etkileri, üretim faaliyetleri arasında ortaya çıkan uyumluluk veya üretim faaliyetlerinin birbirlerini tamamlama özelliği gibi inşaat projelerini özgün kılan özellikleri tam anlamıyla dikkate alınmamıştır. Yürütülmüş olan tez çalışmasında; inşaat projelerinde alternatif malzeme kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan süre, maliyet ve kalite arasındaki ödünleşimi sistematik olarak değerlendirmeye olanak sağlayacak bir metodolojinin geliştirilmesi ve bu metodolojinin örnek bir projede uygulanması amaçlanmıştır.

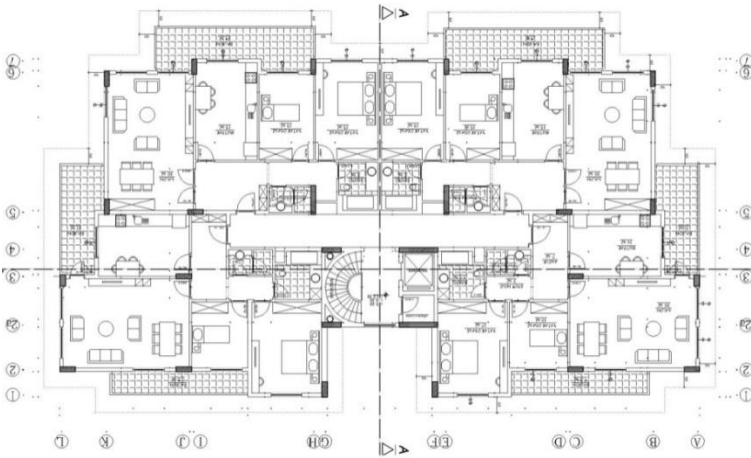
Tez çalışması kapsamında; etkin bir Toplam Kalite Yönetimi anlayışı ile projelerin işçilik kalitesinin sağlanacağı varsayılarak projenin süresi ve maliyetinin yanında sadece tasarım kalitesine odaklanılmıştır. Diğer bir ifadeyle; üretim faaliyetlerinde kullanılacak olan malzemelere bağlı olarak yapının yaşam döngüsü boyunca ortaya koyacağı muhtemel performansı optimizasyon sürecine dahil edilmiştir. Bunun yanında; inşaat projelerinde süre ve bütçe kısıtları başlangıç sürecinde belirlenmiş olmasından dolayı, metodoloji kapsamında geliştirilmiş olan karar destek sisteminde doğrusal programlama veya üst sezgisel yöntemler yerine küme esaslı tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Bu anlamda; tasarım uzayında proje kısıtlarını sağlayan bütün alternatif iş programlarının dahil edildiği süre ve bütçe olmak üzere iki farklı küme oluşturulmuştur. Kalite kavramının karmaşık yapısı gereği projenin toplam kalitesinin tek bir sayısal değer ile ifade edilememesinden dolayı tasarım uzayında kalite için bir küme oluşturulmamıştır. Bunun yerine; tasarım uzayında süre ve bütçe kümelerinin kesiştirilmesi ile elde edilecek olan çözüm kümesinde bulunan alternatif iş programlarının ortaya koyduğu hesap edilebilen kalite göstergeleri karşılaştırılmıştır. Diğer bir ifadeyle; geliştirilen metodolojide süre ve bütçe projenin bir girdisi kalite ise çıktısı olarak kabul edilmiştir.

Diğer taraftan; bina tipi inşaat projelerinin hesap edilebilen nesnel kalitesini genel olarak binanın dayanımı, yapı elemanlarının kullanım ömrü ve yalıtım özellikleri

ortaya koymaktadır. Bu kalite göstergeleri içerisinde dayanım özellikleri ise binaların statik hesaplamaları aşamasında mevzuata uygun olarak optimize edilmektedir. Diğer bir ifadeyle; her bir bina ayakta durabilmek adına mevzuatta belirtilmiş olan asgari dayanıma sahip olmak zorundadır. Bu kapsamda; binaların taşıyıcı sistemlerinde kullanılacak olan beton, çelik donatı gibi malzemelerin kesit ve dayanım özellikleri statik hesaplamalar aşamasında belirlenmektedir. Yürütülmüş olan tez çalışmasında ise yapı elemanlarının kullanım ömrüne bağlı olarak ortaya çıkan değişim veya bakım maliyeti ile binanın yalıtım özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan ısıtma enerjisi maliyeti nesnel kalite göstergeleri olarak hesap edilmiştir. Üretim faaliyetlerinde kullanılacak olan alternatif malzemeler bu kalite göstergelerinden değişim veya bakım maliyetini tek başına doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla; bu gösterge hem faaliyet hem de proje bazında hesap edilmiştir. Diğer taraftan; ısıtma enerjisi maliyeti ise projede bulunan farklı yapı elemanlarında kullanılan malzemelere bağlı olarak değişmektedir. Diğer bir ifadeyle; faaliyetlerde kullanılan malzemenin ısıtma enerjisi maliyetine doğrudan tek başına bir etkisi bulunmamaktadır ve dolayısıyla bu kalite göstergesi proje bazında hesaplanmıştır. Tez çalışmasında; bütün alternatif şebekeler için bu iki maliyet ayrı ayrı hesap edilmiş olup, bunun yanında bu iki maliyetin toplanması ile elde edilecek olan yaşam döngü maliyeti de değerlendirmelere dahil edilmiştir.

### 3.2. Materyal

Tez kapsamında geliştirilmiş olan metodoloji, 2 bloktan oluşan tamamlanmış bir Yap-Sat konut projesi üzerinde uygulanmıştır. Bu anlamda, müteahhittin proje için ayırmış olduğu kaynaklar dahilinde farklı malzeme kullanmış olması durumunda projeyi daha kısa süre, düşük maliyet ve yüksek kalitede tamamlayıp tamamlayamayacağı irdelenmiştir. Örnek projede bulunan her iki blokta zemin kat, 3 adet ara kat ve çatı katı bulunmaktadır. A blokta B bloktan farklı olarak fazladan bir bodrum kat bulunmakta olup binaların diğer kısımları mimari tasarım olarak özdeştir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de sırasıyla binaların normal kat planı ile projenin 3 boyutlu çizimi gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Örnek projenin normal kat planı



Şekil 3.2. Örnek projenin 3 boyutlu görünümü

İnşaat sektörünün barındırmış olduğu belirsizlikler ve malzeme çeşitliliğinin çok olmasından dolayı faaliyetlerin süre ve maliyet hesaplamaları için genel olarak kabul gören kesin değerler bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle; planlama mühendisleri faaliyetlerin süre ve maliyetlerinin belirlenmesinde farklı kurumların hazırlamış olduğu birim fiyat analizleri, sektör araştırmaları veya kendi tecrübeleri gibi farklı kaynaklardan faydalanmaktadır. Bu anlamda; tez çalışması kapsamında oluşturulan verilerin kendi içerisinde tutarlı olması adına veriler projeyi yürütmüş olan firma yetkilisi ile bir araya gelinerek hazırlanmıştır.

### 3.2.1. Yazılım için gerekli olan verilerin belirlenmesi

İnşaat projelerinde iş programının hazırlanmasında temelde 5 adım bulunmaktadır (Peurifoy vd 2010);

1. Proje kapsamında yürütülecek olan faaliyetlerin belirlenmesi
2. Her faaliyet için gerekli olan işgücü, makine ve malzeme kaynaklarını atayarak faaliyetlerin süre ve maliyetlerinin hesap edilmesi
3. Faaliyetler arasındaki bağlantıların kurulması
4. Faaliyet şebekesinin oluşturulması
5. Faaliyetlerin süre ve maliyetlerini şebekeye aktararak iş programının oluşturulması

Tez kapsamında geliştirilen metodolojide ise farklı malzeme kullanımına bağlı olarak birtakım faaliyetler için alternatiflerin geliştirilmesi ve bu alternatiflerin değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkacak olan alternatif iş programlarına ait süre ve maliyetin yanında projenin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkacak olan değişim veya bakım ile yıllık ısıtma enerjisi maliyetlerinin hesap edilmesi hedeflenmiştir. Bu hesaplamalardan yıllık ısıtma enerjisi maliyeti için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardına uygun olarak çalışan bir yazılım kullanılmış olup, diğer

hesaplamalar adına yeni bir yazılım geliştirilmiştir. Bu anlamda; geliştirilen yazılımın istenilen hesaplamaları yapabilmesi adına alternatifler de dahil olmak üzere bütün faaliyetlerin süre ve maliyetlerinin yanında faaliyetler arasındaki alternatiflik ve uyumluluk bağları, faaliyette çalıştırılan işçi sayısı, faaliyetlerin tamamlanması sonucu ortaya çıkan yapı elemanlarının kullanım ömrü ile bunların değişim veya bakım maliyetleri ile ilgili veriler de hazırlanmıştır. Bunun yanında; proje kıstaslarını sağlayan alternatif iş programlarının belirlenmesi ve bu iş programlarının maliyet hesaplamalarının yapılabilmesi adına proje için öngörülmüş olan süre, bütçe, kullanım ömrü ve günlük gider de belirlenmiştir.

### 3.2.2. Proje Faaliyetlerinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında incelenen örnek projenin iki bloktan oluşmasından dolayı, yürütülecek olan faaliyetler A blok, B blok ve genel proje faaliyetleri olmak üzere üç grup altında toplanmıştır. Binaların taşıyıcı karkasını oluşturacak olan kalıp, demir ve beton döküm faaliyetleri ilk faaliyetler olup birbirlerini takip edecek şekilde yürütülmektedir. Dolayısıyla; geliştirilen yazılımın işlem yükünü azaltmak adına bu üç faaliyet birleştirilerek tek bir faaliyete indirgenmiştir. Bunun yanında; iş makinelerinin inşaat alanına bir defadan fazla getirilmesi ekonomik olmayacağından dolayı her iki blokun temel kazısının aynı zamanda gerçekleştirileceği kabul edilerek kazı faaliyeti genel proje faaliyetleri grubuna dahil edilmiştir. Benzer şekilde; mutfak dolap ve tezgahları ile elektrik ve sıhhi tesisat donanımlarının takılması gibi inşaat projelerinin en son aşamasında yürütülen ve binayı kullanıma hazır hale getiren sonlama faaliyetleri de her iki blok için ortak yürütüleceği kabul edilmiş ve genel proje faaliyetleri grubunda değerlendirilmiştir. Bu anlamda; sırasıyla Çizelge 3.1, Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te her grup altında toplanmış olan faaliyetler ile bunların miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. A blok faaliyet ve miktarları

Faaliyet Adı	Miktarı	Birimi
Kalıp demir ve beton işleriA	1,00	blok
Duvar örülmesiA	2838,99	m <sup>2</sup>
Elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	15,00	daire
İç sıva işleriA	6141,66	m <sup>2</sup>
Dış sıva işleriA	1675,80	m <sup>2</sup>
Şap dökülmesiA	2197,90	m <sup>2</sup>
İç cephe kaplamasıA	5535,86	m <sup>2</sup>
Dış cephe kaplamasıA	1235,28	m <sup>2</sup>
Mutfak, Hol ve Balkon zemin kaplamasıA	1257,76	m <sup>2</sup>
Banyo ve WC zemin ve yüzey kaplamasıA	696,14	m <sup>2</sup>
Diğer zeminlerin kaplanmasıA	833,34	m <sup>2</sup>
Merdiven ve sahanlık mermer kaplamasıA	138,57	m <sup>2</sup>
Asma tavan işleriA	120,00	m <sup>2</sup>
Pencere ve balkon kapılarının takılmasıA	353,36	m <sup>2</sup>
Kapı takılmasıA	219,24	m <sup>2</sup>
Kartonpiyer imalatıA	1776,59	m
Çatı imalatıA	710,00	m <sup>2</sup>
Asansör takılmasıA	1,00	blok

Çizelge 3.2. B blok faaliyet ve miktarları

<b>Faaliyet Adı</b>	<b>Miktarı</b>	<b>Birimi</b>
Kalıp demir ve beton işleriB	1,00	blok
Duvar örülmesiB	2687,85	m <sup>2</sup>
Elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	14,00	daire
İç sıva işleriB	5118,02	m <sup>2</sup>
Dış sıva işleriB	1675,80	m <sup>2</sup>
Şap dökülmesiB	1772,41	m <sup>2</sup>
İç cephe kaplamasıB	5118,02	m <sup>2</sup>
Dış cephe kaplamasıB	1235,28	m <sup>2</sup>
Mutfak, Hol ve Balkon zemin kaplamasıB	832,27	m <sup>2</sup>
Banyo ve WC zemin ve yüzey kaplamasıB	696,14	m <sup>2</sup>
Diğer zeminlerin kaplanmasıB	833,34	m <sup>2</sup>
Merdiven ve sahanlık mermer kaplamasıB	135,25	m <sup>2</sup>
Asma tavan işleriB	112,14	m <sup>2</sup>
Pencere ve balkon kapılarının takılmasıB	348,24	m <sup>2</sup>
Kapı takılmasıB	206,01	m <sup>2</sup>
Kartonpiyer imalatıB	1538,50	m
Çatı imalatıB	710,00	m <sup>2</sup>
Asansör takılmasıB	1,00	blok

Çizelge 3.3. Genel proje faaliyet ve miktarları

<b>Faaliyet Adı</b>	<b>Miktarı</b>	<b>Birimi</b>
Kazı faaliyeti	1000	m3
Sonlama faaliyetleri	1	proje
Çevre düzenlemesi	1	proje

### 3.2.3. Alternatif geliştirilen faaliyet türlerinin belirlenmesi

İnşaat projelerinde binaların duvarları örüldükten sonra binanın içerisinde ve dışarısında yürütülecek olan faaliyetlere eşzamanlı olarak başlanabilmektedir. Ancak; faaliyetler bina içerisinde yoğunlaştığından dolayı özellikle projenin süresini bina içerisinde yürütülen faaliyetler belirlemektedir. Dolayısıyla; dış cephede yürütülecek olan faaliyetlerin projenin toplam süre, maliyet ve kalitesine olan etkisi fazla analiz gerektirmeden önceden tahmin edilebilmektedir. Bu kapsamda; yapılan çalışmada dış sıva yapılması, dış cephe kaplaması ve çevre düzenlemesi faaliyet türlerine alternatifler geliştirilmemiştir. Hangi faaliyet türleri için alternatif geliştirileceğinin belirlenmesinde ise firma yetkilisinin tecrübesinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda yapılan görüşmelerde; beton, demir, kalıp, kartonpiyer, şap ile merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işlerinde alternatifsiz malzemelerin kullanılması sebebiyle alternatifler geliştirilmemiştir. Asansör takılması ve sonlama faaliyet türlerinde kullanılan malzemelerin de genelde aynı malzemelerin farklı markaları olduğu belirlenmiştir. Bu anlamda; bu malzemelerin genelde süreye bir etkisinin olmaması, maliyet ve kaliteye olan etkilerinin de önceden tahmin edilebilir olması nedeniyle bu faaliyet türleri için de alternatifler geliştirilmemiştir. Benzer şekilde; örnek uygulama kapsamında malzemenin ebat etkisinin irdelenebilmesi adına seramik işlerinde farklı ebatların değerlendirilmesi düşünülmüştür. Ancak; firma yetkilisinin yaptığı açıklamalar sonucunda seramiklerde ebat etkisinin genelde malzeme ebatlarının 50 cm'yi geçmesi durumunda fark edilebilecek seviyede olduğu ve örnek projenin mimari tasarımı gereği ise bu ebatlarda

seramik kullanmanın uygun olmadığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla; seramik faaliyetlerinde de alternatifler üretilmemiştir. Çizelge 3.4'te alternatif geliştirilmemiş olan faaliyet türleri özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. Alternatif geliştirilmeyen faaliyetler türleri

#### **Alternatif Geliştirilmeyen Faaliyetler Türleri**

Kazı faaliyeti  
Sonlama faaliyetleri  
Çevre düzenlemesi  
Kalıp demir ve beton işleri  
Dış sıva işleri  
Şap dökülmesi  
Dış cephe kaplaması  
Mutfak, Hol ve Balkon zemin kaplaması  
Banyo ve WC zemin ve yüzey kaplaması  
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması  
Kapı takılması  
Kartonpiyer imalatı  
Asansör takılması

Diğer faaliyet türlerine alternatif geliştirme sürecinde; firma yetkilisinden örnek projede kullanabileceği alternatif malzemeleri belirlenmesi istenmiştir. Bu kapsamda; Çizelge 3.5'ten de görüleceği üzere duvar örülmesi için 4, asma tavan işleri için 3, iç cephe kaplaması, diğer zeminlerin kaplanması, pencere takılması ile çatı imalatı için ise ikişer alternatif malzemeler belirlenmiştir. Bunun yanında; firma yetkilisinin yapmış olduğu açıklamalar sonucunda duvar örülmesi faaliyeti türünde kullanılan malzemelere bağlı olarak bu faaliyeti takip eden elektrik ve sıhhi tesisat işleri ile iç sıva işlerinin süre, maliyet ve kalitelerinin de farklılık göstereceği anlaşılmıştır. Bu anlamda; elektrik ve sıhhi tesisat işlerinde gazbeton kullanılması halinde kanalların açılmasında özel uçlu bir matkabın kullanılması nedeniyle süre ve dolayısıyla da maliyetin artacağı, diğer taraftan da kırım işinin az olmasından dolayı işçilik kalitesinin sağlanma ihtimalinin de artacağı ifade edilmiştir. Dolayısıyla; bu faaliyet için gazbeton veya diğer malzemelerin kullanımına bağlı olarak iki tane alternatif geliştirilmiştir. İç sıva işlerinde ise harman tuğla kullanılması durumunda malzemenin yüzey özellikleri gereği BİMS veya gazbeton kullanımına göre sıva zayıflığının ve dolayısıyla süre ve maliyetin de artacağı belirtilmiştir. Bunun yanında; alçımatic ile hazır sıva yapılması durumunda ise bu zayıflığın ihmal edilecek seviyede olacağı anlaşılmıştır. Bu kapsamda; iç sıva işleri için 3 alternatif geliştirilmiştir. Çizelge 3.6'da ise bu iki faaliyet türü için geliştirilmiş olan alternatifler gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Farklı malzeme kullanımına olanak sağlayan faaliyetler türleri için oluşturulmuş olan alternatifler

Faaliyet Türü	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Duvar örülmesi	dış BİMS iç harman tuğla	dış ve iç BİMS	dış gazbeton iç harman tuğla	dış ve iç gazbeton
İç cephe kaplaması	Boya	Duvar Kağıdı		
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik		
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan	PVC	
Pencere ve balkon kapıları takılması	PVC	Ahşap		
Çatı imalatı	Çelik konstrüksiyon	Gazbeton		

Çizelge 3.6. Duvar örülmesi faaliyet türüne bağlı faaliyetler türleri için geliştirilen alternatifler

Faaliyet Türü	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	Harman Tuğla veya BİMS üstü	Gazbeton üstü	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	BİMS veya Gazbeton üstü	Alçımatik ile

### 3.2.4. Faaliyetler ve malzemeler arası uyumlulukların belirlenmesi

Yazılım tarafından alternatif iş programlarında uyumluluk iki aşamada sağlanacaktır. Birinci aşamada hangi faaliyetler arasında uyumluluk aranması gerektiği belirlenecek; ikinci aşamada ise faaliyetlerde kullanılan alternatif malzemelerin uyumluluğu kontrol edilecektir. Alternatif geliştirilen faaliyet türleri her iki blokta da ayrı ayrı yürütüleceği için öncelikle blok bazında bir uyumluluğun belirlenmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle; A blok için seçilen alternatif faaliyetin aynı B blok için de seçilmelidir. Bunun yanında; duvar örülmesi faaliyet türünde kullanılan malzeme, elektrik ve sıhhi tesisat ile iç sıva işlerini de etkilediği için bu iki faaliyet türü ile duvar örülmesi faaliyet türü arasında da bir uyumluluğun aranması gerekmektedir. Bu kapsamda; Çizelge 3.7’de yazılım tarafından aranması gereken faaliyetler arası uyumluluklar gösterilmiştir. Çizelgede belirtilmemiş olmasına rağmen, elektrik ve sıhhi tesisat işleri B ve iç sıva işleri B faaliyetleri ile duvar örülmesi B faaliyetleri arasında da bir uyumluluk bulunmaktadır. Ancak; hem bu faaliyetler arası uyumluluğun A blok içerisinde tanımlanmış olmasından hem de B blok faaliyetlerinin A blok ile olan uyumluluk bağının belirlenmiş olmasından dolayı bunlar çizelgede gösterilmemiştir. Çizelge 3.8’de ise faaliyetlerde kullanılan malzemeler arasındaki uyumluluk gösterilmiştir. Elektrik ve sıhhi tesisat işleri ile iç sıva işleri faaliyetlerinde alternatiflik bu faaliyetlerde kullanılan malzemelerden kaynaklanmamaktadır. Diğer bir ifadeyle; duvar örülmesi faaliyetinde kullanılan malzeme bu iki faaliyeti etkilemesinden dolayı bunlar için alternatifler geliştirilmiştir. Bu anlamda; malzeme uyumluluğunun belirlenebilmesi için bu iki faaliyet türüne birer sanal malzeme atanmıştır.

Çizelge 3.7. Faaliyetler arası uyumluluklar

<b>Faaliyet</b>	<b>Uyumluluk Araması Gereken Faaliyet</b>
Elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	Duvar örülmesiA
İç sıva işleriA	Duvar örülmesiA
Duvar örülmesiB	Duvar örülmesiA
Elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	Elektrik ve sıhhi tesisat işleriA
İç sıva işleriB	İç sıva işleriA
İç cephe kaplamasıB	İç cephe kaplamasıA
Diğer zeminlerin kaplanmasıB	Diğer zeminlerin kaplanmasıA
Asma tavan işleriB	Asma tavan işleriA
Pencere ve balkon kapıları takılmasıB	Pencere ve balkon kapıları takılmasıA
Çatı imalatıB	Çatı imalatıA

Çizelge 3.8. Malzeme Uyumlulukları

<b>Malzemesi</b>	<b>Malzemesi ile Uyumlu</b>
Harman Tuğla veya BİMS üstü tesisat	Dış BİMS iç harman tuğla, dış ve iç BİMS, dış gazbeton iç harman tuğla
Gazbeton üstü tesisat	Dış ve iç gazbeton
Harman Tuğla üstü sıva	Dış BİMS iç harman tuğla, dış gazbeton iç harman tuğla
BİMS veya Gazbeton üstü sıva	Dış ve iç BİMS, dış ve iç gazbeton
Alçimatik ile sıva	Dış BİMS iç harman tuğla, dış ve iç BİMS, dış gazbeton iç harman tuğla, dış ve iç gazbeton

### 3.2.5. Faaliyetlerin değişim veya bakım maliyetlerinin belirlenmesi

Binaların yaşam döngüsü boyunca kullanıma bağlı olarak birtakım yapı elemanları yıpranmakta veya kullanıma elverişsiz hale gelmektedir. Aslında; üretim faaliyetlerinin birbirlerini tamamlama özelliğinden dolayı, yapı elemanını ortaya koyan en son faaliyette kullanılan malzemeler yıpranmaya maruz kalmaktadır. Diğer bir ifadeyle; genelde ince işler olarak tabir edilen ve binaların kaba inşaat aşamasından sonra yürütülen faaliyetlerde kullanılan malzemeler binanın yaşam döngüsü boyunca oluşacak olan değişim veya bakım maliyetini etkilemektedir. Dolayısıyla; bu yapı elemanlarında kullanılan malzemeler binaların kullanım ömrü boyunca değiştirilmekte veya bakıma sokulmaktadır. Malzemelerin kullanım ömrü birçok faktörden etkilenmesinden dolayı bunlar için kabul gören kesin değerler bulunmayıp, bunlar göreceli değerlerdir. Tez çalışmasında ise geliştirilen metodolojinin örnek projeye uygulanması sonucu elde edilecek olan sonuçlar firma yetkilisi tarafından değerlendirilmiştir. Bu anlamda; verilerin gerçekçi olması adına faaliyetlerde kullanılan malzemelerin kullanım ömrü ile bunların değişim veya bakım maliyetleri firma yetkilisi tarafından belirlenmiştir (Çizelge 3.9).



Çizelge 3.9. Faaliyetleri kullanım ömrü ile değişim veya bakım maliyetleri

Faaliyet Adı	Kullanım Ömrü	Değişim Bakım Durumu	Maliyeti
İç cephe boya işleriA	10 yıl	değişim	27.679,30 TL
İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriA	25 yıl	değişim	44.286,88 TL
Dış cephe boya işleriA	10 yıl	değişim	14.823,36 TL
Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	25 yıl	değişim	21.381,92 TL
Banyo ve WC seramik işleriA	25 yıl	değişim	12.423,72 TL
Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	10 yıl	değişim	16.666,80 TL
Diğer zeminlerin seramik işleriA	25 yıl	değişim	12.500,10 TL
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	25 yıl	değişim	16.628,40 TL
Alüminyum asma tavan işleriA	10 yıl	bakım	2.880,00 TL
Alçıpan asma tavan işleriA	10 yıl	bakım	1.248,00 TL
PVC asma tavan işleriA	10 yıl	bakım	1.920,00 TL
PVC pencere ve balkon kapıları takılması işleriA	10 yıl	değişim	62.640,00 TL
Ahşap pencere takılması işleriA	10 yıl	bakım	10.000,00 TL
Panel kapı takılması işleriA	25 yıl	değişim	46.400,00 TL
Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	10 yıl	bakım	15.000,00 TL
Gazbeton çatı işleriA	10 yıl	bakım	10.000,00 TL
Kartonpiyer işleriA	25 yıl	değişim	10.659,54 TL
Asansör takılması işleriA	1 yıl	bakım	840,00 TL
İç cephe boya işleriB	10 yıl	değişim	25.590,10 TL
İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriB	25 yıl	değişim	40.944,16 TL
Dış cephe boya işleriB	10 yıl	değişim	14.823,36 TL
Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	25 yıl	değişim	14.148,59 TL
Banyo ve WC seramik işleriB	25 yıl	değişim	12.423,72 TL
Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	10 yıl	değişim	16.666,80 TL
Diğer zeminlerin seramik işleriB	25 yıl	değişim	12.500,10 TL
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	25 yıl	değişim	16.230,00 TL
Alüminyum asma tavan işleriB	10 yıl	bakım	2.691,36 TL
Alçıpan asma tavan işleriB	10 yıl	bakım	1.166,26 TL
PVC asma tavan işleriB	10 yıl	bakım	1.794,24 TL
PVC pencere ve balkon kapıları takılması işleriB	10 yıl	değişim	61.732,50 TL
Ahşap pencere takılması işleriB	10 yıl	bakım	10.000,00 TL
Panel kapı takılması işleriB	25 yıl	değişim	46.400,00 TL
Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	10 yıl	bakım	15.000,00 TL
Gazbeton çatı işleriB	10 yıl	bakım	10.000,00 TL
Kartonpiyer işleriB	25 yıl	değişim	9.231,00 TL
Asansör takılması işleriB	1 yıl	bakım	840,00 TL

### 3.2.6. Faaliyet verilerinin derlenmesi

İnşaat faaliyetlerinde tüketilen temel kaynaklar malzeme ile iş ve makine gücüdür. Bu kapsamda, malzeme ile iş ve makine gücüne ödenen ücret bir faaliyetin maliyetini, çalıştırılan iş ve makine gücünün verimliliği ise o faaliyetin süresini belirlemektedir. Örnek proje için yapılmış olan ödemeler kayıt altına alınmış olmasına rağmen, tez çalışmasının yürütüldüğü süreçte güncelliğini yitirmiştir. Bu anlamda; gerek projenin gerçekleştirilmesinde yürütülen faaliyetlerin gerekse geliştirilen alternatif faaliyetlerin maliyeti firma yetkilisi ile beraber yürütülmüş olan sektör araştırması sonucu belirlenmiştir. Diğer taraftan; firma yetkilisi tarafından faaliyetlerin süreleri ile ilgili verilerin kayıt altına alınmadığı belirtilmiştir. Dolayısıyla; faaliyetlerin

sürelerini belirlemek adına taşeronlarla iletişime geçilmiş ve faaliyetleri ne kadar sürede tamamlayabilecekleri sorulmuştur. Alternatif iş programları arasında yapılacak olan karşılaştırmalarda malzeme etkisini daha iyi değerlendirebilmek adına ise alternatif faaliyetlerde işgücü kapasitesi sabit tutulmuştur. Bu kapsamda; ilgili veriler hazırlandıktan sonra her bir faaliyet için bir iş paketi çizelgesi oluşturulmuştur (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. Örnek bir iş paketi çizelgesi

<b>Faaliyet Adı</b>	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA
<b>Miktarı (daire)</b>	15
<b>Süre (gün)</b>	10
<b>Maliyet</b>	120.000,00 TL
<b>Çalışan Sayısı</b>	12
<b>Kullanım Ömrü</b>	50
<b>Değişim veya Bakım Maliyeti</b>	0,00 TL

### 3.2.7. Faaliyetler arası bağlantıların belirlenmesi

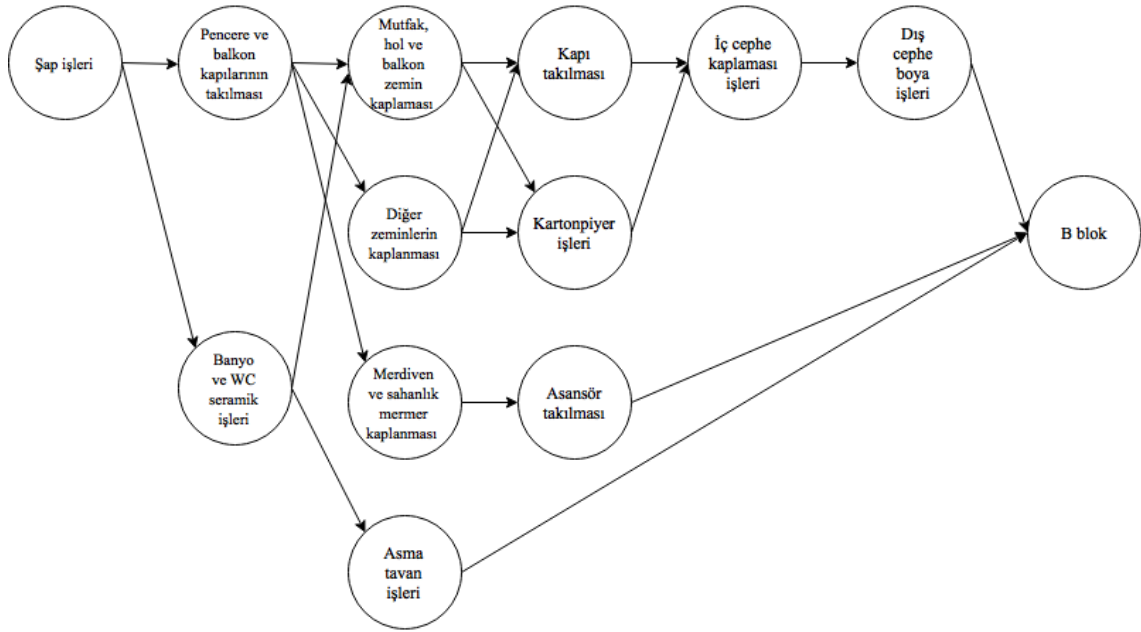
Bina tipi projelerde yürütülen üretim faaliyetleri kaba ve ince işler olmak üzere temelde 2 gruba ayrılmaktadır. Kaba işler inşaatın karkasını oluşturan kazı yapılması, kalıp çakılması, beton dökülmesi, duvar yapılması vb. faaliyetlerdir. İnce işler ise kısaca, kaba işlerin üzerlerini tamamlayarak veya kaplayarak yapıları kullanılabilir hale getiren boya, seramik döşenmesi gibi faaliyetlerdir. Bu anlamda; kaba inşaat aşamasında yürütülen faaliyetler birbirlerini takip etmek zorundayken, ince işler aşamasında aynı çalışma ortamında birbirlerinden bağımsız faaliyetler teorik olarak eş zamanlı yürütülebilmektedir. Ancak; gerek çalışma ortamının sınırlı olmasından gerekse uygulama esnasında faaliyetlerin birbirlerini olumsuz şekilde etkileyecek olmasından dolayı ince işler için de pratikte takip edilen bir iş akışı bulunmaktadır.

Örnek projenin gerçekleştirilme sürecinde ise firma yetkilisi; bir blokta kaba inşaat aşamasında kalıp, demir ve beton işleri, duvar örülmesi, tesisat, sıva ve şap işleri faaliyetlerinin birbirlerini takip ederek yürütüldüğünü belirtmiştir. Dış cephede yürütülecek olan çatı imalatına binanın karkası tamamlandıktan, dış sıva işlerine de ekip bağımlılığı yüzünden iç sıva işleri tamamlandıktan sonra başlanıldığı ifade edilmiştir. İnce işler aşamasında da faaliyetler aşağıda belirtilmiş olan sırayla gerçekleştirilmiştir;

- Şap işlerinden sonra pencere takılması ile banyo ve WC seramik işlerine başlanılmıştır.
- Pencere ve balkon kapılarının takılmasından sonra diğer zeminlerin kaplaması işleri ile Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işlerine başlanılmıştır.
- Banyo ve WC seramik işlerinden sonra mutfak, hol ve balkon zemin seramik işleri ile asma tavan işlerine başlanılmıştır.
- Mutfak, hol ve balkon zemin seramik işleri ile diğer zeminlerin kaplaması işleri tamamlandıktan sonra kapı takılması ve kartonpiyer işlerine başlanılmıştır.
- Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işlerinden sonra asansör takılmıştır.

- Kapı takılması kartonpiyer işlerinden sonra iç cephe kaplamasına başlanılmıştır.
- İç cephe kaplaması işlerinden sonra dış cephe boya işlerine başlanılmıştır.

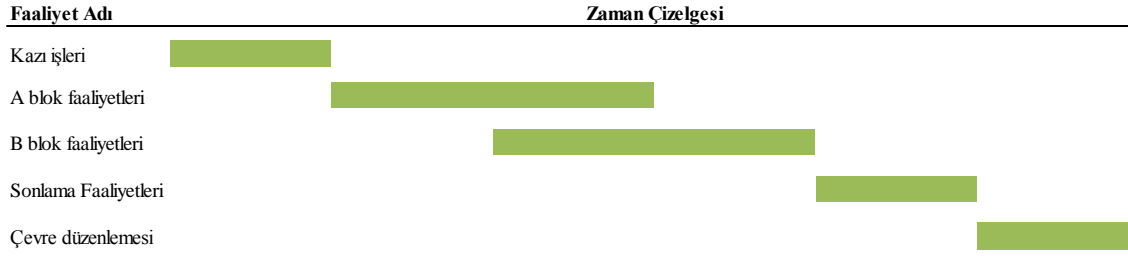
Bu bağlantılar doğrultusunda her bir blok için Şekil 3.3'te gösterilen faaliyet şebekesi oluşturulmuştur. Örnek projenin uygulanmasında mutfak, hol ve balkon zemin seramik işlerine, faaliyeti aynı ekip yürüteceği için banyo ve WC seramik işlerinden sonra başlanılmıştır. Ancak; bu ekip bağlantısının olmaması durumunda bu faaliyete pencere ve balkon kapıları takılması faaliyeti tamamlandıktan sonra da başlanabilmektedir. Bu anlamda; faaliyet şebekesi oluşturulurken bu bağlantı da şebekeye eklenmiştir.



Şekil 3.3. A blok için oluşturulmuş olan faaliyet şebekesi

İnşaat projelerinin iş programlarının hazırlanmasında dikkat edilen hususlardan bir tanesi de faaliyetlerde kesintisiz iş akışının sağlanmaya çalışılmasıdır. Özellikle; birden fazla binanın olduğu projelerde kesintisiz iş akışının sağlanamaması, çalışanların boşta bekletileceğinden dolayı fazladan maliyet oluşturmaktadır. Ancak; firma yetkilisi ile yapılan görüşmelerde proje kapsamındaki faaliyetlerin hepsinin yerel taşeronlar tarafından yürütüldüğü, genelde bunların istenildiği zaman inşaat alanına geldiği ve dolayısıyla da kesintisiz bir iş akışının sağlanmasına gerek olmadığı belirtilmiştir. Diğer taraftan; proje şebekesinin oluşturulmasında faaliyetler arası bağımlılığın yanında A ve B blok arasında oluşan ekipler arası bağımlılığın da değerlendirilmesi gerekmektedir. Örnek olarak; B blok kapsamında asma tavan işleri sadece banyo ve WC seramik işlerine bağlı olup, bu faaliyet ile A blok asma tavan işlerini aynı ekip yürütecektir. Diğer bir ifadeyle; A blok asma tavan işleri tamamlanmadan B blok asma tavan işlerine başlanılamamaktadır. Bu ekip bağımlılığı; B blok banyo ve WC seramik işlerinin A blok asma tavan işlerinden önce tamamlanması halinde proje süresini etkileyecektir. Benzer şekilde; bu bağımlılık birtakım B blok faaliyetlerinin A blok

faaliyetleri tamamlanmadan başlatılmasına olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda; örnek proje için kabaca Şekil 3.4’te gösterilmiş olan iş programı uygulanmıştır.



Şekil 3.4. Örnek proje için kabaca geliştirilmiş iş programı

### 3.2.8. Proje genel verilerinin belirlenmesi

Geliştirilen yazılımın gerekli kontrol ve hesaplamaları yapabilmesi adına proje süresi, bütçesi, kullanım ömrü ve günlük gideri olmak üzere 4 farklı veri hazırlanmıştır. Daha önceden de ifade edildiği gibi tez kapsamında firma yetkilisinin proje için ayırmış olduğu kaynaklar dahilinde farklı malzeme kullanmış olması durumunda projeyi daha kısa süre, düşük maliyet ve yüksek kalitede tamamlayıp tamamlayamayacağını belirlenmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla; örnek projenin tamamlanma süresi ile maliyeti tez kapsamında üst sınır olarak kabul edilmiştir. Ancak; firma yetkilisi yapmış olduğu açıklamalarda projenin başlangıç aşamasında projenin tamamlanması için öngörmüş olduğu bir sürenin olmadığını, uygulama aşamasında da taşeronların önceden belirlenmemesi, taşeronların yoğunluğu veya malzemelerin önceden temin edilememesi gibi nedenlerden dolayı inşaatın normalden daha uzun olarak yaklaşık 1 senede tamamlandığını belirtmiştir. Bu anlamda; projenin normal tamamlanma süresi, faaliyet sürelerinin Microsoft Office Project yazılımında değerlendirilmesi ile 155 gün olarak hesap edilmiştir. Bütçenin belirlenmesinde ise güncel olarak hazırlanmış olan faaliyet verileri kullanılmıştır. Bunun yanında; projenin süresine bağlı olarak değişecek olan merkez ofis ile genel şantiye giderleri de bütçeye dahil edilmiştir. Bu kapsamda; projenin bütçesi 2.043.076,41 TL olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde; projenin kullanım ömrü ise 50 yıl olarak değerlendirmiştir. Son olarak; projenin günlük gideri ise firma yetkilisi tarafından belirlenmiştir. Bu kapsamda; elektrik ve su tüketimi yanında projenin yürütülmesi aşamasında bir şantiye sorumlusunun işe alındığı, merkez ofis ile inşaat sahası arası mesafenin yaklaşık 30 km olduğu ve her gün olmasa bile gün aşırı firma yetkilisinin inşaat sahasına gittiği ifade edilmiştir. Bunun yanında; önceden öngörülmeyen ancak uygulama aşamasında çalışanlara prim verilmesi, yeni ekipman alımı gibi birtakım masrafların da ortaya çıktığı belirtilmiştir. Bu kapsamda; Çizelge 3.11’de de görüleceği üzere firma yetkilisinin yapmış olduğu hesaplamalar doğrultusunda projenin günlük gideri 270,00 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.11.Örnek projenin günlük gideri

Maliyet Kalemi	Aylık Maliyet	Günlük Maliyet
Şantiye Sorumlusu	3.500,00 TL	134,62 TL
Ulaşım	1.000,00 TL	38,46 TL
Elektrik ve Su	2.000,00 TL	76,92 TL
Diğer	500,00 TL	19,23 TL
<b>Toplam</b>	<b>7.000,00 TL</b>	<b>269,23 TL</b>

### 3.3. Metot

Tez çalışmasında geliştirilmiş olan optimizasyon modelinde hazırlanmış olan veriler iki farklı yazılımla işlenilerek değerlendirilmiştir. Bu yazılımlardan birincisi Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği tarafından ücretsiz olarak sunulan TS825 Isı Yalıtımı Hesaplama V 4.0 yazılımıdır. Bu yazılım yardımıyla oluşturulan alternatif iş programlarının yıllık enerji maliyeti hesap edilmiştir. Diğer hesaplamalar için de nesne yönelimli tasarım yaklaşımının esas alındığı java programlama dilinde yeni bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılımın geliştirilmesinde ise ağaç veri modelinden faydalanılmıştır.

#### 3.3.1. Yazılım geliştirme süreci

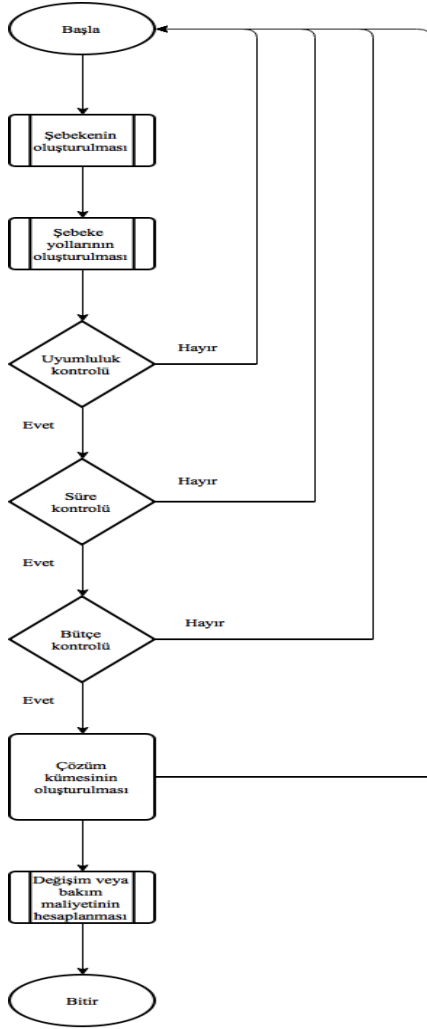
Yazılım geliştirme süreci planlama, çözümlenme, tasarım, gerçekleştirim ve bakım olmak üzere 5 adımdan oluşmaktadır (Yüce 2015). Yazılımın gerçekleştirilmesi beklenen işlevler, zaman içerisinde değişken olabileceği için bu süreçler döngüsel bir yapı oluşturmaktadır. Ancak; bir yazılımın başarısı, çözümlenme sürecinde belirlenen gereksinimleri karşılama seviyesine bağlıdır. Diğer bir ifadeyle; bir yazılım çözümlenme sürecinde belirlenen işlevleri tam olarak yerine getirebiliyorsa başarılıdır. Çözümlenme sürecinin en önemli adımı ise gereksinim analizinin yapılmasıdır. Bu adımda kısaca; geliştirilecek olan yazılımın beklenen işlevleri yerine getirebilmesi için sahip olması gereken yetenekler belirlenmektedir. Bu kapsamda; sırasıyla gereksinimler belirlenmekte, toplanmakta ve analiz edilmektedir. Analizi gerçekleştirecek olan yazılım geliştiricinin gereksinimlerin toplanması aşamasında doğru soruları sorarak görüştüğü kişileri iyi yönlendirmesi yazılımın başarısı için büyük bir önem arz etmektedir.

Tez çalışması kapsamında yazılım, gerekli olan hesaplamaları hızlandırmak adına bir karar destek sistemi olarak geliştirilmiştir. Bu anlamda yazılımın firma yetkilisi ile beraber oluşturulan verileri işlemesiyle aşağıda belirtilmiş olan 5 farklı işlevi gerçekleştirilmesi istenmiştir;

1. Faaliyetler arasındaki bağlantılardan faydalanarak ilk faaliyet şebekesinin oluşturulması
2. Oluşturulan şebeke üzerinde alternatif faaliyetlerin değerlendirilmesi ile alternatif şebekelerin oluşturulması
3. Her bir alternatif şebekenin süre ve maliyetlerinin hesaplanması
4. Sadece proje kısıtları olan süre ve bütçeyi sağlayan alternatif şebekelerin dahil edildiği çözüm kümesinin oluşturulması
5. Çözüm kümesine dahil edilmiş olan alternatif şebekelerin değişim veya bakım maliyetinin hesaplanması

Gereksinim analizi sürecinde yazılım geliştirici ile bir araya gelinerek oluşturulan veriler gösterilmiş ve geliştirilecek olan yazılımın yerine getirmesi gereken işlevler anlatılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda; problemin yapısı gereği, yazılım geliştirici tarafından yazılımın geliştirilmesinde nesne yönelimli tasarım yaklaşımı ile ağaç veri modelinin uygulanmasında karar kılınmış ve Şekil 3.5'te gösterilen akış diyagramı oluşturulmuştur. Bu kapsamda; yazılım tarafından aşağıda belirtilmiş olan işlevler gerçekleştirilecektir;

1. Faaliyetler arasındaki bağlantılar dikkate alınarak bir şebeke oluşturulacaktır.
2. Şebeke üzerindeki yollar taranarak faaliyetler arasında uyumluluk kontrolü gerçekleştirilecektir. Faaliyetler arasında bir uyumluluk bulunmuyorsa başa dönüp alternatif faaliyet kullanılarak yeni bir şebeke oluşturulacak, uyumluluk bulunuyorsa sonraki adıma geçilecektir.
3. Şebeke süresi hesap edilerek proje için öngörülmüş olan süreyi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir. Sağlamaması durumunda başa dönüp alternatif faaliyet kullanılarak yeni bir şebeke oluşturulacak, sağlaması durumunda ise sonraki adıma geçilecektir.
4. Şebeke maliyeti hesap edilerek proje bütçesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir. Sağlamaması durumunda başa dönüp alternatif faaliyet kullanılarak yeni bir şebeke oluşturulacak, sağlaması durumunda isesonraki adıma geçilecektir.
5. Şebeke uyumluluk, süre ve bütçe kriterlerini sağlaması halinde çözüm kümesine dahil edilecek, sonrasında başa dönüp alternatif faaliyet kullanılarak yeni bir şebeke oluşturulacaktır.
6. Çözüm kümesine dahil edilen şebekelerin değişim veya bakım maliyeti hesap edilecektir.



Şekil 3.5. Geliştirilen yazılımın akış diyagramı

### 3.3.2. Nesne yönelimli tasarım yaklaşımı

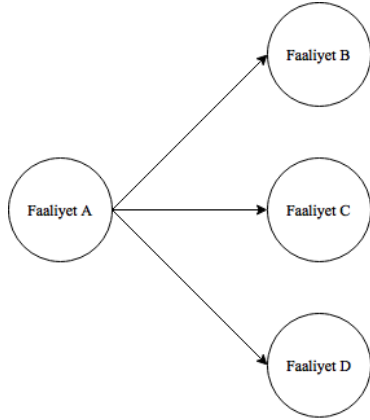
Nesne yönelimli programlama yönteminde; problem ve çözüm uzayında var olan nesnelere ve bu nesnelere arasındaki etkileşimden faydalanılmaktadır. Dolayısıyla; nesne yönelimli programlama yöntemi gerçek hayatta var olan bir problemin sanal ortama gerçekçi bir yaklaşımla aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Nesne yönelimli programlama yönteminde bilinmesi gereken iki temel kavram bulunmaktadır; 1) Sınıf ve 2) Nesne. Sınıflar, belirli nesnelere ortak özelliklerini ortaya koyan model iken, nesnelere ise kendine özgü unsurlar, işlemler ve davranışlar dikkate alınarak tanımlı bir sınıf tipinde oluşturulmaktadır. Örneğin; bütün üniversitelerin isimlerinin olması, eğitim vermesi, öğrenci bulundurma, fakültelerden oluşması gibi ortak özellikleri bulunmaktadır. Diğer taraftan Akdeniz Üniversitesi, üniversitelere ait bütün özellikleri taşıması yanında farklı isme, öğrenci ve fakülte sayısına sahiptir. Dolayısıyla, nesne yönelimli programlama yönteminde üniversite bir sınıf ve Akdeniz Üniversitesi de üniversite sınıfının bir nesnesi olmaktadır.

Nesne yönelimli programlama yönteminde sınıf ve nesnelerin oluşturulmasında soyutlama, kapsülleme, kalıtım ve çok biçimlilik olmak üzere üç temel ilke bulunmaktadır (Pohl 1993). Soyutlama ve kapsülleme kısaca nesnelerin özelliklerinin ve davranışlarının modellenerek ortaya konmasıdır. Bu kapsamda; her bir nesneyi oluşturan unsurlar veya işlemler/davranışlar belirlenmektedir. Kalıtım ise mevcut bir sınıftan benzer özellikli yeni bir sınıfın oluşturulması olarak tanımlanmaktadır. Bu ilke sayesinde, bir sınıf için geliştirilmiş olan bir kodun yeni oluşturulan bir sınıf tarafından da kullanılmasına olanak sağlanmaktadır. Son olarak; çok biçimlilik ilkesi de belirli bir davranış ya da işleme bağlı bir metodun birden fazla nesne tarafından farklı sonuç verecek şekilde kullanılması özelliği olarak tanımlanmaktadır. Bu temel ilkeler doğrultusunda, nesne yönelimli programlama yönteminde oluşturulan sınıflar arasında iki tür bağlantı oluşmaktadır. Bu kapsamda, oluşturulan bir sınıf ya başka bir sınıfın alt tipi olmakta veya başka bir sınıfın nesnelerini içerisinde bulundurmaktadır (Stroustrup 2013).

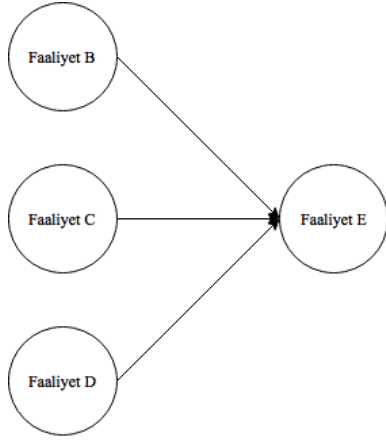
### 3.3.3. Ağaç veri yapısı

İnşaat projelerinde üretim faaliyetleri hem birbirleriyle bağlantılı hem de birbirlerini takip edecek şekilde yürütülmektedir. Bu anlamda; herhangi bir faaliyetin tamamlanmasından sonra birden fazla faaliyet eşzamanlı olarak başlayabilirken (Şekil 3.6), herhangi bir faaliyetin başlayabilmesi için de birden fazla faaliyetin tamamlanmış olması gerekebilir (Şekil 3.7). Dolayısıyla; faaliyetlerin oluşturacağı şebeke, faaliyetlerin sadece bir doğrultuda ilerlemesinden dolayı, yönlü çizge yapısında olacaktır (Şekil 3.8). Geliştirilen yazılımda ise şebekelerin bu yapısından dolayı ağaç veri modelinin kullanılması uygun görülmüştür. Ağaç veri modelinde veriler sanki bir ağaç yapısı oluşturuyormuş gibi sanal ortamda hiyerarşik olarak birbirleriyle bağlanmakta olup, şebeke üzerinde dolaşımın hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Çölkesen 2011). Bu kapsamda; modelde başlangıç düğüm noktası kök, bir düğüme doğrudan bağlı olan diğer düğümlere çocuk ve çocuğu olmayan ve ağacın en uç noktasında bulunan düğümlere ise yaprak denilmektedir. Bunun yanında; düğümler arasındaki hiyerarşi düzey terimi ile açıklanmaktadır. Bu anlamda; kök düğüm 1. düzey, kök düğüme doğrudan bağlı olan düğümler 2. düzey ve diğer düğümler de bağlı oldukları düğümlerin seviyelerine göre sıralanmaktadır. Benzer şekilde; herhangi bir düğümün kök düğüme olan uzaklığı da derinlik olarak ifade edilmektedir. Şekil 3.9'da gösterilmiş olan örnek bir ağaç veri yapısı incelenecek olursa; kök düğüm A, çocuk düğümler B, D, G ve H, yaprak düğümler ise C, E, F, I ve J olmaktadır. Benzer şekilde; ağaç veri yapısında düğümler arası hiyerarşiye bağlı olarak 4 düzey bulunmaktadır.

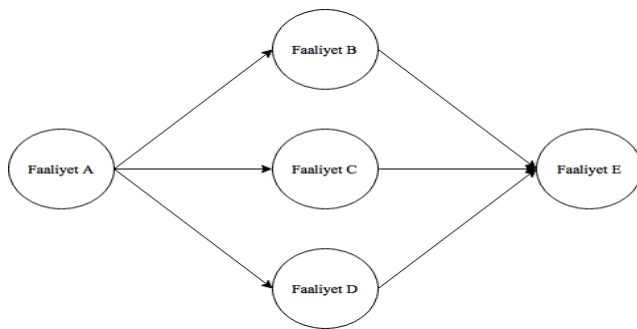




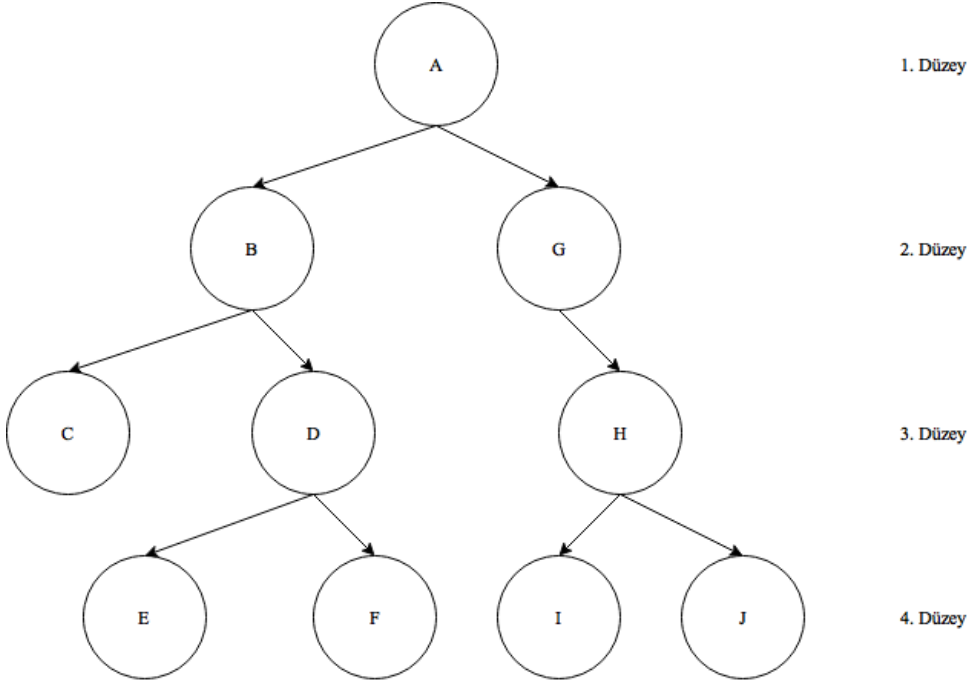
Şekil 3.6. Bir faaliyetin tamamlanmasından sonra birden fazla faaliyetin başlaması durumu



Şekil 3.7. Bir faaliyetin başlayabilmesi için birden fazla faaliyetin tamamlanmış olması durumu



Şekil 3.8. Yönlü çizge yapısı



Şekil 3.9. Ağaç veri yapısı örneği

Ağaç veri modelinde dolaşımlarda 2 farklı yaklaşım uygulanmaktadır (Lipschutz 2011). Sığ öncelikli dolaşımda, dolaşım düzey sırasına göre gerçekleştirilmektedir. Diğer bir ifadeyle; bir düzeyde bulunan bütün düğümler soldan başlayarak dolaşıldıktan sonra takip eden düzeye geçilerek sırasıyla o düzeye ait bütün düğümler dolaşılır. Bu yaklaşımın ağacın bütün düzeylerinde uygulanmasıyla dolaşım tamamlanır. Şekil 3.9'daki örnek yapı ele alınacak olursa sığ öncelikli dolaşımda sırasıyla A, B, G, C, D, H, E, F, I ve J düğümler dolaşılacaktır. Ancak; inşaat projelerinde faaliyetler arasındaki bağımlılıklar bir hiyerarşik yapı oluşturmaktadır. Aslında; faaliyet şebekesinin yönlü çizge yapısında olması bu hiyerarşiye bağlı olarak faaliyetlerin bir doğrultuda ilerlemesinden kaynaklanmaktadır. Bunun yanında; KYY süre hesaplamaları ise şebeke üzerinde bulunan yollar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla; sığ öncelikli dolaşımda bir düzeydeki düğümler tamamlanmadan diğer düzeye geçilmemesinden dolayı şebeke üzerindeki yollar oluşturulamamaktadır. Diğer taraftan; derin öncelikli dolaşım yaklaşımında ise temelde her bir düzeyden tek bir düğüm dolaşıldığı için düğümler arası hiyerarşi dikkate alınarak şebeke yolları oluşturulabilmektedir. Bu anlamda; geliştirilen yazılımda derin öncelikli dolaşımın bir türü olan önden sıralı dolaşım yaklaşımı kullanılmıştır.

### 3.3.4. Yazılımın modellenmesi

Yazılım geliştirme sürecinde; kodlama aşamasının başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için problemin modellenmesi gerekmektedir. Modeller, tasarlanan sistemin görselleştirilmesini ve dolayısıyla da iş sistemleri arasındaki etkileşimin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır (Seidl vd 2012). Yazılım sektöründe ise modellerin oluşturulmasında yaygın olarak Birleşik Modelleme Dili (BMD) kullanılmaktadır. BMD bir programlama dili olmayıp, yazılımı oluşturacak olan sistemlerin nasıl

modelleneceğini açıklayan yöntemlerin bütünüdür. Bu kapsamda; yazılımların modellenmesinde sınıf, nesne, durum, faaliyet gibi farklı diyagramlar kullanılmaktadır. Nesne yönelimli tasarım yaklaşımının kullanıldığı yazılımların modellerinde ise sınıflar arasındaki ilişkiler sınıf diyagramı kullanılarak açıklanmaktadır. Bu anlamda; her bir sınıf diyagramı ikiye bölünerek üst kısımda o sınıf tipindeki nesnelerin özellikleri, alt kısmında ise sınıf dahilindeki davranış ve faaliyetler açıklanmaktadır. Benzer şekilde; sınıflar arasındaki ilişki tipleri diyagramlar arası çizilen bağlantılar ve bu bağlantıların yönünü gösteren oklar ile tanımlanır. Sınıflar arası ilişkiler bire bir, bire çok ve çoka çok şeklinde olabilir. Tez kapsamında geliştirilen yazılımda ise sınıflar iki gruba bölünerek modellenmiştir:

**1. Çözüm uzayının nesne yönelimli tasarım yaklaşımının uygulanarak temsil edilmesi için oluşturulan sınıflar:**

***Faaliyet Sınıfı:*** Alternatif faaliyetler de dahil olmak üzere proje kapsamında değerlendirilecek olan faaliyet nesnelерinin oluşturulduğu sınıf.

***Malzeme Sınıfı:*** Faaliyetlerde kullanılacak olan malzeme nesnelерini temsil eden sınıf.

***Ağaç Düğüm Sınıfı:*** Ağaç yapısını oluşturmak için modellenen sınıf.

***Şebeke Sınıfı:*** Faaliyetler arasındaki bağlantılardan faydalanarak alternatif şebeke nesnelерinin oluşturulduğu sınıf.

***Proje Sınıfı:*** İnşaat projesinin tüm kısıtları ile temsil edilmesini sağlayan sınıf. Geliştirilen yazılım; bu sınıf tipinde yalnız bir nesne yaratarak çalışmaktadır.

**2. Yazılımın verileri okuyarak temel hesaplamaları yapabilmesi için oluşturulan sınıflar:**

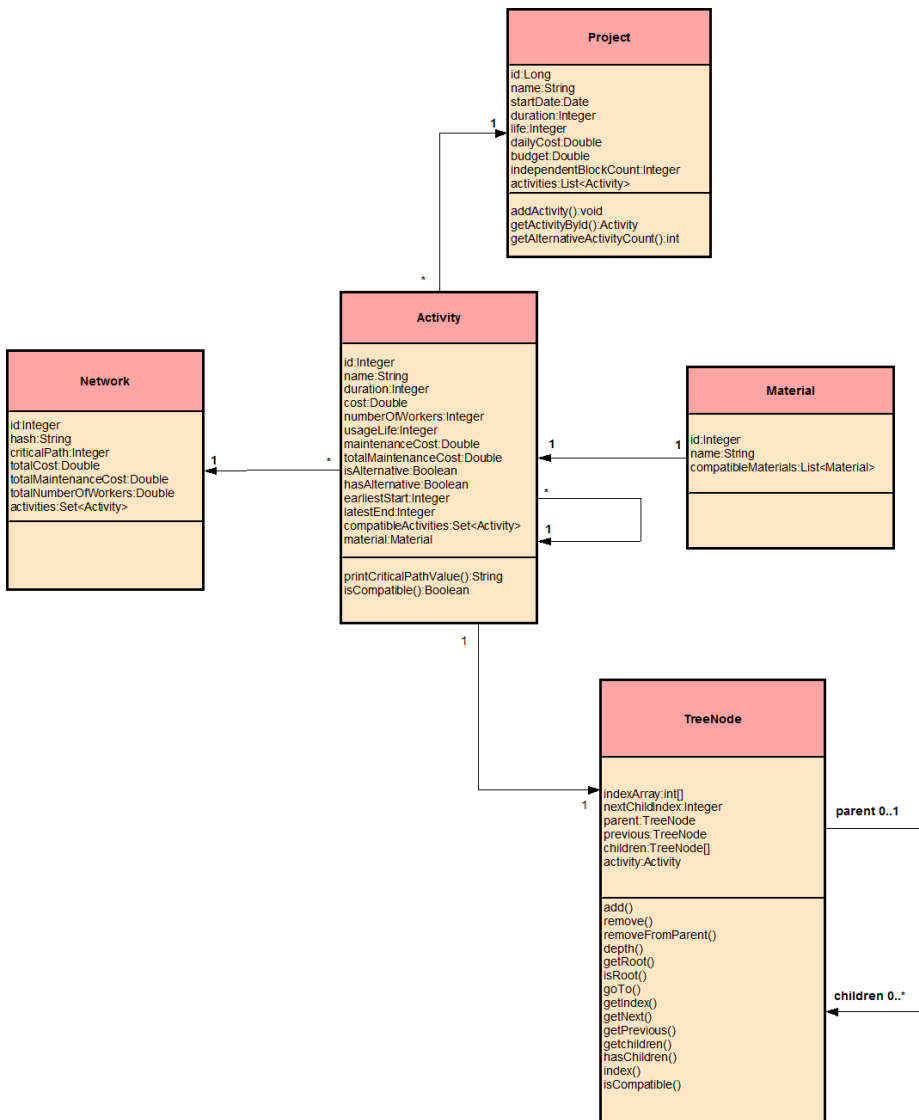
***Alternatif Şebeke Üretici Sınıfı:*** Alternatif şebekelerin oluşturulması için gerekli hesaplamaların yapıldığı sınıf.

***Proje Verilerini Okuma İşleyici Sınıfı:*** Proje verilerinin, veri kaynağından okunması işlemi için tasarlanan sınıf.

***Kritik Yol Üretici Sınıfı:*** Alternatif şebekelerde kritik yol hesaplamalarının yapıldığı sınıf.

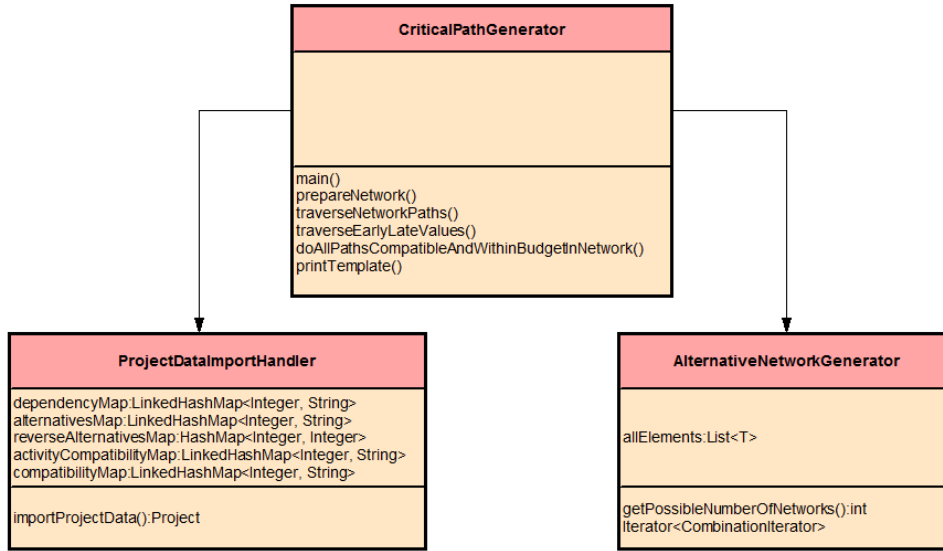
Daha önce de ifade edildiği gibi nesne yönelimli tasarım yaklaşımında, oluşturulan bir sınıf ya başka bir sınıfın alt tipi olmakta veya başka bir sınıfın nesnelерini içerisinde bulundurmaktadır. Bu kapsamda Şekil 3.10 incelenecek olursa; faaliyet sınıfı içerisinde oluşturulan nesnelerde malzeme sınıfına ait nesnelерin kullanıldığı görülmektedir. Ancak; bir faaliyette sadece bir tür malzeme kullanılabilir olduğu için iki sınıf arasında bire bir ilişki vardır. Diğer bir ifadeyle; bir faaliyetin sadece bir tane malzemesi olabilir. Benzer şekilde; ağaç düğüm, şebeke ve proje sınıflarında oluşturulan nesnelerde ise faaliyet sınıfına ait nesnelер kullanılmıştır. Bu

sınıflar içerisinde oluşturulan nesnelere birden fazla faaliyet kullanıldığı için faaliyet sınıfı ile bu sınıflar arasında bire çok ilişkisi bulunmaktadır. Örnek olarak; bir şebeke birden fazla faaliyetten oluştuğu için sınıf içerisinde bir şebeke nesnesinin oluşturulabilmesi için birden fazla faaliyet nesnesinin kullanılması gerekmektedir. Bunun yanında; sınıf içerisinde oluşturulan nesnelere sahip olduğu özelliklerden dolayı hem faaliyet hem de ağaç düğüm sınıflarında aynı sınıf tipindeki nesnelere arasında da bir ilişki oluşmuştur. Bu kapsamda; faaliyet nesnelere sahip olduğu özelliklerinden bir tanesi de diğer faaliyetlerle olan ilişkileridir. Dolayısıyla; herhangi bir faaliyet birden fazla faaliyet ile ilişkili olabileceği için faaliyet sınıfından faaliyet sınıfına bire çok bir ilişki tanımlanmıştır. Benzer şekilde; ağaç düğüm sınıfında oluşturulan bir düğüm nesnesi birden fazla düğüm ile ilişkili olabileceğinden ağaç düğüm sınıfından yine ağaç düğüm sınıfına tanımlı bire çok bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Çözüm uzayının nesne yönelimli tasarım yaklaşımının uygulanarak temsil edilmesi için oluşturulan sınıflar arasındaki ilişkiler

Diğer taraftan; kritik yol üretici sınıf yazılımın çözüm kümesini oluşturduğu ve çözüm kümesinde bulunan her bir şebekenin süre, maliyet ve değişim veya bakım maliyetini hesap ettiği sınıftır. Bu anlamda; bu sınıfı yazılım içerisinde bir yazılım olarak tanımlamak mümkündür. Ancak; kritik yol üretici sınıfın işlevlerini yerine getirebilmesi için verilerin veri kaynağından okunarak çözüm uzayının nesne yönelimli tasarım yaklaşımının uygulanarak temsil edilmesi için oluşturulan sınıf tiplerindeki nesnelerin oluşturulması ve bu nesnelerin kullanılması sonucu uyumlu alternatif şebekelerin belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla; verilerin okunması için proje verilerini okuma işleyici sınıf, uyumlu alternatif şebekelerin belirlenmesi için ise alternatif şebeke üretici sınıfı oluşturulmuştur. Diğer bir ifadeyle; bu iki sınıf da bir nevi alt yazılım olarak çalışmaktadır. Bu anlamda; kritik yol üretici sınıfı gerekli olan hesaplamaları yapabilmek adına proje verilerini okuma işleyici ile alternatif şebeke üretici sınıflarını kullanmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Yazılımın verileri okuyarak temel hesaplamaları yapabilmesi için oluşturulan sınıflar arasındaki ilişkiler

### 3.3.5. Yazılımın ara yüzü

Geliştirilen yazılımın ara yüzü komut satırına dayalıdır, ancak yazılım veri kaynağı olarak Microsoft Office Excel yazılımında hazırlanan bir dosyayı kullanmaktadır. Bu kapsamda; değerlendirilecek olan veriler proje, faaliyetler, bağımlılıklar, alternatif, faaliyet uyumluluğu ve uyumluluk olmak üzere 6 farklı sayfada derlenmiştir. Proje sayfasına; çözüm kümesine dahil edilecek olan alternatif iş programlarının belirlenebilmesi adına süre ve bütçe, çözüm kümesindeki iş programlarına ait maliyet ve değişim veya bakım maliyetleri hesaplamalarının yapılabilmesi adına ise proje kullanım ömrü ve günlük gideri girilmektedir (Şekil 3.12).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Süresi	Bütçesi	Ömrü	Günlük Gider																		
2	500	9000000	50	270																		

Şekil 3.12. Tez çalışması için oluşturulan proje sayfasının ekran görüntüsü

Faaliyetler sayfasında ise yazılımın süre, maliyet ve değişim veya bakım maliyeti hesaplamalarını yapabilmesi için, alternatif faaliyetler de dahil olmak üzere proje kapsamında geliştirilmiş olan bütün faaliyetlerin süre, maliyet, kullanım ömrü, değişim veya bakım maliyeti ile malzeme verileri girilmektedir (Şekil 3.13).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Faaliyet Adı	Süresi	Maliyeti	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Malzemesi								
2	Kazı işleri	1	5.000,00 TL	50	0	N/A								
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25	307.508,94 TL	50	0	KDA								
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	14	62.065,05 TL	50	0	BTA								
5	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiA	12	70.974,75 TL	50	0	BBA								
6	Gazbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	13	67.350,30 TL	50	0	GBTA								
7	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiA	9	85.169,70 TL	50	0	SGA								
8	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10	120.000,00 TL	50	0	TBTA								
9	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	12	127.500,00 TL	50	0	GTA								
10	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	29	110.550,06 TL	50	0	TKSA								
11	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	26	95.810,05 TL	50	0	BGKSA								
12	Alçematik ile iç sıva işleriA	11	122.833,40 TL	50	0	HSA								
13	Dış Sıva işleriA	7	36.867,60 TL	50	0	DSA								
14	İç cephe boya işleriA	5	27.679,30 TL	10	27.679,30 TL	IBA								
15	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriA	13	44.286,88 TL	25	44.286,88 TL	DKA								
16	Dış cephe boya işleriA	4	14.823,36 TL	10	14.823,36 TL	DBA								
17	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5	21.381,92 TL	25	21.381,92 TL	SA								
18	Banyo ve WC seramik işleriA	3	12.423,72 TL	25	12.423,72 TL	BSA								
19	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2	16.666,80 TL	10	16.666,80 TL	DZLA								
20	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3	12.500,10 TL	25	12.500,10 TL	DZSA								
21	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2	16.628,40 TL	25	16.628,40 TL	MMA								
22	Alüminyum asma tavan işleriA	4	7.200,00 TL	10	2.880,00 TL	ASTA								
23	Alçıpan asma tavan işleriA	7	3.120,00 TL	10	1.248,00 TL	ALTA								

Şekil 3.13. Tez çalışması için oluşturulan faaliyetler sayfasının ekran görüntüsü

Yazılımın faaliyetler arasındaki bağlantıları değerlendirerek alternatif şebekeleri oluşturabilmesi için bağımlılıklar sayfası oluşturulmaktadır. Tez çalışmasında; bu sayfada kullanılan faaliyetler örnek projenin gerçekleştirilmesinde yürütülmüş olan faaliyetlerdir (Şekil 3.14).

Faaliyet	Bağımlı Faaliyet	
1 Faaliyet	Bağımlı Faaliyet	
2 Kazı işleri	Kalıp demir ve beton işleriA	
3 Kalıp demir ve beton işleriA	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	
4 BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA
5 Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB
6 Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	Dış Sıva işleriA	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB
7 Dış Sıva işleriA	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	Şap işleriA
8 Şap işleriA	PVC pencere takılması işleriA	Banyo ve WC seramik işleriA
9 PVC pencere takılması işleriA	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA
10 Banyo ve WC seramik işleriA	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	Alüminyum asma tavan işleriA
11 Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	Panel kapı takılması işleriA	Banyo ve WC seramik işleriB
12 Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	Panel kapı takılması işleriA	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB
13 Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	Asansör takılması işleriA
14 Alüminyum asma tavan işleriA	Alüminyum asma tavan işleriB	
15 Panel kapı takılması işleriA	İç cephe boya işleriA	Panel kapı takılması işleriB
16 Kartonpiyer işleriA	İç cephe boya işleriA	Kartonpiyer işleriB
17 İç cephe boya işleriA	Dış cephe boya işleriA	
18 Dış cephe boya işleriA	İç cephe boya işleriB	
19 Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	
20 Asansör takılması işleriA	Asansör takılması işleriB	
21 Kalıp demir ve beton işleriB	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB
22 BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	
23 Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	
24 Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	Dış Sıva işleriB	Şap işleriB
25 Dış Sıva işleriB	Sonlama Faaliyetleri	

Şekil 3.14. Tez çalışması için oluşturulan bağımlılıklar sayfasının ekran görüntüsü

Alternatif sayfasında ise hangi faaliyetlerin birbirlerinin alternatifleri olduğu gösterilmektedir (Şekil 3.15).

Faaliyet	Alternatiflik		
1 Faaliyet	Alternatiflik		
2 BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiA	Gazbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiA
3 Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA		
4 Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	Alçımatik ile iç sıva işleriA	
5 İç cephe boya işleriA	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriA		
6 Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	Diğer zeminlerin seramik işleriA		
7 Alüminyum asma tavan işleriA	Alçıpan asma tavan işleriA	PVC asma tavan işleriA	
8 PVC pencere takılması işleriA	Ahşap pencere takılması işleriA		
9 Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	Gazbeton çatı işleriA		
10 BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiB	Gazbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiB
11 Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB		
12 Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriB	Alçımatik ile iç sıva işleriB	
13 İç cephe boya işleriB	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriB		
14 Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	Diğer zeminlerin seramik işleriB		
15 Alüminyum asma tavan işleriB	Alçıpan asma tavan işleriB	PVC asma tavan işleriB	
16 PVC pencere takılması işleriB	Ahşap pencere takılması işleriB		
17 Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	Gazbeton çatı işleriB		

Şekil 3.15. Tez çalışması için oluşturulan alternatif sayfasının ekran görüntüsü

Benzer şekilde; faaliyet uyumluluğu sayfasında hangi faaliyetin hangi faaliyette uyumluluk araması gerektiği belirtilmektedir (Şekil 3.16).

Faaliyet	Uyumluluk Araması Gereken Faaliyet	
1 Harman Tuğla veya BIMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	BIMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	
2 Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	BIMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	Harman Tuğla veya BIMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA
3 BIMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	BIMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	
4 Harman Tuğla veya BIMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	Harman Tuğla veya BIMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	
5 Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	
6 İç cephe boya işleriB	İç cephe boya işleriA	
7 Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	
8 Alüminyum asma tavan işleriB	Alüminyum asma tavan işleriA	
9 PVC pencere takılması işleriB	PVC pencere takılması işleriA	
10 Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	

Şekil 3.16. Tez çalışması için oluşturulan faaliyet uyumluluğu sayfasının ekran görüntüsü

Son olarak uyumluluk sayfasında; faaliyetler sayfasının “malzemesi” sütununda her bir faaliyet için belirlenmiş olan kısaltmalar kullanılarak alternatif faaliyetlerde kullanılan malzemelerin uyumluluğu belirlenmektedir (Şekil 3.17). Sayfanın ilk 5 satırında A blok için duvar örülmesi faaliyetinde kullanılan malzemelere bağlı olarak tesisat ve iç sıva işlerinde oluşan bağımlılıklar, diğer satırlarda ise her iki blokta da aynı alternatifin seçilebilmesi için oluşturulan malzeme uyumluluğu belirtilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Malzemesi	Malzemesi ile Uyumlu																		
2	TBTA	BTA	BBA	GBTA																
3	GTA	GGA																		
4	TKSA	BTA	GBTA	TBTA																
5	BGKSA	BBA	GGA	TBTA	GTA															
6	HSA	BTA	BBA	GBTA	GGA	TBTA	GTA													
7	TBT	BTA																		
8	BBB	BBA																		
9	GBTB	GBTA																		
10	GGB	GGA																		
11	TBTB	TBTA																		
12	GTB	GTA																		
13	TKSB	TKSA																		
14	BGKSB	BGKSA																		
15	HSB	HSA																		
16	DZLB	DZLA																		
17	DZSB	DZSA																		
18	ASTB	ASTA																		
19	ALTB	ALTA																		
20	PTB	PTA																		
21	PPB	PPA																		
22	APB	APA																		
23	CCB	CCA																		
24	GCB	GCA																		
25	IBB	IBA																		

Şekil 3.17. Tez çalışması için oluşturulan uyumluluk sayfasının ekran görüntüsü



Geliştirilen yazılım, çalışma sayfalarına girilmiş olan her bir harfi veri olarak hafızasına depolamaktadır. Bu anlamda; faaliyet isimlerinin açık olarak yazılması yazılımın çalışma süresini etkileyecektir. Bu zorluğu aşmak adına, her bir faaliyet için bir kısaltma kullanılarak Microsoft Office Excel dosyası yeniden oluşturulmuştur. Tez çalışmasının EK 2, EK 3, EK 4, EK 5, EK 6 ve EK 7 bölümlerinde ise sırasıyla her bir faaliyet için belirlenmiş olan kısaltmalar ile her bir çalışma sayfasının tam içeriği sunulmuştur.

### 3.3.6. Yazılımın doğal dilde algoritması

Geliştirilen yazılım; aşağıda doğal dilde yazılmış olan algoritma adımlarını takip ederek Şekil 3.5'te gösterilmiş olan işlevleri yerine getirmektedir:

1. Başla
2. Veri dosyasını aç
3. Veri dosyasının gerekli verileri eklenen formatta sakladığını kontrol et formatta eksik ya da uyumsuzluk varsa adım 31'e git değilse adım 4'e atla
4. Genel proje verilerinin (süre, bütçe, ömrü ve günlük gider) bulunduğu çalışma sayfasını oku
5. Proje nesnesini yarat
6. Faaliyetler çalışma sayfasını oku
7. Faaliyet tipindeki nesnelere yarat
8. Faaliyet tipindeki nesnelere için kod kümesini oluştur
9. Bağımlılıklar çalışma sayfasını oku
10. Faaliyetler arasındaki bağımlılık kod kümesini oluştur
11. Alternatif sayfasını oku
12. Faaliyetler arasındaki alternatiflik ilişkisi için kod kümesini oluştur
13. Faaliyet uyumluluğu çalışma sayfasını oku
14. Faaliyetler arası uyumluluk için kod kümesini oluştur
15. Uyumluluk çalışma sayfasını oku
16. Uyumluluk için kod kümesini oluştur
17. Referans şebekeyi oluştur
18. Referans şebekeye dair yolları gösteren ağaç yapısını oluştur
19. Alternatif Şebeke Üretici tipinde nesneyi oluştur
20. Alternatiflik kod kümesi ve bağımlılık kod kümesini kullanarak alternatif şebeke üretici ile yeni şebeke oluştur, yeni şebeke oluşturulamıyorsa (tüm eşleşme kombinasyonlarının denendiği anlamına gelir) 31.adıma atla
21. Yeni şebekeye ait yolları oluştur
22. Yollar üzerindeki faaliyetlerin hangi faaliyetlerde uyumluluk araması gerektiğini belirle
23. Uyumluluk aranması gereken faaliyetler arasında malzeme uyumluluğunu kontrol et. Uyumsuzluk varsa adım 20'ye dön
24. Sırasıyla yolların süresini hesapla
25. Proje süresi < yol süresi durumunda diğer yolların süresini hesap etmeden şebekeyi sil ve adım 20'ye dön
26. En uzun yolu kritik yol ve şebeke süresi olarak ata
27. Şebeke maliyetini hesapla
28. Bütçe < Şebeke maliyeti ise şebekeyi sil adım 20'ye dön

29. Şebekenin değişim veya bakım maliyetini hesapla
30. Adım 20'ye atla
31. Bitir

Kod kümesi; yazılım tarafından her bir çalışma sayfasında okunan verilerin hafızada tutulması için oluşturulmaktadır. Diğer bir ifadeyle yazılım; çalışma sayfasındaki verileri okuyarak her bir sayfa için bir sanal şablon oluşturmakta ve hesaplamalar sırasında bunlardan faydalanmaktadır. Örnek olarak; alternatiflik kod kümesinde faaliyetler arası alternatiflik durumunu göstermek için oluşturulan şablondan faydalanılarak yeni şebekenin oluşturulmasında hangi alternatifin hangi faaliyetin yerine konulabileceği belirlenmektedir. Bu anlamda yazılım kapsamında oluşturulan kod kümelerini kısaca; uyumlu faaliyetler ve malzemelerden meydana gelen şebekeleri oluşturmak için kombinasyonel yaklaşımda kullanılan mantıksal yapı olarak tanımlamak mümkündür.

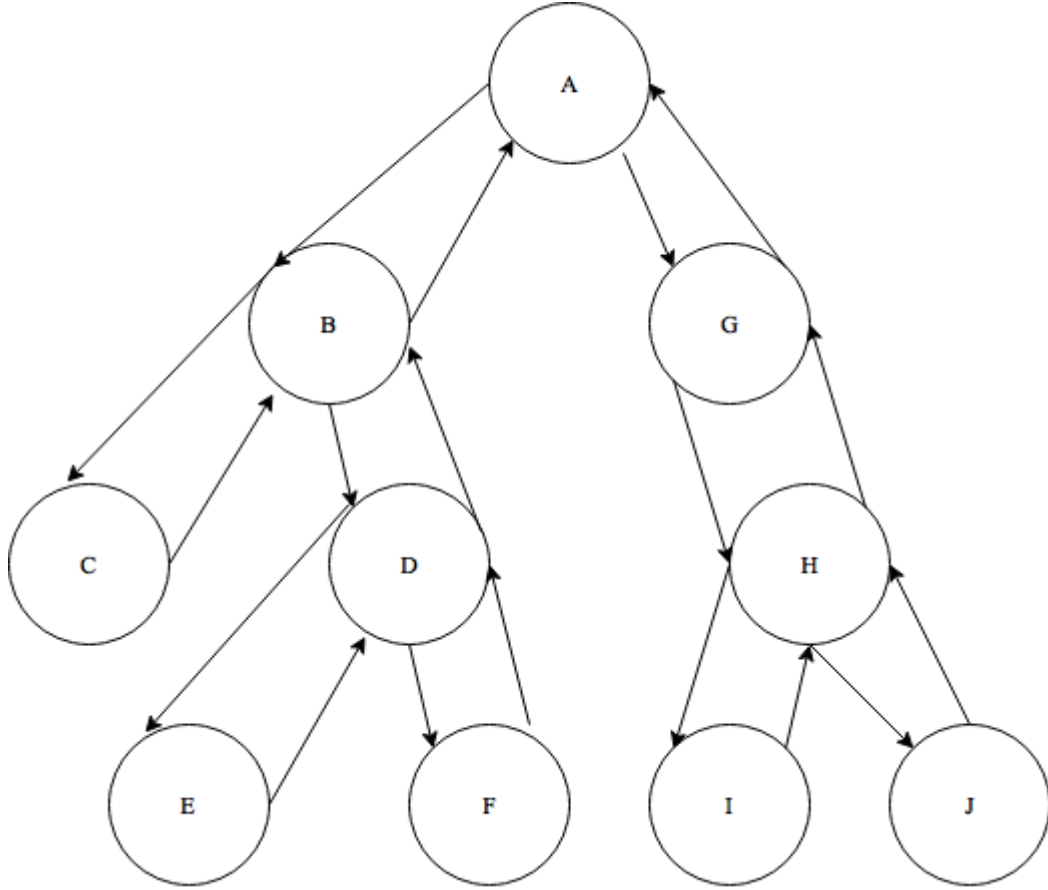
Gerek referans şebekenin gerekse referans şebeke üzerindeki yolların oluşturulmasında ise derin öncelikli dolaşımın bir alt türü olan ve kaba kodu Şekil 3.18'de gösterilmiş olan önden sıralı dolaşım algoritması kullanılmıştır. Bu anlamda; şebekenin oluşturulmasında algoritma, düğümleri kök düğümünden başlayarak sol alt ağaç ve sağ alt ağaç sıralamasıyla dolaşarak yerleştirir. Örnek olarak; Şekil 3.19'da gösterilmiş olan ağaç veri yapısının oluşturulmasında sırasıyla A – B – C – D – E – F – G – H – I – J düğümleri yerleştirilecektir. Diğer taraftan yazılım; dolaşım esnasında kök düğümünden ilk yaprak düğüme kadar dolaşmış olduğu güzergahı ilk şebeke yolu olarak hafızasına almaktadır. İkinci şebeke yolunu ise kök düğümünden başlayarak ilk yaprak düğümünün atasından ulaşılacak diğer yaprak düğüme kadar dolaşmış olan güzergah oluşturacaktır. Bu yaklaşım diğer yaprak düğümleri için de uygulanarak şebekenin bütün yolları belirlenmektedir. Şekil 3.19'da gösterilen örnek ele alınacak olursa C yaprak düğüme ulaşabilmek için sırasıyla A – B – C düğümleri dolaşarak ilk şebeke yolu oluşturulacaktır. C yaprak düğümünün üst düğümü olan B'den, önden sıralı dolaşım algoritması gereği, ulaşılacak ilk yaprak düğüm ise E'dir. Bu anlamda; şebekenin ikinci yolu A düğümünden başlayarak E düğüme ulaşabilmek için takip edilmesi gereken güzergah olan A – B – D – E olacaktır. Benzer şekilde; E yaprak düğümünü üst düğümü olan D düğümünden ulaşılacak diğer düğüm F'dir. Dolayısıyla üçüncü yol A – B – D – F. Sol alt ağaçta ulaşılacak başka yaprak düğüm noktası olmaması nedeniyle sağ alt ağaca geçilecek ve bu alt ağaçta ulaşılacak ilk yaprak düğümün I olması nedeniyle şebekenin diğer yolu A – G – H – I olacaktır. Benzer şekilde; şebekenin son yolunu ise başlangıç düğümünden J düğüme ulaşabilmek için takip edilmesi gereken güzergah olan A – G – H – J oluşturacaktır.

```

ÖndenSıralıDolaş(kök) {
    if (kök boş değil)
        işle(kök)
        ÖndenSıralıDolaş (kök→solAltağaç)
        ÖndenSıralıDolaş (kök→sağAltağaç)
    End if
    Return
}

```

Şekil 3.18. Önden sıralı dolaşım algoritmasının kaba kodu



Şekil 3.19. Önden sıralı dolaşım algoritmasında takip edilen güzergah

Alternatif faaliyetlerin kullanılarak yeni şebekeler oluşturulmasında kombinasyon yaklaşımından faydalanılmıştır. Bu anlamda; tekliden başlayarak alternatif sayısına kadar olan bütün kombinasyonlar oluşturularak referans şebeke üzerinde uygulanmaktadır. Örnek olarak; farklı faaliyetlere ait toplam 5 alternatiften oluşan bir veri seti dikkate alınacak olursa alternatiflerin  $C(5,1)$ ,  $C(5,2)$ ,  $C(5,3)$ ,  $C(5,4)$  ve  $C(5,5)$  kombinasyon kümeleri oluşturulmaktadır. Ancak; bir faaliyet türü için birden fazla alternatifin kullanılabilir olmaması sebebiyle aynı faaliyet türüne ait alternatiflerin bulunduğu kümeler elenmektedir.

KYY'de şebeke süresini en uzun yol veya yolların tamamlanması için gerekli olan süre belirlemektedir. Bu anlamda; uyumlu şebekelerin süresinin belirlenmesinde şebekedeki bütün yolların süreleri tek tek Denklem 3.1 kullanılarak hesaplanmış ve bunlar arasından en uzun süreye sahip olanların süresi şebeke süresi olarak atanmıştır.

$$\text{Yol süresi} = \sum_{i=1}^n s_i \quad (3.1)$$

$n$  : yol üzerinde bulunan faaliyet sayısı

$s$  : yol üzerinde bulunan faaliyetlerin süresi

Şebeke maliyetlerinin hesaplanmasında ise faaliyet maliyetlerinin yanında şebeke süresine günlük gider değerine bağlı olarak değişecek olan en direkt maliyet de

hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu anlamda; uyumlu şebekelerin maliyet hesaplamasında Denklem 3.2 kullanılmıştır.

$$\text{Toplam Maliyet} = \sum_{i=1}^n m_i + (s \times gg)(3.2)$$

$n$  : şebekede bulunan faaliyet sayısı

$m$  : faaliyet maliyeti

$s$  : şebeke süresi

$gg$  : proje günlük gideri

Verilerin oluşturulma sürecinde faaliyetlerin değişim veya bakım maliyeti tek seferlik için belirlenmiştir. Bu anlamda; binanın yaşam döngüsü boyunca faaliyetlerin kaç defa değişim veya bakıma uğrayacağını hesaplamak adına binanın kullanım ömrünün faaliyet ömrünün tam katı olması durumunda Denklem 3.3 kullanılmış, tam katı olmaması durumu için ise yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma gereği yazılım, bina ömrünü faaliyet ömrüne bölmekte ve elde edilen değerlerin tam sayı kısmını değişim veya bakım sayısı olarak atamaktadır. Şebekenin toplam değişim veya bakım maliyetinin hesaplanmasında ise Denklem 3.4'ten faydalanılmıştır.

$$\text{Değişim veya Bakım Sayısı} = \left( \frac{\text{Bina ömrü}}{\text{Faaliyet ömrü}} \right) - 1(3.3)$$

$$\text{Toplam Değişim veya Bakım Maliyeti} = \sum_{i=1}^n (ds_i \times dbm_i)(3.4)$$

$n$  : değişim veya bakım maliyeti bulunan faaliyet sayısı

$ds$  : faaliyetin değişim veya bakım sayısı

$dbm$  : faaliyetin değişim veya bakım maliyeti

### 3.3.7. Yazılımın çalışma prensibinin bir örnekle açıklanması

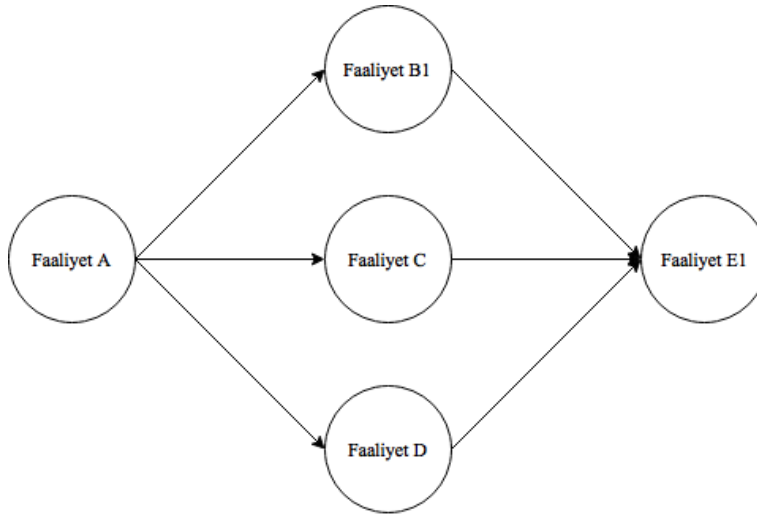
Geliştirilen yazılımın çalışma prensibini açıklayabilmek adına Şekil 3.8'de gösterilmiş olan şebeke için faaliyet verileri oluşturulmuştur (Çizelge 3.12). Çizelgeden de görüleceği üzere; Faaliyet B için iki, Faaliyet E için ise 1 alternatif geliştirilmiştir. Bunun yanında; Faaliyet E'nin Faaliyet B ile uyumluluk araması gerektiği, E malzemesinin B ve B1, E1 malzemesinin ise B2 malzemesi ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Son olarak; proje için öngörülmüş olan süre 11 gün, bütçesi 98 TL, kullanım ömrü 20 yıl ve günlük gider ise 5 TL olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.12. Örnek kapsamında faaliyetler için oluşturulan veriler

Faaliyet Adı	Süresi	Maliyeti	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Malzemesi
Faaliyet A	2	10,00 TL	20 yıl	0 TL	A
Faaliyet B	4	15,00 TL	10 yıl	5 TL	B
Faaliyet B1	7	12,00 TL	10 yıl	7 TL	B1
Faaliyet B2	5	16,00 TL	10 yıl	8 TL	B2
Faaliyet C	6	5,00 TL	20 yıl	0 TL	C
Faaliyet D	4	7,00 TL	10 yıl	5 TL	D
Faaliyet E	3	6,00 TL	20 yıl	0 TL	E
Faaliyet E1	2	8,00 TL	20 yıl	0 TL	E1

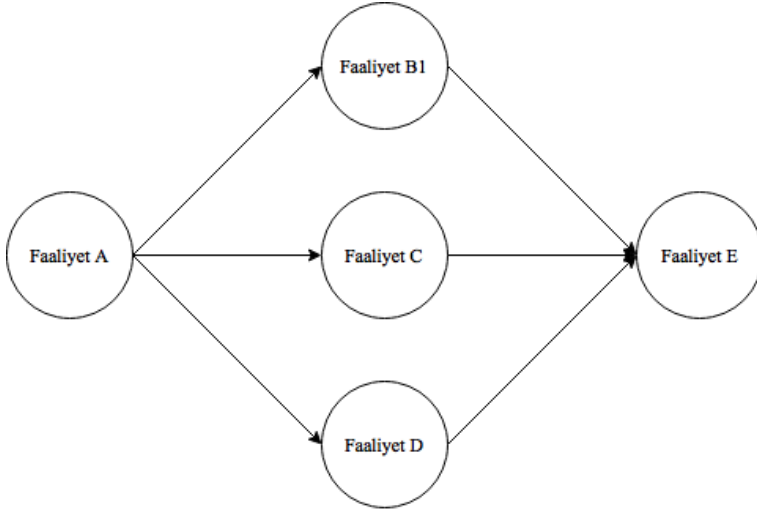
Örnek veri kapsamında toplam 5 tane alternatif oluşturulmuştur. Geliştirilen yazılım referans şebekeyi oluşturduktan sonra alternatif şebekeleri oluşturmak adına tekliden başlayarak beşliye kadar bütün kombinasyon kümelerini oluşturmaktadır. Kombinasyon kümelerini referans şebeke üzerinde uygulamadan önce yazılım, kümelerin uyumlu olup olmadıklarını kontrol ederek uyumlu olmayanları elemektedir. Örnek olarak; ikili kombinasyon kümelerinden bir tanesi hem Faaliyet B hem de Faaliyet B1'i içerecektir. Ancak; bu iki alternatifin aynı faaliyet türüne ait olması sebebiyle bu küme yazılım tarafından değerlendirilmeyecektir.

Şekil 3.20'de Faaliyet B1 ve Faaliyet E1'in seçilmiş olduğu alternatif şebeke gösterilmiştir. Oluşturulan veriler gereği Faaliyet E1'in Faaliyet B1'de uyumluluk araması gerekmektedir. Bu anlamda; bu iki faaliyet malzemelerinin uyumlulukları dikkate alınacak olursa E1 malzemesinin B1 malzemesi ile uyumlu olmadığı görülecektir. Dolayısıyla bu şebeke yazılım tarafından, uyumsuz olduğu için silinecektir.



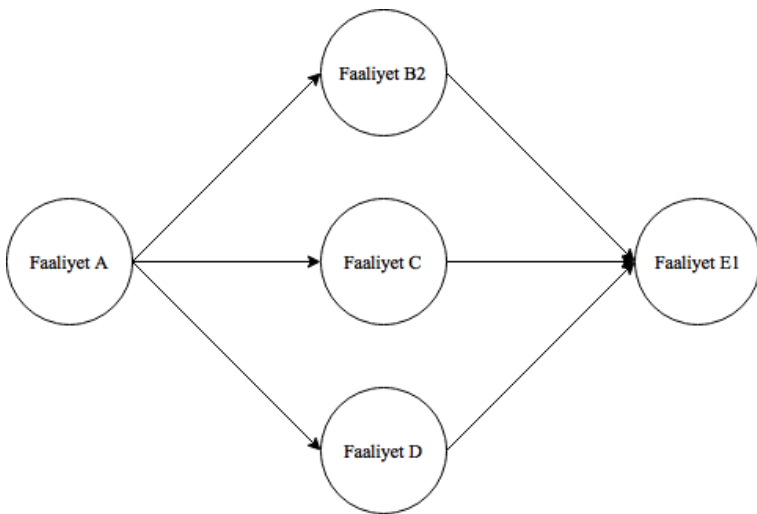
Şekil 3.20. Faaliyet B1 ve Faaliyet E1 alternatiflerinin seçimi sonrasında oluşturulan şebeke

Şekil 3.21'de ise alternatifler arasından sadece Faaliyet B1'in seçildiği şebeke gösterilmiştir. Bu şebekede E malzemesi B1 malzemesi ile uyumlu olmasından dolayı şebeke de uyumludur. Dolayısıyla yazılım; sonraki aşama olarak şebeke üzerindeki yolların süresini hesaplayacaktır. Bu anlamda; Faaliyet A, Faaliyet B1 ve Faaliyet E'den oluşan ilk yolun süresi Denklem 3.3.6.1 yardımıyla 12 gün olarak hesaplanmıştır. Ancak; bu değer projeye için öngörülmesi gereken 11 günden fazla olması nedeniyle yazılım diğer yolların süresini hesaplamadan şebekeyi silecektir.



Şekil 3.21. Faaliyet B1 alternatifi seçilmesi ile oluşturulan şebeke

Faaliyet B2 ve Faaliyet E1 alternatiflerinin kullanılması durumunda oluşturulmuş olan şebeke de malzeme uyumluluğunu sağlamasından dolayı uyumludur (Şekil 3.22). Bunun yanında; yolların süresi Faaliyet A – Faaliyet B2 – Faaliyet E1 yolu için 9 gün, Faaliyet A – Faaliyet C – Faaliyet E1 yolu için 10 gün ve Faaliyet A – Faaliyet D – Faaliyet E1 yolu için 8 gün olarak hesap edilecektir. Bu durumda; en uzun süreye sahip olan yol projenin süre kistasını sağlamaktadır. Dolayısıyla yazılım, bir sonraki adımda şebekenin maliyetini hesaplayacaktır. Denklem 3.3.6.2 yardımıyla şebekenin süresi 96 TL olarak hesaplanacaktır. Bu değer de proje bütçesinin altında olması sebebiyle şebeke yazılım tarafından çözüm kümesine eklenerek değişim veya bakım maliyeti hesaplanacaktır. Çizelge 3.12’den de görüleceği üzere sadece Faaliyet B2 ve Faaliyet D’nin projenin değişim veya bakım maliyetine bir etkisi olup, her iki faaliyetin de kullanım ömrü 10 yıldır. Bu kapsamda; bu iki faaliyet projenin yaşam döngüsü boyunca bir defa değişim veya bakıma uğrayacaktır. Dolayısıyla; şebekenin değişim veya bakım maliyeti 13 TL olarak hesap edilecektir.



Şekil 3.22. Faaliyet B2 ve Faaliyet E1 alternatiflerinin seçimi sonrasında oluşturulan şebeke

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Yazılımın Doğru Çalıştığının Doğrulanması

Örnek proje kapsamında A ve B bloklarında bulunan 8 farklı faaliyet türü için alternatifler geliştirilmiştir (Çizelge 4.1). Olasılık hesaplamalarına göre, oluşturulan verilerin değerlendirilmesi sonucunda 1.327.104 adet şebekenin oluşturulması gerekmektedir. Ancak; faaliyetler arası malzeme uyumluluklarının dikkate alınması durumunda birtakım faaliyet türleri için tercih edilebilir alternatif sayısı azalmaktadır. Örnek olarak; elektrik ve sıhhi tesisat işleri için 2 adet alternatif geliştirilmiş olmasına rağmen, bunlardan hangisinin seçileceği duvar örülmesi faaliyetinde kullanılan malzemeye bağlıdır. Diğer bir ifadeyle; iç duvarların örülmesinde harman tuğla kullanılması durumunda yazılım sadece “Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleri” alternatifini seçmelidir. Benzer şekilde; iç sıva işleri faaliyetinde de 3 adet alternatif geliştirilmiş olmasına rağmen, duvar örülmesinde kullanılan malzemeye bağlı olarak değerlendirilmesi gereken alternatif sayısı 2’ye düşmektedir. Bunun yanında; uyumluluk gereği B blok faaliyetlerinde kullanılacak olan alternatifler A blokta belirlenmiş olmasından dolayı, B blokta değerlendirilecek olan alternatif sayısı bütün faaliyetler için 1 olmaktadır. Dolayısıyla; örnek proje için hazırlanmış olan verilerin değerlendirilmesi sonucunda geliştirilen yazılım tarafından 384 adet şebekenin oluşturulması gerekmektedir. Bu anlamda; alternatif şebekeler oluşturulurken faaliyetler arası uyumluluğun kontrol edilip edilmediğini görmek adına, yazılım proje için süre ve bütçe kısıtları girilmeden çalıştırılmıştır. Şekil 4.1’den de görüleceği üzere yazılım uyumluluk kontrollerini yaparak beklenildiği gibi 384 adet şebekeyi başarılı olarak oluşturmuştur. Bunun yanında; uyumluluk sağlamayan 1.326.720 adet şebeke ile 384 adet başarılı şebekenin toplamı 1.327.104 etmektedir. Bu durum da, yazılımın olasılık hesaplamalarına göre oluşturulması gereken bütün şebekeleri değerlendirdiğini kanıtlamaktadır.

Çizelge 4.1. Faaliyetler için geliştirilen alternatif sayısı ve malzeme uyumluluğu gereği oluşturulması gereken şebeke sayısı

	Faaliyet Adı	Alternatif Sayısı	Uyumluluk Gereği Oluşan Alternatif Sayısı
A BLOK	Duvar örülmesi	4	4
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	2	1
	İç sıva işleri	3	2
	İç cephe kaplaması	2	2
	Diğer zeminlerin kaplanması	2	2
	Asma tavan işleri	3	3
	Pencere takılması	2	2
	Çatı imalatı	2	2
B BLOK	Duvar örülmesi	4	1
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	2	1
	İç sıva işleri	3	1
	İç cephe kaplaması	2	1
	Diğer zeminlerin kaplanması	2	1
	Asma tavan işleri	3	1
	Pencere takılması	2	1
	Çatı imalatı	2	1
	<b>Şebeke Sayısı</b>	<b>1.327.104</b>	<b>384</b>

Yazılım	Süre	Bütçe	Kıstaslar	Şebeke Sayısı
Microsoft Office Project	155 gün	2.043.076,41 TL		384
Değerlendirilen Yazılım	155 gün	1.646.021,21 TL		384
Fark		397.055,20 TL		0

Şekil 4.1.Yazılımın süre ve bütçe kıstasları girmeden oluşturduğu şebeke sayısı

Yazılım tarafından gerçekleştirilmesi gereken bir diğer işlev ise alternatif şebekelerin süre, maliyet ile değişim veya bakım maliyetlerini hesaplamasıdır. Geliştirilen yazılım; örnek projenin gerçekleştirilmesinde yürütülen faaliyetleri değerlendirilmesi sonucunda oluşturduğu referans şebekenin süre, maliyet ile değişim veya bakım maliyetini sırasıyla 155 gün, 2.043.076,41 TL ve 1.646.021,21 TL olarak hesaplamıştır (Şekil 4.2). Bu anlamda; hesaplamaların doğru yapıp yapılmadığını kontrol etmek amacıyla aynı faaliyetlerin verileri Microsoft Office Project yazılımına girilerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.3'ten de görüleceği üzere Microsoft Office Project, referans şebekenin süresini geliştirilen yazılım gibi 155 gün olarak hesap etmiş olmasına rağmen, maliyetini farklı hesap etmiştir. Bu durum; Microsoft Office Project yazılımının projenin süresine bağlı olarak ortaya çıkan indirekt maliyetleri hesaplamalara dahil etmemesinden kaynaklanmıştır. Diğer bir ifadeyle; Microsoft Office Project ile geliştirilen yazılımın yapmış olduğu maliyet hesaplamalarında, referans şebekenin süresi ve proje için belirlenmiş olan 270 TL'lik günlük gidere bağlı olarak, 41.850 TL'lik bir fark oluşmuştur. Değerleri karşılaştırarak yazılımın doğru çalıştığını kanıtlanması adına, tez çalışması kapsamında çözüm kümesine dahil edilmiş olan şebekelere ait Microsoft Office Project yazılımıyla hazırlanmış olan görev sayfaları tezin Ekler Bölümünde sunulmuştur.

Microsoft Office Project yazılımında projelerin değişim veya bakım maliyetini hesaplama özelliğinin bulunmamasından dolayı, referans şebekenin değişim veya bakım maliyeti elle hesap edilerek yazılım sonucu ile karşılaştırılmış ve yazılımın hesaplamaları doğru yaptığı anlaşılmıştır (Çizelge 4.2).



bütün - Not Defteri

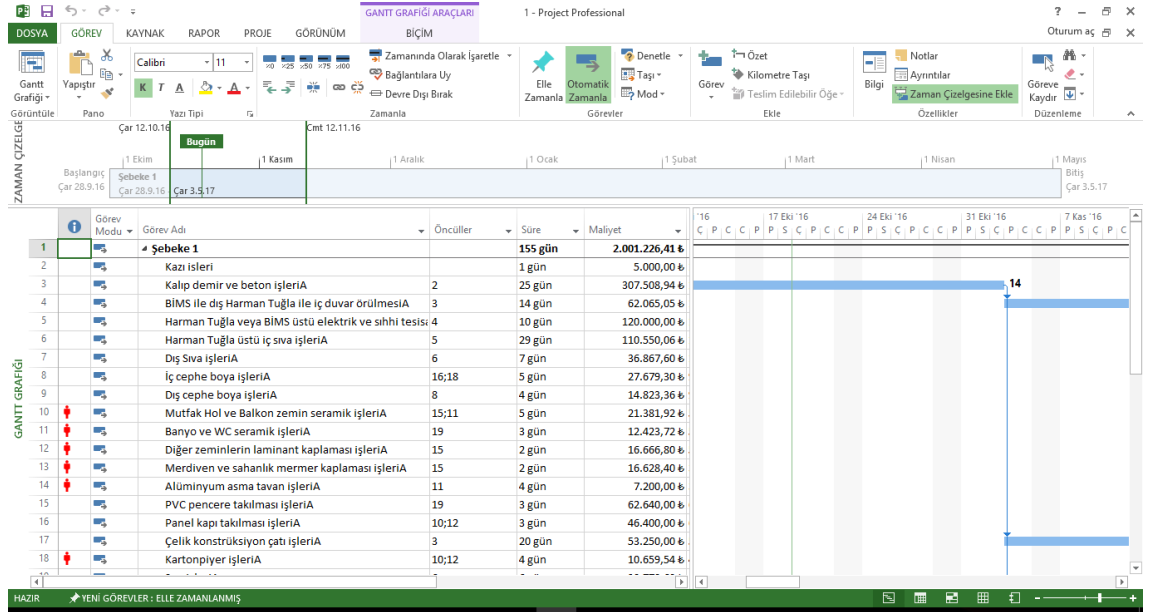
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

```

- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[40,50] - TBTA - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,121] - MMB - E[121,122]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[40,50] - TBTA - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - BSB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[40,50] - TBTA - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - BSB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[40,50] - TBTA - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - BSB - E[119,122] - ASTB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,118] - DSB - E[135,145] - SF - E[145,155] - CD - >
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,40] - BTA - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - CCA - E[46,66] - CCB - E[135,145] - SF - E[145,155] - CD - >
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,118] - DSB - E[135,145] - SF - E[145,155] - CD - >
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,59] - BTB - E[59,69] - TBTB - E[86,111] - TKSB - E[111,116] - SAPB - E[116,119] - PPB - E[119,122] - SB - E[122,123]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,46] - KDB - E[46,66] - CCB - E[135,145] - SF - E[145,155] - CD - >
- <Took 15 milll seconds...>
- <Path count AFTER applying compatibility check 74>
- <Maintenance cost for network #[-1]:1646021.21>
- <Total cost for network #[-1]:2043076.410000000000>
- <Traversing early late values for network...>
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,117] - DSB - E[134,144] - SF - E[144,145]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]
- <E[0,1] - N/A - E[1,26] - KDA - E[26,39] - GBTA - E[39,49] - TBTA - E[49,78] - TKSA - E[78,85] - DSA - E[85,110] - TKSB - E[110,115] - SAPB - E[115,118] - PPB - E[118,119]

```

Şekil 4.2. Referans şebekenin yazılım tarafından hesap edilen süre, maliyet ile değişim veya bakım maliyeti

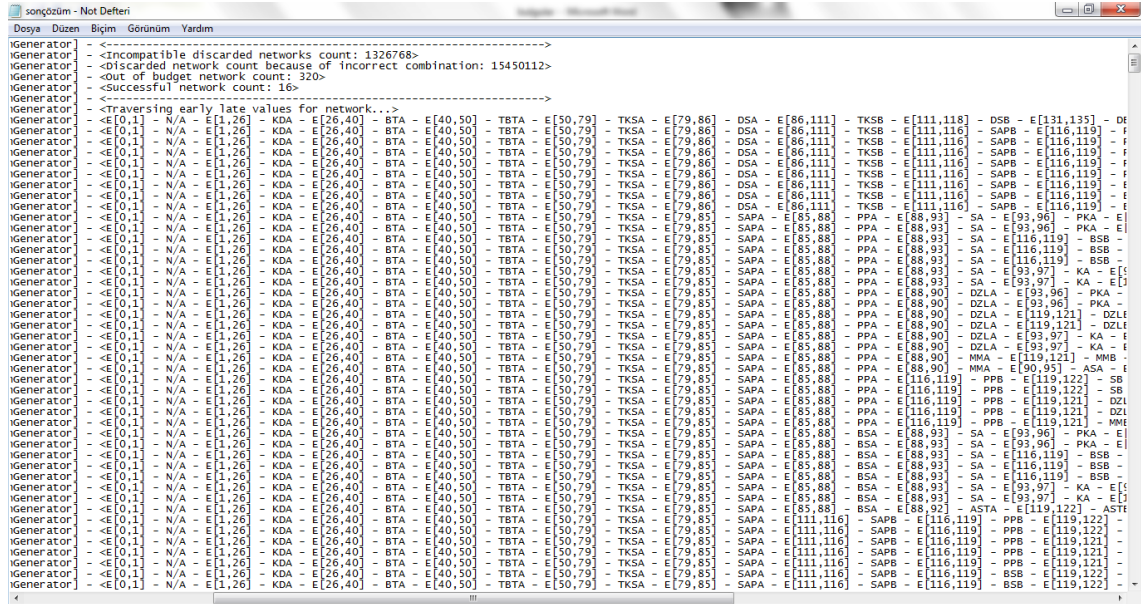


Şekil 4.3. Referans şebekenin Microsoft Office Project tarafından hesap edilen süre ve maliyeti

Çizelge 4.2. Referans şebekenin değişim veya bakım maliyeti hesabı

Faaliyet Adı	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
İç cephe boya işleri A	10	27.679,30 TL	4	110.717,20 TL
Dış cephe boya işleri A	10	14.823,36 TL	4	59.293,44 TL
Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleri A	25	21.381,92 TL	1	21.381,92 TL
Banyo ve WC seramik işleri A	25	12.423,72 TL	1	12.423,72 TL
Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleri A	10	16.666,80 TL	4	66.667,20 TL
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleri A	25	16.628,40 TL	1	16.628,40 TL
Alüminyum asma tavan işleri A	10	2.880,00 TL	4	11.520,00 TL
PVC pencere takılması işleri A	10	62.640,00 TL	4	250.560,00 TL
Panel kapı takılması işleri A	25	46.400,00 TL	1	46.400,00 TL
Çelik konstrüksiyon çatı işleri A	10	15.000,00 TL	4	60.000,00 TL
Kartonpiyer işleri A	25	10.659,54 TL	1	10.659,54 TL
Asansör takılması işleri A	1	840,00 TL	49	41.160,00 TL
İç cephe boya işleri B	10	25.590,10 TL	4	102.360,40 TL
Dış cephe boya işleri B	10	16.823,36 TL	4	67.293,44 TL
Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleri B	25	14.148,59 TL	1	14.148,59 TL
Banyo ve WC seramik işleri B	25	12.423,72 TL	1	12.423,72 TL
Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleri B	10	16.666,80 TL	4	66.667,20 TL
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleri B	25	16.230,00 TL	1	16.230,00 TL
Alüminyum asma tavan işleri B	10	2.691,36 TL	4	10.765,44 TL
PVC pencere takılması işleri B	10	61.732,50 TL	4	246.930,00 TL
Panel kapı takılması işleri B	25	46.400,00 TL	1	46.400,00 TL
Çelik konstrüksiyon çatı işleri B	10	15.000,00 TL	4	60.000,00 TL
Kartonpiyer işleri B	25	9.231,00 TL	1	9.231,00 TL
Asansör takılması işleri B	1	840,00 TL	49	41.160,00 TL
Çevre düzenlemesi	1	5.000,00 TL	49	245.000,00 TL
			<b>Toplam</b>	<b>1.646.021,21 TL</b>

Yazılımın doğru çalıştığını doğrulamak adına son olarak; çözüm kümesine sadece proje için belirlenmiş olan süre ve bütçe kısıtlarını sağlayan alternatif şebekelerin dahil edilip edilmediği kontrol edilmiştir. Bu kapsamda; sırasıyla referans şebekenin süresi ile yaklaşık maliyeti olan 155 gün ve 2.044.000,00 TL üst sınır girilerek yazılım çalıştırılmıştır. Şekil 4.4'ten de görüleceği üzere yazılım, projenin bütçe kısıtını sağlamayan 320 adet şebekeyi eleyerek sadece projenin süre ve bütçe kısıtlarını sağlayan 16 adet şebekeyi çözüm kümesine dahil etmiştir. Bunun yanında; yazılımın çalışma prensibi gereği süre kısıtını sağlamayan şebekelerin maliyet hesabı yapılmadan yazılımın arka yüzünde elenmesinden dolayı, 48 adet şebekenin projenin süre kısıtını sağlamadığı ortaya çıkmıştır. Çözüm kümesinde bulunan alternatif şebekeler projenin kısıtlarını sağlamasına rağmen (Çizelge 4.3), yazılımın kısıtları sağlayan başka şebekeleri çözüm kümesine dahil etmeme ihtimali düşünülerek proje kısıtları girilmeden oluşturulmuş olan 384 adet şebeke tek tek incelenmiş ve bu 16 şebeke dışında diğer şebekelerin proje kısıtlarını sağlamadığı görülmüştür.



Şekil 4.4. Yazılımın süre ve bütçe kısıtları girilmesi sonucu oluşturduğu şebeke sayısı

Çizelge 4.3. Yazılım tarafından çözüm kümesine dahil edilmiş olan şebekeler

Şebeke No	Süre (gün)	Maliyet
1	155	2.043.076,30 TL
2	155	2.034.743,01 TL
3	155	2.035.183,65 TL
4	155	2.038.433,61 TL
5	147	2.031.371,34 TL
6	155	2.026.850,25 TL
7	155	2.030.100,21 TL
8	147	2.023.037,95 TL
9	147	2.023.478,58 TL
10	147	2.026.728,55 TL
11	154	2.036.736,25 TL
12	154	2.039.986,21 TL
13	122	2.040.459,63 TL
14	122	2.043.709,59 TL
15	147	2.015.145,19 TL
16	147	2.018.395,15 TL

## 4.2. Şebekelerin Isıtma Enerjisi Maliyetinin Hesaplanması

Türk inşaat sektöründe binaların yıllık enerji ihtiyacını hesaplamakta Mayıs 2008 tarihinde yayınlanmış olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları standardından faydalanılmaktadır. Standart kapsamında; binaların sağlaması gereken asgari enerji ihtiyacıyla beraber hesaplamalarda kullanılacak olan metot da açıklanmıştır. Sektörde ise hesaplamaları yapmak adına TS 825’de açıklanmış olan hesaplama metoduna uygun olarak geliştirilmiş farklı yazılımlar kullanılmaktadır. Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği tarafından hazırlanmış olan TS825 Isı Yalıtımı Hesaplama Programı v 4.0 Yazılımı ise sektörde en yaygın kullanılan yazılımlardan birisi olup, tez kapsamında yapılan hesaplamalarda bu yazılım kullanılmıştır.

TS 825’te açıklanmış olan hesaplama metoduna göre temelde binaların yıllık enerji ihtiyacını bina hacmi ile çevresel etkinin yanında; pencere, betonarme, dış kapı, dış duvar, döşeme ve tavan yapı elemanlarının alanları ile bu yapı elemanlarında kullanılan malzemelerin kalınlığı veya ısı geçirgenlik direnci gibi özellikleri etkilemektedir. Örnek proje için oluşturulmuş olan verilerde ise sadece dış duvar ve tavan yapı elemanları için alternatifler geliştirilmiştir. Her ne kadar pencereler için de alternatifler geliştirilmiş olmasına rağmen, değerlendirilen alternatif malzemelerin binanın yıllık enerji ihtiyacına bir etkisi bulunmamaktadır. Dolayısıyla; geliştirilen yazılım tarafından oluşturulan alternatif şebekelerin yıllık enerji ihtiyacını dış duvar, iç sıva ve çatı malzemeleri etkileyecektir. Ancak; TS825 Isı Yalıtımı Hesaplama Programı v 4.0 Yazılımı yardımıyla yapılan hesaplamalarda iç sıva kalınlığının ihmal edilebilecek seviyede olmasından dolayı bu faaliyette kullanılan malzemelerin yıllık enerji ihtiyacını etkilemediği anlaşılmıştır. Bu anlamda; alternatif şebekelerin yıllık enerji ihtiyacını belirleyecek olan BİMS-Çelik Çatı, BİMS-Gazbeton Çatı, Gazbeton-Çelik Çatı ve Gazbeton-Gazbeton Çatı olmak üzere 4 farklı kombinasyon oluşmuştur. Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de sırasıyla bu kombinasyon sonucu ortaya çıkan projenin yıllık enerji ihtiyacı gösterilmiştir. Çizelge 4.8’de ise bu enerji ihtiyaçlarına bağlı olarak projenin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkacak olan ısıtma enerjisi maliyetleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. BİMS-Çelik Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Blok	Alternatif	Hacim (m <sup>3</sup> )	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	Toplam (kWh)
A	BİMS+Çelik Çatı	7110,00	4,04	28.724,40
B	BİMS+Çelik Çatı	5688,00	5,68	32.307,84
<b>Proje Toplamı</b>				<b>61.032,24</b>

Çizelge 4.5. BİMS-Gazbeton Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Blok	Alternatif	Hacim (m <sup>3</sup> )	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	Toplam (kWh)
A	BİMS+Gazbeton Çatı	7110,00	4,27	30.359,70
B	BİMS+Gazbeton Çatı	5688,00	6,00	34.128,00
<b>Proje Toplamı</b>				<b>64.487,70</b>

Çizelge 4.6. Gazbeton-Çelik Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Blok	Alternatif	Hacim (m <sup>3</sup> )	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	Toplam (kWh)
A	Gazbeton+Çelik Çatı	7110,00	2,89	20.547,90
B	Gazbeton+Çelik Çatı	5688,00	4,04	22.979,52
			<b>Proje Toplamı</b>	<b>43.527,42</b>

Çizelge 4.7. Gazbeto-Gazbeton Çatı kombinasyonuna göre projenin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Blok	Alternatif	Hacim (m <sup>3</sup> )	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	Toplam (kWh)
A	Gazbeton+Gazbeton Çatı	7110,00	3,10	22.041,00
B	Gazbeton+Gazbeton Çatı	5688,00	4,33	24.629,04
			<b>Proje Toplamı</b>	<b>46.670,04</b>

Çizelge 4.8. Farklı kombinasyonlar sonucu projede oluşacak olan ısıtma enerjisi maliyeti

Alternatif	Proje Ömrü (yıl)	Birim Maliyet	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Maliyet
BİMS+Çelik Çatı	50	0,39 TL	61.032,24	1.190.128,68 TL
BİMS+Gazbeton Çatı	50	0,39 TL	64.487,70	1.257.510,15 TL
Gazbeton+Çelik Çatı	50	0,39 TL	43.527,42	848.784,69 TL
Gazbeton+Gazbeton Çatı	50	0,39 TL	46.670,04	910.065,78 TL

### 4.3. Alternatif Malzemelerin Kalitelerinin Öznel Değerlendirilmesi

Daha önceden de ifade edildiği gibi kalite çok boyutlu bir kavramdır ve algılanmasında öznel değerlendirmeler ön plana çıkmaktadır. Bu anlamda; bir malzemenin herhangi bir özelliği kalite algısını olumlu yönde etkilerken bir diğer özelliği olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Örnek olarak; seramik malzemesinin yüzey yapısı gereği temizlenmesi laminant malzemesine göre daha kolayken, yalıtımı ise daha düşüktür. Dolayısıyla; örnek uygulama kapsamında en iyi alternatif şebekeyi belirleyebilmek adına optimizasyon sürecine malzemelerin öznel kalitelerinin de dahil edilmesi gerektiği savunulmuş ve bu anlamda firma yetkilisine aynı faaliyet türünde kullanılabilir olan alternatif malzemelerin öznel kalitesini belirleyerek örnek projede hangi malzemeyi neden kullandığını açıklaması istenmiştir.

#### *Duvar örülmesi faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:*

Duvar örülmesi faaliyeti için belirlenmiş olan 3 alternatiften firma yetkilisi gazbeton malzemesini harman tuğla ve BİMS'e göre daha kaliteli olarak belirlemiştir. Bu kapsamda; malzemenin öne çıkan özelliklerini aşağıdaki gibi özetlemiştir;

- Hafif olmasından dolayı uygulanmasının kolay olması

- Harç yerine özel yapıştırıcı kullanılmasından dolayı derz aralıklarının düzgün olması
- Testere ile kesilebilir olmasından dolayı işçilik esnasında zayıtın az olması
- Şantiye alanına paletlerle nakledilmesinden dolayı hem istiflenmesinin hem de muhafazasının kolay olması ve buna bağlı olarak zayıtın az olması
- Tesisat işlerinde kanalların özel uçlu bir matkapla açılmasından dolayı kırım işinin ve dolayısıyla da temizlik işlerinin az olması
- Malzemenin yüzey yapısı gereği sıva işlerinin hem daha hızlı hem de daha az zayıtla tamamlanması
- Müşterilerin diğer malzeme kullanımına göre kendilerini daha huzurlu ve konforlu hissetmeleri

Harman tuğla ile BİMS malzemelerinin karşılaştırılmasında ise BİMS malzemesi daha kaliteli olarak değerlendirmiştir. Bu anlamda; malzemenin inşaat alanında muhafazasının kolay olmasından dolayı zayıtın az olması ve malzemenin yüzey yapısı gereği duvar örülmesi faaliyetini takip eden sıva işlerinde de zayıtın daha az olması malzemenin fark yaratan özellikleri olarak belirlenmiştir. Aslında; bu üç malzemelerin karşılaştırılmasında firma yetkilisi tarafından malzemelerin sadece işçilik kalitesin etkileyen kalite göstergeleri değerlendirilmiştir. Diğer bir ifadeyle; duvar örülmesi faaliyetinin yürütülme amacı bina içerisindeki odaların mimari çizimlere uygun olarak sınırlarını belirlemektir. Bunun yanında; bu faaliyetlerin tamamlanması sonucu ortaya çıkan ara ürünün üstü sıva ve iç cephe kaplama faaliyetleri ile kapatılmaktadır. Bu anlamda; bina kullanıcıları faaliyetlerde kullanılan malzemelerle birebir etkileşim içerisinde değildirler. Dolayısıyla; tasarım kalitesi açısından bu malzemelerin özellikleri genel olarak öznel değerlendirmelere açık değildir. Sadece; gazbeton malzemesinin özelliklerinde de bahsedildiği gibi müşteriler bu faaliyette kullanılan malzemeye bağlı olarak huzur ve konfor algılarını öznel olarak değerlendirebilmektedir.

Son olarak; firma yetkilisi her ne kadar gazbeton malzemesini en kaliteli malzeme olarak belirlemiş olmasına rağmen, örnek projenin uygulanmasında bu malzemeyi kullanmamıştır. Bunun nedeni olarak da maliyetinin diğer malzemelere göre daha yüksek olmasını öne sürmüştür. Diğer taraftan; mevzuat gereği binaların TS 825'te belirtilmiş olan asgari yalıtım özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bu anlamda; firma yetkilisi 2008 yılından önceki inşaatlarında dış duvarlarda da harman tuğla kullandığını, ancak bu malzemenin dış duvarlarda kullanımı halinde günümüz şartlarında mantolama yapmadan asgari yalıtımın sağlanamadığını belirtmiştir. Dolayısıyla; gerek maddi kaygılar gerekse mevzuat gereği örnek projenin gerçekleştirilmesinde dış duvarlarda BİMS, iç duvarlarda ise harman tuğla malzemeleri kullanılmıştır.

### ***İç sıva işleri faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

İç sıva işlerinde 3 farklı alternatif geliştirilmiş olmasına rağmen, bunlardan “Harman Tuğla üstü iç sıva işleri” ile “BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleri” duvar örülmesi faaliyetinde kullanılan malzemeye bağlı olarak oluşturulan ve aynı malzemelerin kullanıldığı alternatiflerdir. Dolayısıyla; bu faaliyet için geliştirilen alternatifleri elle ve alçımatic ile yapılan sıva olmak üzere 2 gruba ayırmak

mümkündür. Elle yapılan sıvada yüzeyde sırasıyla su, çimento ve kumdan oluşan kaba sıva harcı, alçı ve saten alçı malzemeleri kullanılmaktadır. Alçımatik ile yapılan sıvada ise tek bir katman olarak perlitli alçı malzemesi kullanılmaktadır. Firma yetkilisi yapmış olduğu açıklamada; perlit malzemesinin sıvanın çekme dayanımını arttırmasından dolayı duvar yüzeyinde çatlak oluşumunun engelleneceğini ve dolayısıyla da alçımatik ile yapılan sıvanın elle yapılanına göre işçilik ve buna bağlı olarak da görünüm açısından daha kaliteli olacağını ifade etmiştir. Ancak; gerek alçımatik ile yapılan sıvanın daha maliyetli olması gerekse projenin yürütüldüğü bölgede alçımatik ile sıva yapan ekibin az sayıda bulunması firma yetkilisinin örnek projede elle sıva yapımını tercih etmesine neden olmuştur.

#### ***İç cephe kaplaması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Firma yetkilisi bu faaliyet türü için belirlenmiş olan alternatif malzemelerden duvar kağıdını, hem duvar yüzeyinde oluşacak olan çatlakları gizlemesinden hem de estetik ve konfor açılarından müşteriler tarafından tercih edilmesinden dolayı boya malzemesine göre daha kaliteli olarak değerlendirilmiştir. Ancak; örnek projenin uygulanmasında maddi kaygılardan dolayı iç cephe kaplamasında boya malzemesi kullanılmıştır.

#### ***Diğer zeminlerin kaplanması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Firma yetkilisi; seramik malzemesinin yüzey özelliği gereği kir tutmaması ve silinmesinin kolay olmasından dolayı mutfak, hol ve balkon gibi çok kirlenmeye maruz kalan yaşam alanlarının zemin kaplamasında kullanıldığını belirtmiştir. Geriye kalan oturma odası, salon, yatak odası gibi yaşam alanlarının zeminlerinde de hem seramik hem de laminant malzemesinin kullanılabilir olduğunu ifade etmiştir. Bu iki malzemenin karşılaştırılmasında ise; seramiğin laminanta göre çeşitliliğinin çok fazla olduğu ve bu anlamda müşterilerin estetik ihtiyaçlarını karşılamada daha başarılı olduğu, seramiğin yalıtımının daha kötü olmasından dolayı kullanımı halinde halı ihtiyacının artacağı ve konfor açısından da müşterilerin laminantı daha çok tercih ettiği belirtilmiştir. Bu anlamda; firma yetkilisi bu 2 malzemedan laminantın daha kaliteli olduğunu ifade ederek örnek projenin uygulanmasında müşteri beklentilerini göz önünde tutulması sonucunda laminant malzemesini kullanmıştır.

#### ***Asma tavan işleri faaliyeti malzemelerinin karşılaştırılması:***

Asma tavanlar binaların bütün odalarında uygulanabilir olmasına rağmen, örnek projede sadece banyo ve tuvaletlerde döşeme altından geçen elektrik ve sıhhi tesisat borularını saklamak için uygulanmıştır. Firma yetkilisi; geliştirilen alternatifler arasından alüminyum ve PVC malzemelerinin kullanım durumunda, asma tavanların sökülebilir levhalardan oluşmasından dolayı, tesisat borularında oluşabilecek bir arızanın asma tavanlarda tamirat gerektirmeden giderilebileceğini belirtmiştir. Alçıpan asma tavanlarda ise arızaya müdahale edilebilmesi için arızanın bulunduğu bölgedeki alçı levhanın kesilmesi ve arızanın giderilmesinden sonra bu bölgede bir tamiratın gerçekleştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Benzer şekilde; alüminyum ve PVC asma tavan levhalarının standart ebatlarda ve sınırlı çeşitlilikte üretildiği ve bu anlamda bu malzemelerin kullanılması halinde estetik açıdan alçıpan asma tavanda olduğu gibi

istenilen şeklin verilemeyeceği de eklenmiştir. Son olarak; alüminyum asma tavanların delikli yapısından dolayı tavan ile döşeme arasında hava sirkülasyonuna izin verildiği, PVC veya alçıpan asma tavanlarda ise gerekli hava sirkülasyonunun gerçekleşmemesinden dolayı zaman içerisinde kokuların oluştuğu ifade edilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda firma yetkilisi alüminyum, alçıpan ve PVC malzemelerini sırasıyla çok kaliteli, kaliteli ve düşük kaliteli olarak değerlendirmiştir. Örnek projenin uygulanmasında ise iş miktarının az olmasına bağlı olarak maliyetin çok fark ettirmeyeceğinden dolayı alüminyum asma tavan kullanılmıştır.

#### ***Pencere ve balkon kapılarının takılması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Bu faaliyet kapsamında belirlenmiş olan 2 alternatiften ahşap malzemesi firma yetkilisi tarafından daha kaliteli olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni olarak da son yıllarda, resmi olarak kanıtlanmış olmamasına rağmen, PVC malzemesinin kanserojen maddeler içerdiği doğrultusunda yapılan haberlere bağlamıştır. Bu anlamda; müşterilerin ahşap pencere ve balkon kapılarının kullanılması durumunda kendilerini daha huzurlu hissettiklerini belirtmiştir. Ancak; örnek projenin uygulanmasında maddi kaygılardan dolayı pencereler ve balkon kapılarında PVC malzemesi kullanılmıştır.

#### ***Çatı imalatı faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Bu faaliyet için geliştirilen alternatif malzemelerin kalitelerinin öznel değerlendirmesinde firma yetkilisi sadece kalitenin estetik boyutunu öne sürmüştür. Bu kapsamda; gazbeton çatıların uygulama özelliği gereğince bütün mimari tasarımlara uygun olmadığını belirtmiştir. Diğer bir ifadeyle; gazbeton çatılarda levhalar belirli bir doğrultuda içi içe geçirilerek çatı oluşturulmaktadır. Dolayısıyla; gazbeton malzemesi sadece bir doğrultuda uzayan çatıların imalatında kullanılabilir. Bunun yanında; gazbeton çatılarda pencereler sadece yüzeye yapılmakta olup, çatılarda kuşgözü pencere yapılamamaktadır. Çelik konstrüksiyon çatılar ise her türlü mimari tasarıma uygun olarak yapılabilir. Bu anlamda; firma yetkilisi öznel olarak çelik konstrüksiyon çatıların daha kaliteli olduğunu belirterek örnek projenin uygulanmasında bu çatı türünü kullanmıştır.

#### **4.4. Alternatif Malzemelerin Kalitelerinin Nesnel Değerlendirilmesi**

Tez çalışması kapsamında binaların nesnel kalite göstergeleri olarak yapı elemanlarının kullanım ömrüne bağlı olarak ortaya çıkan değişim veya bakım maliyeti ile binanın yalıtım özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan ısıtma enerjisi maliyeti hesap edilmiştir. Faaliyetlerde kullanılan alternatif malzemeler ise sahip oldukları özellikler gereği bu kalite göstergelerinden bir veya iki tanesini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Bu anlamda; tez çalışmasının bu bölümünde firma yetkilisi ile beraber oluşturulmuş olan veriler doğrultusunda alternatif malzemelerin kaliteleri nesnel olarak karşılaştırılmıştır.

#### ***Duvar örülmesi faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Duvar örülmesi faaliyeti binaların kaba inşaat aşamasında yürütülen bir faaliyet olmasından dolayı kullanılan malzemelerin ömrü binanın ömrü ile eşit olmaktadır.



Dolayısıyla; bu malzemelerin binaların değişim veya bakım maliyetlerine bir etkisi bulunmamaktadır. Diğer taraftan; TS 825'te açıklanmış olan hesaplama metoduna göre dış duvarlarda kullanılan malzemenin özelliği binaların ısıtma enerjisi maliyetini etkilemektedir. Ancak; binaların ısıtma enerjisi maliyetini dış duvarların yanında pencere, dış kapı, döşeme ve tavan gibi farklı yapı elemanlarının da etkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla; dış duvarlarda kullanılan alternatif malzemelerin ısıtma enerjisi maliyetine olan etkisini diğer yapı elemanlarında kullanılan malzemelerden bağımsız olarak sayısal ifade edilmesi mümkün değildir. Örnek proje kapsamında ise binanın yalıtım özelliklerini etkileyen yapı elemanlarından sadece dış duvar ve tavan için ikişer tane alternatif geliştirilmiştir. Bu anlamda dış duvar için geliştirilmiş olan alternatif malzemelerin kalitelerinin nesnel olarak karşılaştırılmasında; BİMS yerine gazbeton kullanılması halinde projenin ısıtma enerjisi maliyetinin çelik konstrüksiyon çatılı binalarda % 28,6, gazbeton çatılı binalarda ise % 27,63 oranında azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.9). Dolayısıyla; gazbeton malzemesi BİMS'e göre nesnel olarak daha kalitelidir.

Çizelge 4.9. Farklı çatı tiplerine göre BİMS ve gazbeton malzemelerinin binanın ısıtma enerjisi maliyetine olan etkileri

Çatı Tipi	BİMS	Gazbeton	Oran
Çelik Çatı	1.190.128,68 TL	848.784,69 TL	28,68%
Gazbeton Çatı	1.257.510,15 TL	910.065,78 TL	27,63%

#### ***İç sıva işleri faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

İç sıva işleri de duvar örülmesi faaliyeti gibi binaların kaba inşaat aşamasında yürütülmesinden dolayı binaların değişim veya bakım maliyetlerine bir etkisi olmayacaktır. Diğer taraftan; bu faaliyette kullanılan malzemeler dış duvar yapı elemanının bir parçası olması nedeniyle binaların ısıtma enerjisi maliyetine bir etkisinin olması gerekmektedir. Ancak; alternatif şebekelerin ısıtma enerjisi maliyetlerinin hesaplanması aşamasında sıva kalınlığının ihmal edilecek düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Dolayısıyla; elle ve alçımatic ile yapılan sıvalarda kullanılan malzemelerin nesnel olarak karşılaştırılamamıştır.

#### ***İç cephe kaplaması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Bu faaliyet türü için geliştirilmiş olan boya ve duvar kağıdı alternatiflerinin binaların ısıtma enerjisi maliyetine bir etkisi bulunmamaktadır. Diğer taraftan; kullanıma bağlı olarak ortaya çıkan yıpranmalardan dolayı binanın yaşam döngüsü boyunca bu malzemelerin yenilenmesi gerekebilmektedir. Bu kapsamda firma yetkilisi; boya malzemesinin duvar kağıdına göre yıpranmalara karşı daha az dayanımlı olduğu ve dolayısıyla ortalama 10 senede bir yenilenmesi gerektiğini, duvar kağıdının ise ömrünün bina ömrü ile eşit olabilmesine rağmen estetik kaygılardan dolayı binanın kullanım ömrü boyunca en az bir defa değiştirilebileceğini belirtmiştir. Bu anlamda; Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de sırasıyla boya ve duvar kağıdı malzemelerinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarından da görüleceği üzere iç cephe kaplaması faaliyet türünde boya yerine duvar kağıdı malzemesinin kullanılması durumunda projenin değişim veya

bakım maliyeti 127.846,56 TL azalmaktadır. Dolayısıyla; duvar kağıdı malzemesi boyaya göre nesnel olarak daha kalitelidir.

Çizelge 4.10. Boya malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	27.679,30 TL	4	110.717,20 TL
B	10	25.590,10 TL	4	102.360,40 TL
<b>Proje Toplamı</b>				<b>213.077,60 TL</b>

Çizelge 4.11. Duvar kağıdı malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	25	44.286,88 TL	1	44.286,88 TL
B	25	40.944,16 TL	1	40.944,16 TL
<b>Proje Toplamı</b>				<b>85.231,04 TL</b>

#### ***Diğer zeminlerin kaplanması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Bu faaliyet türünde kullanılan malzemeler de projenin sadece değişim veya bakım maliyetini etkilemektedir. Firma yetkilisi tarafından ise laminant malzemesinin seramiğe göre yıpranmalara karşı daha az dayanımlı olduğu ve ortalama 10 senede bir değiştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Diğer taraftan; seramik malzemesinin kullanım ömrünün binanın ömrüne eşit olduğu ve derz aralıklarında oluşan yıpranmaların dolgu çekilerek giderilebileceği belirtilmiştir. Ancak firma yetkilisi kendi tecrübelerine dayanarak; estetik kaygılar gibi nedenlerden dolayı kullanıcıların binanın yaşam döngüsü boyunca seramikleri en az bir defa değiştirdiğini ve dolayısıyla projenin planlama aşamasında bu durumun da değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur. Bu anlamda; Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te sırasıyla laminant ve seramik malzemelerinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti hesaplanmıştır. Çizelgelerden de görüleceği üzere diğer zeminlerin kaplanmasında laminant yerine seramik malzemesinin kullanılması projenin değişim veya bakım maliyetini 108.334,20 TL azaltmaktadır. Dolayısıyla; nesnel olarak seramik malzemesi daha kalitelidir.

Çizelge 4.12. Laminant malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	16.666,80 TL	4	66.667,20 TL
B	10	16.666,80 TL	4	66.667,20 TL
<b>Proje Toplamı</b>				133.334,40 TL

Çizelge 4.13. Seramik malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	25	12.500,10 TL	1	12.500,10 TL
B	25	12.500,10 TL	1	12.500,10 TL
<b>Proje Toplamı</b>				25.000,20 TL

***Asma tavan işleri faaliyeti malzemelerinin karşılaştırılması:***

Firma yetkilisi; asma tavanların örnek projede sadece rutubetin çok olduğu ıslak zeminlerde kullanılmış olmasından dolayı yıpranmalara açık olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla; taşıyıcı sistemlerin değiştirilmesine gerek olmadığı ancak yıpranmalara bağlı olarak tavan yüzeyini oluşturan levhaların ortalama 10 senede bir değiştirilmesi gerektiği savunulmuştur. Bu anlamda; Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da alternatif malzemelerin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyetleri gösterilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; nesnel olarak alçıpan malzemesinin çok kaliteli, PVC malzemesinin kaliteli ve alüminyum malzemesinin düşük kaliteli olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.14. Asma tavanlarda alüminyum malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	2.880,00 TL	4	11.520,00 TL
B	10	2.691,36 TL	4	10.765,44 TL
<b>Proje Toplamı</b>				22.285,44 TL

Çizelge 4.15. Asma tavanlarda alçıpan malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	1.248,00 TL	4	4.992,00 TL
B	10	1.166,26 TL	4	4.665,02 TL
			<b>Proje Toplamı</b>	9.657,02 TL

Çizelge 4.16. Asma tavanlarda PVC malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	1.920,00 TL	4	7.680,00 TL
B	10	1.794,24 TL	4	7.176,96 TL
			<b>Proje Toplamı</b>	14.856,96 TL

***Pencere ve balkon kapılarının takılması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Pencere ve balkon kapılarının alanı ile kullanılan cam kalınlığının binaların ısıtma enerjisi maliyetine bir etkisi olmasına rağmen, bu yapı elemanlarının üretiminde kullanılan malzeme özelliklerinin bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak; pencere ve balkon kapılarının dış yüzeyleri mevsimsel etkilere maruz kalmasından dolayı zaman içerisinde yıpranmaktadır. Dolayısıyla firma yetkilisi; ortalama 10 senede bir PVC kullanılması halinde pencere ve balkon kapılarının değiştirilmesi, ahşap kullanılması halinde ise verniklenerek boyanması gerektiğini belirtmiştir. Bu anlamda; Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.'de PVC ve ahşap malzemelerinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyetleri gösterilmiştir. Çizelgelerden de görüleceği üzere pencere ve balkon kapılarında PVC yerine ahşap malzemesinin kullanılması projenin değişim veya bakım maliyetini 417.490,02 TL azaltmaktadır. Dolayısıyla; nesnel olarak ahşap malzemesi PVC malzemesine göre daha kalitelidir.

Çizelge 4.17. PVC malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	62.640,00 TL	4	250.560,00 TL
B	10	61.732,50 TL	4	246.930,02 TL
			<b>Proje Toplamı</b>	497.490,02 TL

Çizelge 4.18. Ahşap malzemesinin projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	10.000,00 TL	4	40.000,00 TL
B	10	10.000,00 TL	4	40.000,00 TL
<b>Proje Toplamı</b>				80.000,00 TL

**Çatı imalatı faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:**

Diğer faaliyet türlerinden farklı olarak, bu faaliyet türünde kullanılan malzemeler binaların hem değişim veya bakım maliyetini hem de ısıtma enerjisi maliyetini etkilemektedir. Firma yetkilisi; çatıların mevsimsel etkilere maruz kalmasından dolayı ortalama 10 senede bir çatı yüzeyini oluşturan malzeme katmanlarının değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu anlamda; Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de çelik konstrüksiyon ve gazbeton çatıların projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyetleri gösterilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; projenin değişim veya bakım maliyeti kalite göstergesi açısından gazbeton çatının nesnel olarak daha kaliteli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Çelik konstrüksiyon çatı imalatının projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	15.000,00 TL	4	60.000,00 TL
B	10	15.000,00 TL	4	60.000,00 TL
<b>Proje Toplamı</b>				120.000,00 TL

Çizelge 4.20. Gazbeton çatı imalatının projenin yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı değişim veya bakım maliyeti

Blok	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Değişim-Bakım Sayısı	Toplam Maliyet
A	10	10.000,00 TL	4	40.000,00 TL
B	10	10.000,00 TL	4	40.000,00 TL
<b>Proje Toplamı</b>				80.000,00 TL

Diğer taraftan örnek proje için geliştirilmiş olan veriler kapsamında; bu iki çatı türünde kullanılan malzemeler alternatif şebekelerin ısıtma enerjisi maliyetini dış duvarlarda kullanılan malzemeler ile beraber etkilemektedir. Bu anlamda; Çizelge 4.21’de dış duvarlarda farklı malzeme kullanımına bağlı olarak çatı türlerinin projenin ısıtma enerjisi maliyetini nasıl etkilediği gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere

çelik konstrüksiyon çatı, projenin ısıtma enerjisi maliyeti kalite göstergesi açısından nesnel olarak gazbeton çatıya göre daha kalitelidir.

Çizelge 4.21. Dış duvarda kullanılan malzemelere bağlı olarak çatı türlerinin projenin ısıtma enerjisi maliyetine olan etkileri

Dış Duvar Malzemesi	Çelik Çatı	Gazbeton Çatı	Fark
BİMS	1.190.128,68 TL	1.257.510,15 TL	67.381,47 TL
Gazbeton	848.784,69 TL	910.065,78 TL	61.281,09 TL

Tez çalışması kapsamında değişim veya bakım maliyeti ile ısıtma enerjisi maliyeti projenin toplam nesnel kalitesini ortaya koyan göstergeler olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla; projenin toplam nesnel kalitesinin belirlenebilmesi için bu 2 kalite göstergesi değerlerinin toplanması ile elde edilen projenin yaşam döngüsü maliyeti dikkate alınmalıdır. Bu anlamda; sırasıyla Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23'te dış duvarlarda farklı malzeme kullanımına bağlı olarak çelik konstrüksiyon ile gazbeton çatı türlerinin projenin yaşam döngü maliyetine olan etkileri hesaplanmıştır. Sonuçlardan da görüleceği üzere, dış duvarlarda kullanılan malzemelerden bağımsız olarak çelik konstrüksiyon çatı projenin yaşam döngü maliyetini azaltmaktadır. Dolayısıyla; çelik konstrüksiyon çatı nesnel olarak gazbeton çatıya göre daha kalitelidir.

Çizelge 4.22. Dış duvarda kullanılan malzemelere bağlı olarak çelik konstrüksiyon çatının projenin yaşam döngü maliyetine olan etkisi

Dış Duvar Malzemesi	Değişim-Bakım Maliyeti	Isıtma Enerjisi Maliyeti	Yaşam Döngü Maliyeti
BİMS	120.000,00 TL	1.190.128,68 TL	1.310.128,68 TL
Gazbeton	120.000,00 TL	848.784,69 TL	968.784,69 TL

Çizelge 4.23. Dış duvarda kullanılan malzemelere bağlı olarak gazbeton çatının projenin yaşam döngü maliyetine olan etkisi

Dış Duvar Malzemesi	Değişim-Bakım Maliyeti	Isıtma Enerjisi Maliyeti	Yaşam Döngü Maliyeti
BİMS	80.000,00 TL	1.257.510,15 TL	1.337.510,15 TL
Gazbeton	80.000,00 TL	910.065,78 TL	990.065,78 TL

#### 4.5. Çözüm Kümesinin Oluşturulması

Daha önce de ifade edildiği gibi projelerin türüne veya yürütülme amaçlarına bağlı olarak işveren veya proje yöneticisi süre, maliyet ve kalite unsurlarından bir veya iki tanesine daha fazla önem vermektedir. Bunun yanında; proje için öngörülmüş olan süre ve bütçe kesin sınırlar değildir. Diğer bir ifadeyle; projede yapılacak olan olumlu bir değişiklik sonucu süre veya maliyette oluşacak olan artış katlanılacak seviyede olması durumunda, işveren veya proje yöneticisi tarafından projenin süre veya bütçe sınırları değiştirilebilmektedir. Bu anlamda; örnek uygulama kapsamında optimum iş programını belirleyebilmek adına geliştirilen yazılım tarafından oluşturulmuş olan

çözüm kümesine en kısa süreli, en düşük maliyetli ve en kaliteli şebekeler de eklenmiştir.

Geliştirilen yazılımın, verilere süre ve bütçe kıstasları girilmeden çalıştırılması sonucu oluşturduğu 384 şebeke incelenmiş ve süresi 120 gün olan birden fazla şebeke tespit edilmiştir. Ancak; süre ve bütçe kıstasları girilmesi sonucu oluşturulan çözüm kümesine süresi 122 gün olan iki adet şebeke dahil edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.3). Dolayısıyla; 2 günlük fark ihmal edilebilecek düzeyde olduğu için 120 günlük süreye sahip olan alternatif şebekeler çözüm kümesine dahil edilmemiştir. Benzer şekilde; 384 şebeke arasından en düşük maliyete sahip olan şebeke yazılım tarafından süre ve bütçe kıstaslarının değerlendirilmesi sonucu oluşturulan çözüm kümesine 15 numaralı şebeke olarak dahil edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.3).

Diğer zeminlerin kaplanması ve asma tavan işleri faaliyet türlerinde firma yetkilisinin öznel olarak kaliteli belirlediği alternatif malzemeler, nesnel değerlendirmeler sonucunda düşük kaliteli olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.24). Dolayısıyla; çözüm kümesine öznel en kaliteli ve nesnel en kaliteli olmak üzere 2 adet şebeke eklenmiştir. Bu kapsamda; çözüm kümesine firma yetkilisi tarafından değerlendirilecek olan 18 adet alternatif şebeke dahil edilmiştir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.24. Faaliyet türlerinde belirlenmiş olan öznel ve nesnel olarak en kaliteli alternatif malzemeler

Faaliyet Türü	Öznel	Nesnel
Duvar örülmesi	Gazbeton	Gazbeton
İç sıva işleri	Alçımatik	Alçımatik
İç cephe kaplaması	Duvar kağıdı	Duvar kağıdı
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan
Pencere takılması	Ahşap	Ahşap
Çatı imalatı	Çelik konstrüksiyon	Çelik konstrüksiyon

Çizelge 4.25. Çözüm kümesine dahil edilmiş olan şebekeler

Şebeke Adı	Süre (gün)	Maliyet	Değişim-Bakım Maliyeti	Isıtma Enerjisi Maliyeti	Yaşam Döngü Maliyeti
Özne En Kaliteli	128	2.212.066,09 TL	1.100.684,65 TL	848.784,69 TL	1.949.469,34 TL
Nesnel En Kaliteli	128	2.195.839,93 TL	979.722,04 TL	848.784,69 TL	1.828.506,73 TL
1	155	2.043.076,41 TL	1.646.021,21 TL	1.190.128,68 TL	2.836.149,89 TL
2	155	2.034.743,01 TL	1.537.687,01 TL	1.190.128,68 TL	2.727.815,69 TL
3	155	2.035.183,65 TL	1.633.392,81 TL	1.190.128,68 TL	2.823.521,49 TL
4	155	2.038.433,61 TL	1.638.592,73 TL	1.190.128,68 TL	2.828.721,41 TL
5	147	2.031.371,34 TL	1.646.021,21 TL	1.190.128,68 TL	2.836.149,89 TL
6	155	2.026.850,25 TL	1.525.058,61 TL	1.190.128,68 TL	2.715.187,29 TL
7	155	2.030.100,21 TL	1.530.258,53 TL	1.190.128,68 TL	2.720.387,21 TL
8	147	2.023.037,95 TL	1.537.687,01 TL	1.190.128,68 TL	2.727.815,69 TL
9	147	2.023.478,58 TL	1.633.392,81 TL	1.190.128,68 TL	2.823.521,49 TL
10	147	2.026.728,55 TL	1.638.592,73 TL	1.190.128,68 TL	2.828.721,41 TL
11	154	2.036.736,25 TL	1.525.058,61 TL	848.784,69 TL	2.373.843,30 TL
12	154	2.039.986,21 TL	1.530.258,53 TL	848.784,69 TL	2.379.043,22 TL
13	122	2.040.459,63 TL	1.525.058,61 TL	1.190.128,68 TL	2.715.187,29 TL
14	122	2.043.709,59 TL	1.530.258,53 TL	1.190.128,68 TL	2.720.387,21 TL
15	147	2.015.145,19 TL	1.525.058,61 TL	1.190.128,68 TL	2.715.187,29 TL
16	147	2.018.395,15 TL	1.530.258,53 TL	1.190.128,68 TL	2.720.387,21 TL

#### 4.6. Örnek Projenin Kapsamının Belirlenmesi

Yap-Sat konut projeleri organizasyon yapısı olarak imalat sektöründe yürütülen projelere benzemektedir. Diğer bir ifadeyle; müteahhitler projelerin kapsamını işveren olarak belirlerken, projenin tamamlanmasından sonra konutları satabilmek adına müşteri arayışına da girmek zorundadırlar. Dolayısıyla; projenin başarısı için müteahhitler eldeki kaynakları değerlendirerek hem kendi hem de müşteri beklentilerini doğru bir şekilde belirlemesi gerekmektedir. Ancak; bu beklentileri sadece süre, maliyet ve kalite unsurları oluşturmamaktadır. Bunların yanında müteahhitler; projenin yürütüleceği bölge, potansiyel müşterilerin alım gücü ile beraber projenin tamamlanması sonucu elde etmek istediği kazanç gibi bir takım etkenleri de değerlendirerek projenin kapsamını belirlemek zorundadır. Bu anlamda; tez çalışmasının bu bölümünde firma yetkilisinin örnek projenin kapsamını belirlerken yapmış olduğu değerlendirmeler açıklanmıştır.

##### 4.6.1. Örnek projenin uygulandığı bölge ile potansiyel müşteri özellikleri

Örnek proje, merkeze yaklaşık 30 km uzaklıkta bulunan Alanya ilçesine bağlı Okurcalar mahallesinde yürütülmüştür. Firma yetkilisi yaz sezonunda nüfusun artmasına rağmen, mahallede yaklaşık 5 bin kişinin yerleşik olarak yaşadığını ve nüfusun büyük çoğunluğunu bölgenin yerlisi ile beraber dışarıdan göç eden otel çalışanlarının oluşturduğunu belirtmiştir. Bunun yanında; bölgede turistlere yönelik yazlık tipi konut projelerinin uzun yıllardır yürütülmesine rağmen, yerleşik halka yönelik konut inşaatının yaygın olmadığı ifade edilmiştir. Bunun nedeni olarak da yerleşimin dağınık olmasından dolayı mahallenin bir merkezinin olmamasını ve buna bağlı olarak da sosyal hayatın gelişmemesini göstermiştir. Bu anlamda; birçok ailenin Okurcalar yerine sosyal hayatın daha gelişmiş olduğu diğer mahallelerde ikamet etmeyi tercih ettiklerini eklemiştir. Ancak firma yetkilisi; mahallenin merkezi olarak planlanan ve 2010 yılında tamamlanan çarşının faaliyete geçmesiyle beraber Okurcalarda da sosyal imkanların gelişmeye başladığını ve yapmış olduğu gözlemler sonucunda gelişimin bu hızla devam etmesi halinde konut açığının olacağını tahmin ederek örnek projeyi gerçekleştirmeye karar verdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde; potansiyel müşterilerin belirlenmesinde de mahallenin nüfus yapısı hakkında birtakım değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda; yerli halkın genelde konut ihtiyaçlarını kendi imkanları ile çözmeye çalıştıkları ve bu anlamda kendi arsaları üzerine ihtiyaçlarını karşılayacak büyüklükteki konutları inşa ettikleri belirtilmiştir. Dolayısıyla; firma yetkilisi tarafından potansiyel müşteriler olarak bölgeye dışarıdan göç etmiş ve genelde sezonluk çalışmalarından dolayı alım gücü düşük olan otel çalışanları belirlenmiştir.

##### 4.6.2. Örnek projenin tamamlanması sonucu elde edilmesi düşünülen kazancın belirlenmesi

Örnek projenin tamamlanması sonucunda 28 adet daire ve 2 adet dükkan ortaya çıkmıştır. Firma yetkilisinin arsa sahibi ile yapmış olduğu sözleşme doğrultusunda dairelerden 10 tanesi ile dükkan hissesi olarak 100.000,00 TL arsa sahibine verilmiştir. Bunun yanında firma yetkilisi; günümüz şartlarında örnek projenin



gerçekleştirilebilmesi için inşaat maliyetinin yanında yaklaşık 120.000,00 TL'nin yapı izni, elektrik ve su abonelikleri, yapı denetim hizmeti ile proje çizimleri gibi kalemlere harcanması gerektiğini belirtmiştir. Diğer taraftan; gerek projenin konumu gerekse potansiyel müşterilerin alım gücü değerlendirilerek daireler için ortalama 140.000,00 TL, dükkanlar için ise 150.000,00 TL satış değeri belirlenmiştir. Bu kapsamda; Çizelge 4.26'dan da görüleceği üzere firma yetkilisinin örnek projeden beklemiş olduğu kazanç yaklaşık 550.000,00 TL olmaktadır. Ancak; firma yetkilisi projenin tamamlanması sonucunda kendi payına düşen dairelerin hepsini satmış olmasına rağmen, dükkanları satışa çıkarmamıştır. Dükkanların kira gelirlerinin satış rayiçlerine göre yüksek ve bölgenin gelişim hızına bağlı olarak ileriki yıllarda satış ücretlerinin artacak olması bu kararın alınmasındaki temel etkenler olmuştur. Bu anlamda; tez çalışması kapsamında yapılacak olan değerlendirmelerin gerçekçi olması adına dükkanlardan elde edilecek olan kazançlar çalışma dışında tutularak firma yetkilisinin projeden beklemiş olduğu kazanç yaklaşık 250.000,00 TL olarak belirlenmiştir. Bu durumda; firma yetkilisi projenin tamamlanması sonucunda yaklaşık %10 kar etmeyi planlamıştır.

Çizelge 4.26. Firma yetkilisinin projenin tamamlanması sonucu beklediği kazanç

	<b>Gelir-Gider Kalemleri</b>	<b>Tutar</b>
<b>Gelir</b>	Daire satışı	2.520.000,00 TL
	Dükkan satışı	300.000,00 TL
<b>Gider</b>	İnşaat maliyeti	-2.043.076,41 TL
	Arsa sahibinin dükkan hissesi	-105.000,00 TL
	Diğer giderler	-120.000,00 TL
	<b>Kazanç</b>	<b>551.923,59 TL</b>

#### 4.6.3. Örnek projenin kalite seviyesinin belirlenmesi

Ürünlerin kalitesini, büyük ölçüde sahip oldukları teknik özellikler belirlemektedir. Bu anlamda firma yetkilisi; müşterilerin teknik bilgi birikiminin alternatif malzeme kullanımına bağlı olarak ortaya çıkacak olan kalite seviyesindeki değişimleri tam olarak değerlendirebilmek için yeterli olmadığını ifade etmiştir. Örnek olarak; müşteriler gazbeton malzemesinin BİMS'e göre ısı yalıtımının daha iyi olduğunu bilmesine rağmen, bu malzemenin tercih edilmesi durumunda binanın ısı enerji maliyetinin ne ölçüde değişeceğini hesap edecek bilgi birikimine sahip değildirler. Dolayısıyla; kalite seviyesindeki yükselmeye bağlı olarak ortaya çıkacak olan maliyet artışının müşteriler tarafından tam olarak algılanamaması durumunda dairelerin istenilen ücrette satılma ihtimalinin azalacağı belirtilmiştir. Bu kapsamda; tez çalışmasının bu bölümünde firma yetkilisinden geliştirilen alternatif malzemelerin müşterilerin kalite algısında bir değişiklik yapıp yapmayacağı ile oluşacak olan maliyet artışının inşaat aşamasında kendisi, satış aşamasında ise müşteriler tarafından kabul edilecek seviyede olup olmadıklarının değerlendirilmesi istenmiştir.

#### *Duvar örülmesi ve iç sıva işleri faaliyet türlerinin malzemelerinin değerlendirilmesi:*

Bu iki faaliyet türü binaların kaba inşaat aşamasında duvar yapı elemanını oluşturmak için birbirlerini takip edecek şekilde yürütülmekte olup, iç cephe kaplaması faaliyeti ile her ikisinin üzerleri kapatılmaktadır. Dolayısıyla; müşteriler kullanım

aşamasında bu faaliyetlerde kullanılan malzemeler ile doğrudan etkileşim içerisinde değildirlir. Firma yetkilisi; müşterilerin genelde teknik olarak açıklayamasalar bile duvar örülmesi faaliyeti için belirlenmiş olan üç alternatif malzeme arasından gazbetonun en kaliteli, BİMS'in orta kaliteli ve harman tuğlanın düşük kaliteli olduğunu bildiklerini ve bu anlamda kullanılacak malzemeye bağlı olarak ortaya çıkacak olan fiyat farkını da anlayabileceklerini ifade etmiştir. Bunun yanında; duvar örülmesinde kullanılan malzemelerin müşterilerin konut alımında öncelikli tercih sebepleri arasında yer almadığını da eklemiştir. Diğer bir ifadeyle; müşterilerin konut alımında öncelikle bütçe, konum ve konut büyüklüğü gibi etkenleri değerlendirdikten sonra konutlarda kullanılan malzemelere odaklandıkları belirtilmiştir. İç sıva işleri faaliyetinde ise hem elle hem de alçimatik ile yapılan sıvaların en üst yüzeyinde alçı malzemesi kullanılmaktadır. Bu iki sıva yöntemi arasında malzeme açısından bulunan tek fark ise alçimatik ile yapılan sıvanın tek katman şeklinde uygulanmasından dolayı alçının perlitli olmasıdır. Daha önce de ifade edildiği gibi iki yöntem arasındaki farklılıklar faaliyetlerin süre, maliyet ve işçilik kalitesini etkilemektedir. Dolayısıyla firma yetkilisi; müşterilerin iki yöntem arasındaki farkı algılayabilecek yeterli teknik bilgilere sahip olmadığını ifade etmiştir. Bu kapsamda; duvar örülmesi ve iç sıva işleri faaliyetlerinde kullanılan malzemelerin müşterilerin kalite algısını fazla etkilemeyeceği ve konut alımında öncelikli tercih sebeplerinin sağlanması durumunda oluşacak olan maliyet artışının kabul edilebileceği belirtilmiştir.

Alternatif malzeme kullanımına bağlı olarak oluşacak olan maliyet artışının firma yetkilisi tarafından kabul edilecek düzeyde olup olmadığını belirlemek adına alternatif malzemelerin maliyetleri referans malzemelerinki ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda; Çizelge 4.27, Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da iç sıvanın elle yapılması, Çizelge 4.30, Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32'de ise iç sıvanın alçimatik ile yapılması durumunda oluşacak olan maliyet değişikliği gösterilmiştir. Sözleşme gereği dairelerin 10 tanesi arsa sahibine devredileceği için daire başına düşen maliyeti hesaplarken daire sayısı 18 olarak kabul edilmiştir. Firma yetkilisi oluşturulan çizelgeleri incelemesi sonucunda; daire başına oluşacak olan maliyet artışının müşteriler tarafından katlanılacak seviyede olduğunu belirtmiş olmasına rağmen, her iki sıva yöntemiyle yapılacak olan dış ve iç duvarlarda gazbeton ile alçimatikle yapılacak olan dış ve iç duvarlar BİMS alternatiflerinin proje için ayırmış olduğu bütçeyi aşmalarından dolayı diğer faaliyetlerde değişiklik yapmadan bu alternatifleri seçmeyeceğini ifade etmiştir.

Çizelge 4.27. Elle sıva ile dış ve iç duvarlarda BİMS kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı

	Faaliyet Türü	dış ve iç BİMS	dış BİMS iç harman tuğla	Fark
A Blok	Duvar örülmesi	70.974,75 TL	62.065,05 TL	8.909,70 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	120.000,00 TL	120.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	95.810,05 TL	110.550,06 TL	-14.740,01 TL
B Blok	Duvar örülmesi	67.196,25 TL	58.627,75 TL	8.568,50 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	112.000,00 TL	112.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	79.841,11 TL	92.124,36 TL	-12.283,25 TL
	<b>Toplam</b>	<b>545.822,16 TL</b>	<b>555.367,22 TL</b>	<b>-9.545,06 TL</b>
			<b>Daire başı yaklaşık</b>	<b>-530,28 TL</b>

Çizelge 4.28. Elle sıva ile dış duvarda gazbeton ve iç duvarda harman tuğla kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı

	Faaliyet Türü	dış gazbeton iç harman tuğla	dış BİMS iç harman tuğla	Fark
A Blok	Duvar örülmesi	67.350,30 TL	62.065,05 TL	5.285,25 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	120.000,00 TL	120.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	110.550,06 TL	110.550,06 TL	0,00 TL
B Blok	Duvar örülmesi	63.498,50 TL	58.627,75 TL	4.870,75 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	112.000,00 TL	112.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	92.124,36 TL	92.124,36 TL	0,00 TL
	<b>Toplam</b>	<b>565.523,22 TL</b>	<b>555.367,22 TL</b>	<b>10.156,00 TL</b>
			<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>564,22 TL</b>

Çizelge 4.29. Elle sıva ile dış ve iç duvarlarda gazbeton kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı

	Faaliyet Türü	dış ve iç gazbeton	dış BİMS iç harman tuğla	Fark
A Blok	Duvar örülmesi	85.169,70 TL	62.065,05 TL	23.104,65 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	127.500,00 TL	120.000,00 TL	7.500,00 TL
	İç sıva işleri	95.810,05 TL	110.550,06 TL	-14.740,01 TL
B Blok	Duvar örülmesi	80.635,50 TL	58.627,75 TL	22.007,75 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	119.000,00 TL	112.000,00 TL	7.000,00 TL
	İç sıva işleri	79.841,11 TL	92.124,36 TL	-12.283,25 TL
	<b>Toplam</b>	<b>587.956,36 TL</b>	<b>555.367,22 TL</b>	<b>32.589,14 TL</b>
			<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>1.810,51 TL</b>

Çizelge 4.30. Alçimatikle sıva ile dış ve iç duvarlarda BİMS kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı

	Faaliyet Türü	dış ve iç BİMS	dış BİMS iç harman tuğla	Fark
A Blok	Duvar örülmesi	70.974,75 TL	62.065,05 TL	8.909,70 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	120.000,00 TL	120.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	122.833,40 TL	122.833,40 TL	0,00 TL
B Blok	Duvar örülmesi	67.196,25 TL	58.627,75 TL	8.568,50 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	112.000,00 TL	112.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	102.360,40 TL	102.360,40 TL	0,00 TL
	<b>Toplam</b>	<b>595.364,80 TL</b>	<b>577.886,60 TL</b>	<b>17.478,20 TL</b>
			<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>971,01 TL</b>

Çizelge 4.31. Alçımaticle sıva ile dış duvarda gazbeton ve iç duvarda harman tuğla kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı

	Faaliyet Türü	dış gazbeton iç harman tuğla	dış BİMS iç harman tuğla	Fark
A Blok	Duvar örülmesi	67.350,30 TL	62.065,05 TL	5.285,25 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	120.000,00 TL	120.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	122.833,40 TL	122.833,40 TL	0,00 TL
B Blok	Duvar örülmesi	63.498,50 TL	58.627,75 TL	4.870,75 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	112.000,00 TL	112.000,00 TL	0,00 TL
	İç sıva işleri	102.360,40 TL	102.360,40 TL	0,00 TL
	<b>Toplam</b>	<b>588.042,60 TL</b>	<b>577.886,60 TL</b>	<b>10.156,00 TL</b>
			<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>564,22 TL</b>

Çizelge 4.32. Alçımaticle sıva ile dış ve iç duvarlarda gazbeton kullanılması durumunda oluşan maliyet farkı

	Faaliyet Türü	dış ve iç gazbeton	dış BİMS iç harman tuğla	Fark
A Blok	Duvar örülmesi	85.169,70 TL	62.065,05 TL	23.104,65 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	127.500,00 TL	120.000,00 TL	7.500,00 TL
	İç sıva işleri	122.833,40 TL	122.833,40 TL	0,00 TL
B Blok	Duvar örülmesi	80.635,50 TL	58.627,75 TL	22.007,75 TL
	Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	119.000,00 TL	112.000,00 TL	7.000,00 TL
	İç sıva işleri	102.360,40 TL	102.360,40 TL	0,00 TL
	<b>Toplam</b>	<b>637.499,00 TL</b>	<b>577.886,60 TL</b>	<b>59.612,40 TL</b>
			<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>3.311,80 TL</b>

### İç cephe kaplaması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:

Firma yetkilisi; iç cephe kaplaması faaliyetinde kullanılacak olan malzemelerin kalitesinin belirlenmesinde estetik veya konfor gibi teknik bilgi gerektirmeyen etkenlerin değerlendirildiğini ifade etmiştir. Bu anlamda; müşterilerin duvar kağıdının boya malzemesine göre hem estetik hem de kullanım açısından daha kaliteli olduğunu bildiklerini ve genel anlamda oluşacak olan maliyetin katlanılamayacak seviyede olduğunu düşündüklerini belirtmiştir. Diğer taraftan; her iki malzemenin maliyetlerinin karşılaştırılması sonucunda daire başına düşen maliyet artışının 1.775,65 TL olduğu ve bu değer in ise müşteri düşüncelerinin aksine kabul edilebilecek seviyede olduğu görülmüştür (Çizelge 4.33). Ancak; firma yetkilisi inşaat aşamasında oluşacak olan 31.961,64 TL'lık maliyet artışının bütçesini aşacağını ifade etmiştir. Bunun yanında; müşterilerin istemeleri halinde daireleri satın aldıktan veya boya kullanım ömrünü tamamladıktan sonra kendi imkanlarıyla iç cephe kaplamasını duvar kağıdına dönüştürebileceklerini eklemiştir. Bu kapsamda firma yetkilisi; iç cephe kaplaması faaliyetinde duvar kağıdı kullanılması halinde müşterilerin daireleri daha kaliteli algılayacağını ve oluşacak olan maliyet artışının da müşteriler tarafından katlanılabilecek seviyede olduğunu, ancak ilk yatırım maliyetinin bütçesini aşması nedeniyle diğer faaliyetlerde bir değişiklik yapmadan bu alternatifini seçmeyeceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.33. Duvar kağıdı ile boya malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

Blok	Duvar Kağıdı	Boya	Fark
A	44.286,88 TL	27.679,30 TL	16.607,58 TL
B	40.944,16 TL	25.590,10 TL	15.354,06 TL
<b>Toplam</b>	<b>85.231,04 TL</b>	<b>53.269,40 TL</b>	<b>31.961,64 TL</b>
		<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>1.775,65 TL</b>

***Diğer zeminlerin kaplanması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Firma yetkilisi potansiyel müşteri kitlesinin yerli halktan oluştuğunu ve bu anlamda oturma odası, salon, yatak odası gibi yaşam alanlarının zeminlerinde seramik malzemesinin kullanılabilir olmasına rağmen, yerli halkın hem estetik hem de konfor açısından laminant malzemesini tercih ettiğini belirtmiştir. Bunun yanında; seramik kullanılması halinde satış esnasında zorlanılacağını ve satış fiyatının iki malzeme arasındaki fiyat farkından daha fazla düşeceğini eklemiştir. Diğer bir ifadeyle; Çizelge 4.34'ten de görüleceği üzere seramik kullanılması halinde daire maliyeti 462,97 TL azalırken satış esnasında bu farkın 5.000,00 TL'na kadar yükselebileceği ifade edilmiştir. Bu kapsamda firma yetkilisi; optimum şebekenin belirlenmesi sürecinde hem müşteriler tarafından tercih edilmesi hem de maliyet farkının proje bütçesine dahil edilmiş olmasından dolayı laminant malzemesini alternatifsiz olarak seçeceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.34. Laminant ile seramik malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

Blok	Laminant	Seramik	Fark
A	16.666,80 TL	12.500,10 TL	4.166,70 TL
B	16.666,80 TL	12.500,10 TL	4.166,70 TL
<b>Toplam</b>	<b>33.333,60 TL</b>	<b>25.000,20 TL</b>	<b>8.333,40 TL</b>
		<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>462,97 TL</b>

***Asma tavan işleri faaliyeti malzemelerinin karşılaştırılması:***

Firma yetkilisi; müşterilerin alternatif malzeme kullanımına bağlı olarak asma tavanlarda oluşacak olan kalite değişimini değerlendirebilecek yeterli teknik bilgi birikimine sahip olmadıklarını ifade etmiştir. Bunun yanında; asma tavanların örnek projede sadece ıslak zeminlerde kullanılmış olmasından dolayı müşterilerin bu yapı elemanı ile ilgili fazla estetik kaygılarının oluşmayacağını da eklemiştir. Dolayısıyla; asma tavanlarda kullanılacak olan alternatif malzemelerin müşterilerin kalite algısını kayda değer bir şekilde etkilemeyeceği ve oluşacak olan maliyet artışının da kabul edilebilecek seviyede olduğu anlaşılmıştır. Diğer taraftan; Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da sırasıyla alçıpan ve PVC malzemelerinin maliyetleri örnek projenin gerçekleştirilmesinde kullanılmış olan alüminyum malzemesinin maliyeti ile karşılaştırılmış ve her iki malzemenin de kullanımı halinde inşaat maliyetinin azalacağı görülmüştür. Bu anlamda firma yetkilisi; optimum şebekenin seçimi sürecinde bütün alternatif malzemeleri seçebileceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.35. Alçıpan ile alüminyum malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

Blok	Alçıpan	Alüminyum	Fark
A	3.120,00 TL	7.200,00 TL	-4.080,00 TL
B	2.915,64 TL	6.728,40 TL	-3.812,76 TL
<b>Toplam</b>	<b>6.035,64 TL</b>	<b>13.928,40 TL</b>	<b>-7.892,76 TL</b>
		<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>-438,49 TL</b>

Çizelge 4.36. PVC ile alüminyum malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

Blok	PVC	Alüminyum	Fark
A	4.800,00 TL	7.200,00 TL	-2.400,00 TL
B	4.485,60 TL	6.728,40 TL	-2.242,80 TL
<b>Toplam</b>	<b>9.285,60 TL</b>	<b>13.928,40 TL</b>	<b>-4.642,80 TL</b>
		<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>-257,93 TL</b>

***Pencere ve balkon kapılarının takılması faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

İç cephe kaplaması faaliyetine benzer şekilde bu faaliyet türünde de müşteriler tarafından ahşap ve PVC malzemelerinin kalitesi belirlenirken estetik veya konfor gibi teknik bilgi gerektirmeyen etkenlerin değerlendirildiği anlaşılmıştır. Firma yetkilisi; müşterilerin genel anlamda ahşap malzemesini daha kaliteli olarak algıladığını, fakat oluşacak olan maliyet artışının katlanılamayacak seviyede olacağını düşündüklerini belirtmiştir. Ahşap malzemesi kullanımı durumunda daire başına düşecek olan maliyetin 3.454,79 TL olması müşterilerin düşüncelerini desteklemektedir (Çizelge 4.37). Diğer taraftan; ahşap malzemesinin kullanılması halinde inşaat aşamasında ortaya çıkacak olan 62.186,26 TL'lik maliyet artışının proje için öngörölmüş olan bütçeyi aşacağı ifade edilmiştir. Bunun yanında; müşterilerin istemesi halinde PVC malzemesi kullanım ömrünü tamamladıktan sonra kendi imkanlarıyla pencere ve balkon kapılarını ahşap olarak taktırabilecekleri eklenmiştir. Bu kapsamda firma yetkilisi; pencere ve balkon kapılarının takılması faaliyetinde kullanılan malzemeye göre müşterilerde kalite algısının değişeceği, fakat oluşacak olan maliyet artışının hem inşaat aşamasında kendisi, hem de satış aşamasında müşteriler tarafından kabul edilecek seviyede olmamasından dolayı diğer faaliyetlerde bir değişiklik yapılmadan ahşap alternatifini seçmeyeceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.37. Ahşap ile PVC malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

Blok	Ahşap	PVC	Fark
A	93.960,00 TL	62.640,00 TL	31.320,00 TL
B	92.598,76 TL	61.732,50 TL	30.866,26 TL
<b>Toplam</b>	<b>186.558,76 TL</b>	<b>124.372,50 TL</b>	<b>62.186,26 TL</b>
		<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>3.454,79 TL</b>

### ***Çatı imalatı faaliyeti malzemelerinin değerlendirilmesi:***

Firma yetkilisi; çatı imalatında kullanılacak olan alternatif malzemelerin oluşturacağı kalite değişiminin tam olarak değerlendirilebilmesi için teknik bilgi birikimine sahip olunması gerektiğini ifade etmiştir. Bu anlamda; müşterilerin yeterli teknik bilgiye sahip olmamalarına rağmen genelde gazbeton çatıyı daha kaliteli ve dolayısıyla da daha maliyetli olarak algıladıkları belirtilmiştir. Bunun yanında; konut alımında çatıların öncelikli tercih sebeplerinden biri olmaması sebebiyle oluşacak olan maliyet artışının da müşteriler tarafından kabul edilebilecek seviyede olduğu eklenmiştir. Diğer taraftan; iki çatı tipinin maliyetlerinin karşılaştırılması sonucunda gazbeton çatının projenin ilk yatırım maliyetini 63.900,00 TL arttıracığı görülmüştür (Çizelge 4.38). Bu kapsamda; firma yetkilisi bu artışın proje için öngörmüş olduğu bütçeyi aşacağından dolayı diğer faaliyetlerde bir değişiklik yapmadan gazbeton çatı alternatifini seçmeyeceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.38. Gazbeton ve çelik konstrüksiyon çatı malzemelerinin maliyetlerinin karşılaştırılması

<b>Blok</b>	<b>Gazbeton</b>	<b>Çelik</b>	<b>Fark</b>
A	85.200,00 TL	53.250,00 TL	31.950,00 TL
B	85.200,00 TL	53.250,00 TL	31.950,00 TL
<b>Toplam</b>	<b>170.400,00 TL</b>	<b>106.500,00 TL</b>	<b>63.900,00 TL</b>
		<b>Daire başı yaklaşık pay</b>	<b>3.550,00 TL</b>

### **4.7. Optimum Şebekeni Seçilmesi**

Küme Esaslı Tasarım yönteminde, geliştirilen alternatifler arasındaki ödünleşim sistematik olarak incelenmekte ve uygun olmayanları elenmektedir. Örnek uygulama kapsamında ise optimum şebekenin seçimi sürecinde firma yetkilisinin ve müşterilerin olmak üzere farklı iki bakış açısı kullanılmıştır. Bunun sebebi; her iki kesimin çıkarlarını kesiştirerek tek bir optimum şebeke seçebilmektir. Diğer bir ifadeyle; firma yetkilisinin öncelikli amacı maliyeti düşük tutarak projeyi öngörmüş olduğu bütçe dahilinde tamamlamakken, müşterilerin amacı bütçeleri dahilinde en kaliteli daireyi satın almaktır. Dolayısıyla; optimum şebekenin belirlenmesinde süre, maliyet ve kalitenin yanında bu iki farklı amaç arasındaki ödünleşimin de irdelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda; optimum şebekenin seçimi sürecinde, çözüm kümesinde 1 numaralı şebeke olarak adlandırılmış olan referans şebekeyle başlanarak şebekeler ikişerli olarak karşılaştırılmış ve uygun olmayanları elenerek optimum şebeke seçilmeye çalışılmıştır.

Firma yetkilisi; her ne kadar örnek uygulama kapsamında alternatif şebekelerin süreleri hesaplanmış olsa da, süre ile ilgili bir sınırlamasının olmadığını ve dolayısıyla yapacağı değerlendirmelerde öncelikle maliyete sonrasında ise dairelerin tercih edilme ihtimali ile satış fiyatlarını yükseltmek adına kaliteye önem vereceğini belirtmiştir. Geliştirilen yazılım tarafından oluşturulmuş olan çözüm kümesine ise sadece örnek projenin süre ve bütçe kısıtlarını sağlayan alternatifler dahil edilmiştir. Dolayısıyla süre ve maliyet açısından; çözüm kümesinde bulunan öznel ve nesnel en kaliteli

şebekeler dışındaki bütün şebekeler firma yetkilisinin beklentilerini karşılamaktadır. Bu anlamda; yazılım tarafından oluşturulmuş olan alternatif şebekelerin karşılaştırılmasında firma yetkilisi açısından da kalite unsuru ön plana çıkacaktır. Ancak firma yetkilisi; dairelerin satışı sonrasında ortaya çıkacak olan değişim veya bakım, ısıtma enerjisi ve bunların toplamı olan yaşam döngü maliyetlerinin kendisini ilgilendirmediklerini ve dolayısıyla da değerlendirmelerde dairelerin müşteriler tarafından tercih etmelerine sebep olacak olan öznel kalite göstergelerini değerlendireceğini ifade etmiştir. Diğer taraftan; müşteriler açısından şebekelerin değerlendirilmesinde ise hem nesnel kalite göstergelerinden hem de “Örnek projenin kalite seviyesinin belirlenmesi” bölümünde yapılmış olan yorumlardan faydalanılmıştır.

### ***Referans şebekenin öznel en kaliteli şebeke ile karşılaştırılması:***

Referans şebekede firma yetkilisi, diğer zeminlerin kaplanması, asma tavan işleri ve çatı imalatı faaliyetlerinde öznel açıdan en kaliteli olarak değerlendirdiği malzemeleri kullanmıştır. Bu anlamda; diğer faaliyetlerde de öznel en kaliteli malzemelerin kullanılması durumunda inşaat maliyeti 168.989,68 TL artmaktadır (Çizelge 4.39). Firma yetkilisi bu değer için öngörmüş olduğu bütçenin çok üstünde olduğunu belirterek öznel en kaliteli şebekeyi elemiştir. Diğer taraftan; öznel en kaliteli şebeke daire maliyetini 9.388,32 TL artırırken yaşam döngü maliyetini 49.260,03 TL azaltmaktadır. Dolayısıyla; firma yetkilisinin belirlemiş olduğu %10'luk kar payı dikkate alındığında dairelerin satış fiyatı 10.327,15 TL artacaktır. Benzer şekilde; yaşam döngü maliyetindeki düşüş sebebiyle de müşteriler yıllık yaklaşık (49.260,03 TL/50) 985,20 TL tasarruf edecektir. Bu durumda; daire satışında ortaya çıkacak olan fark kendisini yaklaşık 11 sene sonra amorti edecektir. Ancak; öznel en kaliteli şebekede duvar örülmesi, elektrik ve sıhhi tesisat işleri ile iç sıva işleri faaliyetlerinde kullanılan alternatifler projenin maliyetini arttırıp değişim veya bakım maliyetine bir etkisi olmazken, müşterilerin kalite algısını fazla değiştirmemektedir. Bu anlamda; dairelerin satış fiyatında oluşacak olan artışın kabul edilemeyecek düzeyde olduğu varsayılarak öznel en kaliteli şebeke müşteri açısından da elenmiştir.

Çizelge 4.39. Referans şebekenin öznel en kaliteli şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	1	Öznel En Kaliteli	Fark
Süre (gün)	155	128	27
Maliyet	2.043.076,41 TL	2.212.066,09 TL	-168.989,68 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.504,25 TL	122.892,56 TL	-9.388,32 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.100.684,65 TL	545.336,56 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	848.784,69 TL	341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	1.949.469,34 TL	886.680,55 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	108.303,85 TL	49.260,03 TL
Duvar örülmesi	dış BİMS iç harman tuğla	dış ve iç gazbeton	
Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	Harman Tuğla veya BİMS üstü	Gazbeton üstü	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	Alçımatik ile	
İç cephe kaplaması	Boya	Duvar Kağıdı	
Pencere ve balkon kapısı takılması	PVC	Ahşap	



**Referans şebekenin nesnel en kaliteli şebeke ile karşılaştırılması:**

Öznel en kaliteli şebekeden farklı olarak, nesnel en kaliteli şebekede referans şebekeye göre diğer zeminlerin kaplanması ile asma tavan işleri faaliyetlerinde sırasıyla seramik ile alçıpan malzemeleri seçilmiştir. Bu iki malzeme maliyetinin laminant ve alüminyum malzemelerine göre düşük olması nedeniyle nesnel en kaliteli şebeke proje maliyetini 152.763,52 TL arttıracaktır (Çizelge 4.40). Ancak; bu değer de firma yetkilisi tarafından yüksek bulunmasından dolayı nesnel en kaliteli şebeke firma yetkilisi açısından elenmiştir. Nesnel en kaliteli şebeke müşteri bakış açısından değerlendirilecek olursa; bu şebekede öznel en kaliteli şebekede olduğu gibi projenin maliyetini arttırıp, değişim veya bakım maliyeti ile müşterilerin kalite algısını fazla etkilemeyen alternatifler de seçilmiştir. Sadece seramik ve alçıpan malzemelerinin kullanılmasından dolayı öznel en kaliteli şebekeye göre daire maliyeti (9.388,32 TL - 8.486,86 TL) 901,45 TL, daire başı değişim veya bakım maliyeti ise ([1.100.684,65 TL - 979.722,04 TL]/50) 6.720,14 TL azalmaktadır. Dolayısıyla; nesnel en kaliteli şebekede de dairelerin satış fiyatında oluşacak olan artış müşteriler açısından kabul edilebilecek düzeyde değildir. Bunun yanında; diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde kullanılan malzemelerin müşterilerin konut alımında öncelikli tercih sebeplerden biri olması ve bu faaliyette seramik malzemesinin kullanılması müşterilerin kalite algısını büyük ölçüde düşürecektir. Bu anlamda; nesnel en kaliteli şebeke de müşteri açısından elenmiştir.

Çizelge 4.40. Referans şebekenin nesnel en kaliteli şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	1	Nesnel En Kaliteli	Fark
Süre (gün)	155	128	27
Maliyet	2.043.076,41 TL	2.195.839,93 TL	-152.763,52 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.504,25 TL	121.991,11 TL	-8.486,86 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	979.722,04 TL	666.299,17 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	848.784,69 TL	341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	1.828.506,73 TL	1.007.643,16 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	101.583,71 TL	55.980,18 TL
Duvar örülmesi	Dış BİMS iç harman tuğla	dış ve iç gazbeton	
Elektrik ve sıhhi tesisat işleri	Harman Tuğla veya BİMS üstü	Gazbeton üstü	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	Alçımatik ile	
İç cephe kaplaması	Boya	Duvar Kağıdı	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan	
Pencere ve balkon kapısı takılması	PVC	Ahşap	

**Referans şebekenin 2 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

2 numaralı şebekede referans şebekeden farklı olarak diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde laminant yerine seramik malzemesi tercih edilmiştir (Çizelge 4.41). Bu seçim projenin nesnel göstergelerini olumlu bir şekilde etkilemesine rağmen, seramik malzemesinin müşterilerin kalite algısını düşürmesi ve dolayısıyla satış esnasında zorlanılacağından dolayı hem firma yetkilisi hem de müşteri bakış açılarından 2 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.41. Referans şebekenin 2 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	1	2	Fark
Süre (gün)	155	155	0
Maliyet	2.043.076,41 TL	2.034.743,01 TL	8.333,40 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.504,25 TL	113.041,28 TL	462,97 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.537.687,01 TL	108.334,20 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.727.815,69 TL	108.334,20 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	151.545,32 TL	6.018,57 TL
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	

**Referans şebekenin 3 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

3 numaralı şebekede ise referans şebekeden farklı olarak asma tavan işlerinde alüminyum yerine alçıpan malzemesi kullanılmıştır (Çizelge 4.42). Gerek alçıpan malzemesinin projenin nesnel göstergelerini olumlu yönde etkilemesi gerekse asma tavan işleri faaliyetinde kullanılan malzemelerin müşterilerin kalite algısını fazla değiştirmemesi nedeniyle hem firma yetkilisi hem müşteri açısından referans şebeke elenerek yerine 3 numaralı şebeke seçilmiştir.

Çizelge 4.42. Referans şebekenin 3 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	1	3	Fark
Süre (gün)	155	155	0
Maliyet	2.043.076,41 TL	2.035.183,65 TL	7.892,76 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.504,25 TL	113.065,76 TL	438,49 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.633.392,81 TL	12.628,40 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.823.521,49 TL	12.628,40 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	156.862,31 TL	701,58 TL
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan	

**3 numaralı şebekenin 4 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

3 ile 4 numaralı şebekeler arasındaki tek fark asman tavan işleri faaliyetinde alçıpan yerine PVC malzemesinin kullanılmasıdır (Çizelge 4.43). Bu anlamda; PVC malzemesinin projenin nesnel göstergelerini olumsuz yönde etkilemesi ve müşterilerin kalite algısına bir etkisinin olmaması nedenleriyle hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 4 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.43. 3 numaralı şebekenin 4 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	3	4	Fark
Süre (gün)	155	155	0
Maliyet	2.035.183,65 TL	2.038.433,61 TL	-3.249,96 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.065,76 TL	113.246,31 TL	-180,55 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.638.592,73 TL	-5.199,92 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.823.521,49 TL	2.828.721,41 TL	-5.199,92 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	156.862,31 TL	157.151,19 TL	-288,88 TL
Asma tavan işleri	Alçıpan	PVC	

**3 numaralı şebekenin 5 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

5 numaralı şebekede 3 numaralı şebekeden farklı olarak duvar örülmesi, iç sıva işleri ile asma tavan işleri faaliyetlerinde farklı alternatifler seçilmiştir. Duvar örülmesi ve buna bağlı olarak iç sıva işleri faaliyetlerinde seçilen “dış ve iç BİMS” ile “BİMS veya Gazbeton üstü” alternatifleri projenin maliyetini büyük ölçüde olmasa bile düşürmüştür (Çizelge 4.44). Diğer taraftan; alüminyum malzemesi ise projenin değişim veya bakım maliyetini 12.628,40 TL arttırmıştır. Bu anlamda; maliyete olan etkisinin yanında 5 numaralı şebekenin firma yetkilisi tarafından harman tuğlaya göre daha kaliteli olarak değerlendirilmiş olan BİMS malzemesini iç duvarda da kullanımına olanak sağlaması nedeniyle 3 numaralı şebeke elenmiştir. Benzer şekilde; seçilen alternatifler müşterilerin kalite algısını fazla değiştirmeyeceği ve yaşam döngü maliyetinde oluşan artışın katlanılabilecek düzeyde olması nedeniyle müşteri açısından da 5 numaralı şebeke tercih edilmiştir.

Aslında; elde edilen sonuçlar örnek projenin planlama aşamasında detaylı değerlendirmelerin yapılmadığını ortaya koymaktadır. Şöyle ki; firma yetkilisi maddi kaygılardan dolayı örnek projenin gerçekleştirilmesinde dış duvarda BİMS iç duvarda ise harman tuğla malzemelerini kullanmıştır. Ancak; yine firma yetkilisinin kendi oluşturduğu verilerin değerlendirilmesi sonucunda iç duvarda da öznel olarak daha kaliteli olduğunu belirtmiş olduğu BİMS malzemesinin kullanılması durumunda maliyet az da olsa azalmaktadır.

Çizelge 4.44. 3 numaralı şebekenin 5 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	3	5	Fark
Süre (gün)	155	147	8
Maliyet	2.035.183,65 TL	2.031.371,34 TL	3.812,31 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.065,76 TL	112.853,96 TL	211,79 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.646.021,21 TL	-12.628,40 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.823.521,49 TL	2.836.149,89 TL	-12.628,40 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	156.862,31 TL	157.563,88 TL	-701,58 TL
Duvar örülmesi	dış BİMS iç harman tuğla	dış ve iç BİMS	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	BİMS veya Gazbeton üstü	
Asma tavan işleri	Alçıpan	Alüminyum	

**5 numaralı şebekenin 6 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

Projenin nesnel göstergelerini olumlu bir şekilde etkilemesine rağmen, diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde seramik malzemesinin kullanılmasından dolayı hem firma yetkilisi hem de müşteri bakış açısından 6 numaralı şebeke elenmiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45. 5 numaralı şebekenin 6 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	5	6	Fark
Süre (gün)	147	155	-8
Maliyet	2.031.371,34 TL	2.026.850,25 TL	4.521,09 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	112.853,96 TL	112.602,79 TL	251,17 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.525.058,61 TL	120.962,60 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.715.187,29 TL	120.962,60 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	150.843,74 TL	6.720,14 TL
Duvar örülmesi	dış ve iç BİMS	dış BİMS iç harman tuğla	
İç sıva işleri	BİMS veya Gazbeton üstü	Harman Tuğla üstü	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan	

**5 numaralı şebekenin 7 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

Gerek projenin nesnel göstergelerini olumsuz etkilemesi gerekse diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde seramik malzemesinin tercih edilmesi sebebiyle hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 7 numaralı şebeke elenmiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. 5 numaralı şebekenin 7 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	5	7	Fark
Süre (gün)	147	155	-8
Maliyet	2.031.371,34 TL	2.030.100,21 TL	1.271,13 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	112.853,96 TL	112.783,35 TL	70,62 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.530.258,53 TL	115.762,68 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.720.387,21 TL	115.762,68 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	151.132,62 TL	6.431,26 TL
Duvar örülmesi	dış ve iç BİMS	dış BİMS iç harman tuğla	
İç sıva işleri	BİMS veya Gazbeton üstü	Harman Tuğla üstü	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	
Asma tavan işleri	Alüminyum	PVC	

**5 numaralı şebekenin 8 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

8 numaralı şebeke ile 5 numaralı şebeke arasındaki tek fark diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde laminant yerine seramik malzemesinin kullanılmasıdır (Çizelge 4.47). Seramik malzemesi projenin nesnel göstergelerini olumlu yönde etkilemesine rağmen, müşterilerin kalite algısını düşürmesinden dolayı hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 8 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.47. 5 numaralı şebekenin 8 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	5	8	Fark
Süre (gün)	147	147	0
Maliyet	2.031.371,34 TL	2.023.037,95 TL	8.333,39 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	112.853,96 TL	112.391,00 TL	462,97 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.537.687,01 TL	108.334,20 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.727.815,69 TL	108.334,20 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	151.545,32 TL	6.018,57 TL
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	

**5 numaralı şebekenin 9 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

9 numaralı şebekede 5 numaralı şebekeden farklı olarak, müşterilerin kalite algısını fazla etkilemeyen asma tavan işleri faaliyetinde alüminyum yerine alçıpan malzemesi kullanılmıştır (Çizelge 4.48). Bu anlamda; alçıpan malzemesinin projenin

nesnel göstergelerine olumlu bir etkisi olması nedeniyle hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 5 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.48. 5 numaralı şebekenin 9 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	5	9	Fark
Süre (gün)	147	147	0
Maliyet	2.031.371,34 TL	2.023.478,58 TL	7.892,76 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	112.853,96 TL	112.415,48 TL	438,49 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.633.392,81 TL	12.628,40 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.823.521,49 TL	12.628,40 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	156.862,31 TL	701,58 TL
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan	

#### **9 numaralı şebekenin 10 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

Asma tavan işleri faaliyetinde kullanılmış olan PVC malzemesi müşterilerin kalite algısını fazla etkilememesine rağmen, projenin nesnel göstergelerini olumsuz yönde etkilemiştir (Çizelge 4.49). Dolayısıyla; hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 10 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.49. 9 numaralı şebekenin 10 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	9	10	Fark
Süre (gün)	147	147	0
Maliyet	2.023.478,58 TL	2.026.728,55 TL	-3.249,97 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	112.415,48 TL	112.596,03 TL	-180,55 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.638.592,73 TL	-5.199,92 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	1.190.128,68 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.823.521,49 TL	2.828.721,41 TL	-5.199,92 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	156.862,31 TL	157.151,19 TL	-288,88 TL
Asma tavan işleri	Alçıpan	PVC	

#### **9 numaralı şebekenin 11 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

Öznel ve nesnel en kaliteli şebekeler dışında şu ana kadar değerlendirilen alternatiflerden farklı olarak 11 numaralı şebekenin dış duvarında gazbeton malzemesi kullanılmıştır (Çizelge 4.50). Bu anlamda; diğer şebekelere göre 11 numaralı şebeke projenin ve dairelerin ısıtma enerjisi maliyetini sırasıyla 341.343,99 TL ve (341.343,99

TL/18) 18.963,56 TL düşürmüştür. Duvar örülmesi faaliyetinde kullanılan malzemelerin müşterilerin öncelikli tercih sebebi olmamasına rağmen firma yetkilisi, satış aşamasında ortaya çıkan olumlu etkinin açıklanması durumunda oluşacak olan fiyat farkının müşteriler açısından kabul edilebilecek düzeyde olacağını belirtmiştir. Bunun yanında; her ne kadar dış duvarda gazbeton kullanımı 9 numaralı şebekeye göre proje maliyetini arttırsa da 11 numaralı şebeke proje için öngörülmesi olan bütçe dahilindedir. Ancak; müşterilerin öncelikli tercih sebepleri arasında bulunan diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde seramik malzemesinin kullanılması müşterilerin kalite algısını ve dolayısıyla da dairelerin satış fiyatını düşürecektir. Bu anlamda; firma yetkilisi 9 ve 11 numaralı şebekeler arasında bir tercih yapmadan önce 11 numaralı şebekede laminant malzemesinin kullanılması durumunda referans şebekeye göre oluşacak olan farklılıkların incelenmesini istemiştir. Çizelge 4.51’de ise referans şebeke ile firma yetkilisinin isteği doğrultusunda oluşturulmuş olan 17 numaralı şebeke karşılaştırılmıştır. Dış duvarda gazbeton ve asma tavanlarda alçıpan kullanımı 17 numaralı şebekenin daire maliyetini referans şebekeye göre 736,54 TL gibi cüzi bir miktar arttırmıştır. Ancak firma yetkilisi; özellikle gazbeton kullanımından dolayı müşterilerde oluşacak olan kalite algısındaki artışın dairelerin satış fiyatını bu değer üzerinde arttıracak olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan; asma tavanlarda alüminyum yerine alçıpan kullanımı değişim veya bakım maliyetini 108.334,20 TL, dış duvarda BİMS yerine gazbeton kullanımı ısıtma enerjisi maliyetini 341.343,99 TL ve dolayısıyla da projenin yaşam döngü maliyetini 449.678,19 TL düşürmektedir. Bu kapsamda; gerek projenin nesnel göstergelerine olan olumlu etkileri, gerekse müşterilerin kalite algısını arttırması nedeniyle hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 17 numaralı şebeke şu ana kadarki optimum şebeke olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.50. 9 numaralı şebekenin 11 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	9	11	Fark
Süre (gün)	147	154	-7
Maliyet	2.023.478,58 TL	2.036.736,25 TL	-13.257,67 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	112.415,48 TL	113.152,01 TL	-736,54 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.525.058,61 TL	108.334,20 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	848.784,69 TL	341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.823.521,49 TL	2.373.843,30 TL	449.678,19 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	156.862,31 TL	131.880,18 TL	24.982,12 TL
Duvar örülmesi	dış ve iç BİMS	dış gazbeton iç harman tuğla	
İç sıva işleri	BİMS veya Gazbeton üstü	Harman Tuğla üstü	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	

Çizelge 4.51. Referans şebekenin 17 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	1	17	Fark
Süre (gün)	155	154	1
Maliyet	2.043.076,41 TL	2.045.069,65 TL	-1.993,24 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.504,25 TL	113.614,98 TL	-110,74 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.646.021,21 TL	1.633.392,81 TL	12.628,40 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	1.190.128,68 TL	848.784,69 TL	341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.836.149,89 TL	2.482.177,50 TL	353.972,39 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	157.563,88 TL	137.898,75 TL	19.665,13 TL
Duvar örülmesi	dış BİMS iç harman tuğla	dış gazbeton iç harman tuğla	
Asma tavan işleri	Alüminyum	Alçıpan	

**17 numaralı şebekenin 12 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

11 numaralı şebekeden farklı olarak 12 numaralı şebekede asma tavan işleri faaliyetinde alçıpan yerine PVC malzemesi kullanılmıştır. Önceki yapılan değerlendirmelerde bu iki malzeme arasından, projenin nesnel kalite göstergelerine olumlu etkilerinden dolayı alçıpan malzemesi seçilmiştir. Diğer taraftan; 17 numaralı şebeke 12 numaralı şebekeye göre projenin maliyetini 5.083,44 TL arttırmış olmasına rağmen, firma yetkilisi bu artışın bütçe dahilinde olması sebebiyle kabul edilecek seviyede olduğunu belirtmiştir (Çizelge 4.52). Bunun yanında; diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde seramik malzemesinin kullanılması müşterilerin kalite algısını da düşürecektir. Dolayısıyla; hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından şebeke 12 elenmiştir.

Çizelge 4.52. 17 numaralı şebekenin 12 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	17	12	Fark
Süre (gün)	154	154	0
Maliyet	2.045.069,65 TL	2.039.986,21 TL	5.083,44 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.614,98 TL	113.332,57 TL	282,41 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.530.258,53 TL	103.134,28 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	848.784,69 TL	848.784,69 TL	0,00 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.482.177,50 TL	2.379.043,22 TL	103.134,28 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	137.898,75 TL	132.169,07 TL	5.729,68 TL
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	
Asma tavan işleri	Alçıpan	PVC	



**17 numaralı şebekenin 13 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

13 numaralı şebekede iç sıva işleri faaliyetinin alçımatic ile yapılması proje süresini 17 numaralı şebekeye göre 32 gün kısaltmıştır (Çizelge 4.53). Ancak; firma yetkilisinin süre ile ilgili bir kısıtlamasının olmamasından dolayı bu etki değerlendirme dışı bırakılmıştır. Her ne kadar diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde seramik kullanılması projenin değişim veya bakım maliyetini düşürse de, dış duvarda BİMS malzemenin kullanımı ısıtma enerjisi maliyetini bu düşüşün 3 katından fazla arttırmıştır. Dolayısıyla; 13 numaralı şebeke 17 numaralı şebekeye göre projenin yaşam döngü maliyetinde 233.009,79 TL'lik bir artışa sebep olmuştur. Bunun yanında; seramik malzemesi müşterilerin kalite algısını düşürecektir. Bu anlamda; 13 numaralı şebekenin 17 numaralı şebekeye göre projenin hem nesnel hem de öznel kalite göstergelerini düşürmesinden dolayı firma yetkilisi ve müşteri bakış açısından elenmiştir.

Çizelge 4.53. 17 numaralı şebekenin 13 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	17	13	Fark
Süre (gün)	154	122	32
Maliyet	2.045.069,65 TL	2.040.459,63 TL	4.610,02 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.614,98 TL	113.358,87 TL	256,11 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.525.058,61 TL	108.334,20 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	848.784,69 TL	1.190.128,68 TL	-341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.482.177,50 TL	2.715.187,29 TL	-233.009,79 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	137.898,75 TL	150.843,74 TL	-12.944,99 TL
Duvar örülmesi	dış gazbeton iç harman tuğla	dış BİMS iç harman tuğla	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	Alçımatic ile	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	

**17 numaralı şebekenin 14 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

14 numaralı şebekede 13 numaralı şebekeden farklı olarak asma tavan işleri faaliyetinde alçıpan yerine PVC kullanılmıştır (Çizelge 4.54). Dolayısıyla; 17 ile 13 numaralı şebekelerin karşılaştırılmasında yapılmış olan yorumlar ana hatlarıyla 14 numaralı şebeke için de geçerlidir. Bunun yanında; asma tavanlarda PVC kullanımı projenin nesnel göstergelerini alçıpan kullanımına göre olumsuz etkileyecektir. Bu anlamda; hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 14 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.54. 17 numaralı şebekenin 14 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	17	14	Fark
Süre (gün)	154	122	32
Maliyet	2.045.069,65 TL	2.043.709,59 TL	1.360,06 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.614,98 TL	113.539,42 TL	75,56 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.530.258,53 TL	103.134,28 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	848.784,69 TL	1.190.128,68 TL	-341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.482.177,50 TL	2.720.387,21 TL	-238.209,71 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	137.898,75 TL	151.132,62 TL	-13.233,87 TL
Duvar örülmesi	dış gazbeton iç harman tuğla	dış BİMS iç harman tuğla	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	Alçımatik ile	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	
Asma tavan işleri	Alçıpan	PVC	

**17 numaralı şebekenin 15 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

15 numaralı şebeke 17 numaralı şebekeye göre maliyeti 29.924,46 TL arttırmıştır (Çizelge 4.55). Ancak; 17 numaralı şebekenin maliyeti firma yetkilisi tarafından kabul edildiği için bu etki değerlendirme dışı bırakılmıştır. Diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde laminant yerine seramik malzemesinin kullanımı projenin yaşam döngü maliyetini düşürmesine rağmen, müşterilerin kalite algısını olumsuz yönde etkileyecektir. Bunun yanında; dış duvarda BİMS malzemesinin kullanımı projenin ısıtma enerjisi maliyetin kayda değer şekilde yükseltmiştir. Bu anlamda; hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 15 numaralı şebeke elenmiştir.

Çizelge 4.55. 17 numaralı şebekenin 15 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	17	15	Fark
Süre (gün)	154	147	7
Maliyet	2.045.069,65 TL	2.015.145,19 TL	29.924,46 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.614,98 TL	111.952,51 TL	1.662,47 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.525.058,61 TL	108.334,20 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	848.784,69 TL	1.190.128,68 TL	-341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.482.177,50 TL	2.715.187,29 TL	-233.009,79 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	137.898,75 TL	150.843,74 TL	-12.944,99 TL
Duvar örülmesi	dış gazbeton iç harman tuğla	dış ve iç BİMS	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	BİMS veya Gazbeton üstü	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	

**17 numaralı şebekenin 16 numaralı şebeke ile karşılaştırılması:**

16 numaralı şebekede de 15 numaralı şebekeden farklı olarak asma tavan işleri faaliyetinde alçıpan yerine PVC malzemesinin kullanılmasıdır (Çizelge 4.56). Dolayısıyla; hem firma yetkilisi hem de müşteri açısından 16 numaralı şebeke elenerek örnek uygulama kapsamında optimum şebeke 17 numaralı şebeke olarak belirlenmiştir. Bu alternatifin proje maliyetini referans şebekeye göre fazla arttırmamasından dolayı dairelerin planlanan satış fiyatlarını etkilemeyecek ve dolayısıyla da firma yetkilisi proje kapsamında öngörmüş olduğu kazancı sağlayabilecektir.

Çizelge 4.56. 17 numaralı şebekenin 16 numaralı şebeke ile karşılaştırılması

Şebeke Adı	17	16	Fark
Süre (gün)	154	147	7
Maliyet	2.045.069,65 TL	2.018.395,15 TL	26.674,50 TL
Yaklaşık Daire Maliyeti	113.614,98 TL	112.133,06 TL	1.481,92 TL
Değişim veya Bakım Maliyeti	1.633.392,81 TL	1.530.258,53 TL	103.134,28 TL
Isıtma Enerjisi Maliyeti	848.784,69 TL	1.190.128,68 TL	-341.343,99 TL
Yaşam Döngü Maliyeti	2.482.177,50 TL	2.720.387,21 TL	-238.209,71 TL
Daire Başı Yaşam Döngü Maliyeti	137.898,75 TL	151.132,62 TL	-13.233,87 TL
Duvar örülmesi	dış gazbeton iç harman tuğla	dış ve iç BİMS	
İç sıva işleri	Harman Tuğla üstü	BİMS veya Gazbeton üstü	
Diğer zeminlerin kaplanması	Laminant	Seramik	
Asma tavan işleri	Alçıpan	PVC	

**4.8. Örnek Uygulamanın Genel Değerlendirilmesi**

Geliştirilen metodolojide yazılım tarafından çözüm kümesine dahil edilecek olan alternatif şebekelerin sayısı büyük ölçüde proje için belirlenecek olan süre ve bütçe sınırlarına bağlıdır. Örnek projenin ise önceden tamamlanmış olmasından dolayı bu sınır değerler net bir şekilde belirlenebilmiştir. Dolayısıyla yazılım çözüm kümesine az sayıda şebeke eklemiştir. Aslında; gerek tez çalışmasında gerekse literatürde geliştirilen karar destek sistemlerinin öncelikli görevi optimizasyon sürecinde gerçekleştirilecek olan hesaplamaları hızlandırmaktır. Daha önceden de ifade edildiği gibi literatürde yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda optimizasyon sürecinde alternatif malzemelerin kullanımı değerlendirmelere dahil edilmemiştir. Doğrusal programlama ile yapılan çalışmalarda süre, maliyet ve kalite unsurları için 3 ayrı model oluşturulmuş olup, optimizasyon sürecinde her bir modelde diğer iki unsur için kesin değerler verilerek sadece bir unsur için tek bir çözüm elde edilmiştir. Örnek olarak; optimum sürenin belirlenmesi için oluşturulan modelde maliyet ve kalite için kesin değerler girilmekte ve bu değeri sağlayan tek bir şebeke çözüm olarak sunulmaktadır.

Dolayısıyla; alternatif malzemelerin de değerlendirilmesi durumunda doğrusal programlama ile oluşturulan modellerde malzemelerin süre, maliyet ve kaliteye olan etkileri tam anlamıyla karşılaştırılmamaktadır. Diğer taraftan; üst sezgisel yöntemlerle yapılan çalışmalarda faaliyetlerin süre, maliyet ve kaliteleri ayrı olarak belirlendiği ve 3 unsurun eş zamanlı optimize edildiği için bu modeller malzeme etkilerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak; üst sezgisel yöntemler çözüm kümesinin sınırlarını kendi içerisinde oluşturmaktadır. Dolayısıyla; proje için oluşturulan verilere bağlı olarak, çözüm kümesine çok sayıda alternatif şebeke dahil etme olasılığı vardır. Örnek olarak; El-Rayes ve Kandil (2005) yapmış oldukları çalışmada her faaliyet için 4 alternatifin oluşturulduğu 18 faaliyetten oluşan örnek projeyi geliştirdikleri modelde değerlendirmiş ve çözüm kümesinde süre, maliyet ve kalite açısından birbirine üstünlüğü bulunmayan 305 adet şebeke elde etmiştir. Aslında; literatürde yapılan çalışmalarda kalitenin tek bir sayısal değer ile ifade edilip projenin bir girdisi olarak kabul edilmesi, çözüm kümesinin kapsamını genişleterek çok sayıda alternatifin çözüm kümesine dahil edilmesine neden olmuştur. Dolayısıyla; çözüm kümesi oluşturulduktan sonra çok sayıda alternatifin tek tek incelenerek optimum şebekenin tespit edilmesi hem zaman alıcı hem de karmaşık bir hale gelecektir. Bu kapsamda; kalite unsurunun projenin bir çıktısı olarak kabul edilerek, süre ve bütçe değerlerinin uygun bir şekilde belirlenmesi durumunda geliştirilmiş olan metodolojinin diğer yöntemlerle oluşturulanlara göre optimum şebekenin seçiminde daha etkili olacağı düşünülmektedir.

Örnek uygulama kapsamında duvar örülmesi faaliyetinde “dış ve iç gazbeton”, iç cephe kaplaması faaliyetinde “Duvar Kağıdı”, pencere takılması faaliyetinde “ahşap” ve çatı imalatı faaliyetinde “gazbeton” alternatifleri, ilk yatırım maliyetlerinin diğer alternatiflere göre daha yüksek olması sebebiyle, projenin bütçe sınırını aşmış ve dolayısıyla yazılım tarafından çözüm kümesine dahil edilmiş olan şebekelerde tercih edilmemiştir. Aslında; verilerin hazırlanış aşamasında bu alternatiflerin belirlenen bütçe dahilinde yazılım tarafından seçilmeyeceği bilinen bir gerçektir. Yine de firma yetkilisi, ileriki zamanlarda yürüteceği projelerde planlamaları daha iyi yapabilmek adına, bu alternatiflerin seçilmesi durumunda örnek projenin maliyeti ile nesnel kalite göstergelerinin nasıl etkileneceğini görmek istemiş ve bu doğrultuda ilgili alternatiflerin verileri de hazırlanmıştır. Bunun yanında; bu verilerin hazır olması, çözüm kümesindeki herhangi şebekede yapılacak olan değişiklikler sonucu türetilecek olan yeni şebekenin oluşturulmasını kolaylaştırmıştır. Bu anlamda; örnek uygulama kapsamında öznel en kaliteli, nesnel en kaliteli ve 17 numaralı şebekeler Microsoft Office Project yazılımının da yardımıyla yazılım tekrar çalıştırılmadan kısa bir sürede oluşturulmuştur.

Maliyet ve nesnel kalite göstergelerinden farklı olarak faaliyetlerin süresi projenin toplam süresini doğrudan etkilememektedir. Diğer bir ifadeyle; projelerin süresini kritik yörüngeler üzerinde bulunan faaliyetlerin süreleri belirlemektedir. Örnek olarak; Çizelge 4.57’de referans şebeke ile çözüm kümesindeki en kısa süreli alternatiflerden birisi olan 13 numaralı şebekede kullanılan malzemelerin süreleri karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla; faaliyet sürelerinin proje süresine doğrudan bir etkisi olması durumunda iki şebeke arasında 26 gün fark olması gerekirdi. Ancak; 13 numaralı şebekede iç sıva işleri faaliyetinde “alçımatic” ile diğer zeminlerin kaplanması faaliyetinde “seramik” alternatiflerinin seçilmiş olması projenin kritik yörüngelerini değiştirerek aradaki süre farkının (155 gün – 122 gün) 33 gün olmasına neden

olmuştur. Bu anlamda; her ne kadar firma yetkilisi örnek uygulamada süre açısından bir kısıtlamasının olmadığını belirtmiş olsa da, geliştirilen yazılımın şebekelerde bulunan bütün kritik yörüngeleri hesaplamış olması hangi faaliyetlerin projenin süresine doğrudan etki ettiğinin anlaşılmasını kolaylaştırmıştır.

Çizelge 4.57. Referans şebeke ile 13 numaralı şebekede kullanılan malzemelerin süre farkları

	<b>Faaliyet Türü</b>	<b>1 Numaralı Şebekedeki Süre (gün)</b>	<b>13 Numaralı Şebekedeki Süre (gün)</b>	<b>Fark (gün)</b>
<b>A Blok</b>	İç sıva işleri	29	11	18
	Diğer zeminlerin kaplanması	2	3	-1
	Asma tavan işleri	4	7	-3
<b>B Blok</b>	İç sıva işleri	25	9	16
	Diğer zeminlerin kaplanması	2	3	-1
	Asma tavan işleri	3	6	-3
			<b>Toplam</b>	<b>26</b>

Örnek uygulamada Küme Esaslı Tasarım Yöntemi yaklaşımına bağlı olarak alternatif şebekelerin ikişerli olarak karşılaştırılması optimum şebekenin kısa bir sürede belirlenmesini sağlamıştır. Bu anlamda; firma yetkilisi öznel ve nesnel en kaliteli şebekeleri referans şebeke ile karşıladıktan sonra projede “dış ve iç gazbeton”, “Duvar Kağıdı”, “ahşap” ve “gazbeton” alternatiflerinin kullanılmayacağını anlamıştır. Benzer şekilde; yapılan yorumlar doğrultusunda “seramik” alternatifinin seçilmiş olduğu şebekeleri doğrudan elemiştir. Diğer taraftan; firma yetkilisi ısıtma enerjisi maliyetinin hesaplanmasında dış duvarda gazbeton malzemesinin kullanılması halinde bu maliyetin büyük ölçüde düşeceğini görmüş ve bu etkinin dairelerin satılmasını kolaylaştırmanın yanında satış fiyatını arttıracaklarını belirtmiştir. Bu anlamda; her ne kadar tez çalışmasında geliştirilen metodolojinin ayrıntılı olarak açıklanabilmesi adına proje kapsamının belirlenmesi ve optimum şebekenin seçim süreçleri detaylı bir şekilde anlatılmış olsa da, firma yetkilisi optimum şebekeyi oluşturulan karşılaştırma tablolarını 10 dakika gibi kısa bir sürede inceleyerek belirlemiştir.

#### 4.9. Geliştirilen Metodolojini Farklı Projelerde Uygulanabilirliğinin Tartışılması

Tez çalışmasında irdelenen örnek proje, inşaat sektörü açısından küçük ölçekli bir bina tipi proje olarak kabul edilmektedir. Ancak; aynı tip inşaat projelerinde, yürütülecek olan faaliyet sayısından bağımsız olarak, benzer faaliyet türleri yürütülmektedir. Örnek olarak; proje ölçeğinden bağımsız olarak bütün bina tipi projelerde duvar örülmesi, sıva işleri, zemin kaplaması gibi faaliyet türleri ortaktır. Bu anlamda; büyük ölçekli bir bina tipi projede küçük ölçekliye göre sadece uygulanacak olan mahallere bağlı olarak faaliyet sayıları artacaktır. Diğer taraftan; faaliyetler arası uyumluluk gereği faaliyet türünün yürütüleceği ilk mahalde seçilmiş olan alternatif diğer mahallerde de seçilmelidir. Dolayısıyla; proje ölçeğinin büyümesi halinde sadece projenin ölçülebilen süre, maliyet ve nesnel kalite göstergeleri değişecek, öznel kalite göstergeleri ise aynı kalacaktır. Bu anlamda; geliştirilmiş olan metodolojinin büyük ölçekli bina tipi projelerde de uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

Örnek proje uygulamasında eleştirilebilecek bir diğer husus da inşaat sektöründe malzeme çeşitliliğinin çok olmasına rağmen, geliştirilen alternatif sayısının az olmasıdır. Ancak; “Materyal” bölümünde de açıklandığı üzere alternatif malzemeler, tamamen firma yetkilisinin tecrübelerine dayandırılarak, projenin toplam süre, maliyet ve kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi detaylı değerlendirmeler gerektiren faaliyetler için geliştirilmiştir. Aslında geliştirilen metodolojideki amaç; çok sayıda alternatif oluşturup bunları değerlendirmekten ziyade herhangi bir faaliyette olumlu bir değişiklik yapabilmek adına hangi faaliyet veya faaliyetlerden taviz verilmesi gerektiğinin belirlenmesidir. Örnek olarak; örnek proje kapsamında firma yetkilisi süreyi kısaltmak adına iç sıra işleri faaliyetinde “alçımantik” alternatifini seçebilmesi için diğer zeminlerin kaplanması ve asma tavan faaliyetlerinden taviz vermesi gerekmektedir. Bu anlamda; optimum şebekenin seçiminde faaliyetler arası bu ödünleşimin incelenmesi, alternatif sayısını arttırmaktan daha önemlidir. Bunun yanında; inşaat malzemelerinin seçiminde projeye uygunluk, ekonomik ve çevresel gibi etkenler de devreye girmektedir. Örnek olarak; alternatif malzemelerin belirlenmesi sürecinde pencere ve balkon kapılarında alüminyum malzemesinin de değerlendirilmesi önerilmiştir. Ancak firma yetkilisi; bu alternatifin genelde dükkan, ofis, okul, yurt veya otel gibi binalarda kullanıldığını ve konut projeleri için uygun olmadığını belirterek alternatif malzeme olarak sadece PVC ve ahşabı seçmiştir. Benzer şekilde; örnek proje Akdeniz ikliminin hakim olduğu bir bölgede yürütülmüştür. Bu anlamda; firma yetkilisi önceki tecrübelerine dayanarak harman tuğla üstü mantolamanın maliyeti yükselteceğini ve dolayısıyla binaların mevzuat gereği asgari yalıtımı sağlayabilmesi için dış duvarda BİMS veya gazbeton malzemelerinin kullanılmasının yeterli olacağını ifade etmiştir. Diğer taraftan; örnek projenin karasal iklimin hakim olduğu bir bölgede yürütülmüş olması halinde mantolamanın BİMS veya gazbeton malzemesi için de gerekli olma ihtimali vardır. Bu durumda; duvar örülmesi faaliyeti için dış duvarda harman tuğla malzemesinin veya içerisinde yalıtım malzemesi bulunan tuğlaların da alternatif olarak eklenmesi gerekmektedir. Aslında; malzeme seçimini etkileyen faktörleri değerlendirerek gerçekçi veri hazırlayabilmek adına veriler firma yetkilisine hazırlanmıştır. Dolayısıyla; örnek uygulamada az sayıda alternatifin geliştirilmiş olması metodolojinin uygulanabilirliğini etkilemeyeceği düşünülmektedir.

Bina tipi projeler, diğer proje türlerine göre daha fazla çeşitlilikte malzeme kullanımına olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla; geliştirilen metodoloji örnek bir konut projesinde uygulanmıştır. Ancak; geliştirilen metodoloji proje kalitesini bir çıktı olarak kabul etmektedir. Bu anlamda; faaliyetlerde kullanılan malzemelerden bağımsız olarak işgücü ve makine gücü kapasiteleri değiştirilerek her bir faaliyet için alternatifler üretilip, bunların proje süre ve maliyetine olan etkileri karşılaştırılabilir. Bu anlamda; geliştirilmiş olan metodolojinin kullanımı diğer proje tipleri için de uygundur.

#### **4.10. Geliştirilen Yazılımın İyileştirilme Potansiyelinin Tartışılması**

Geliştirilen yazılımın hazırlanmasında ticari bir amaç güdülmemiş olmasından dolayı kullanıcı dostu bir ara yüz oluşturulmayarak yazılım komut satırından çalıştırılmış ve veriler Microsoft Office Excel çalışma sayfalarından okutulmuştur. Ancak; verilerin 6 farklı sayfada derlenmiş olması, veri setinin oluşturulmasını karmaşık ve hatalara açık bir hale getirmiştir. Benzer şekilde; yazılım çıktıları da WordPad yazılımına bastırılmıştır. Bu çıktılardan her bir şebekenin süre, maliyet ile

değişim veya bakım maliyeti kolayca tespit edilebilirken, kullanılan malzemeler ile kritik yörüngeler zor belirlenmektedir. Bunun yanında; yazılım optimum şebekenin seçimi için gerekli olan karşılaştırma tablolarını oluşturmamaktadır. Bu anlamda; gerek verilerin basit ve hatasız olarak girilebilmesi için gerekse yapılan hesaplamalar sonucunda alternatif şebeke verilerinin kolayca görülebilmesi ve karşılaştırmalar için gerekli tabloların hazırlanabilmesi için yazılıma bir kullanıcı dostu ara yüzün eklenmesi gerekmektedir. Bunun yanında; ısıtma enerjisi maliyetinin hesaplanmasında farklı bir yazılım kullanmamak adına TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları standardında açıklanmış olan hesaplama yöntemi yazılıma eklenebilir.

Literatürde yapılan çalışmalarda ve tez çalışması kapsamında geliştirilen metodolojide proje kavramı bir bütün olarak ele alınmayarak sadece inşa edilecek olan yapıya odaklanılmıştır. Bu kapsamda; alternatif malzemelerin değerlendirilmesi sonucunda inşa edilecek olan binanın süre, maliyet ve kalitesinin nasıl değişeceği irdelenmiştir. Ancak; bina inşaatında seçilmiş olan alternatifler aynı zamanda projenin toplam süre, maliyet ve yönetim kalitesinin yanında uygulanabilirliğini de etkilemektedir. Örnek olarak; işçilerin şantiye alanında konakladıkları projelerde günlük çalıştırılacak olan maksimum işçi sayısı şantiye kurulumunda işçi barınaklarının kurulum maliyetini arttıracaktır. Dolayısıyla; projenin toplam maliyeti açısından seçilen alternatiflerin günlük toplam işçi sayısını ne ölçüde değiştireceğinin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde; faaliyetlerin işçixgün değerleri de seçilen alternatif faaliyetin süresine göre farklılık gösterecektir. Örnek olarak; referans şebeke yerine 13 numaralı şebekenin uygulanması durumunda seçilen alternatiflere bağlı olarak projenin işçixgün değeri 451 azalmaktadır (Çizelge 4.58). Örnek uygulamada faaliyetler taşeronlar tarafından yürütülmüş olup, firma yetkilisi kendi bünyesinde işçi çalıştırmamıştır. Dolayısıyla; faaliyetlerin işçilik maliyeti toplam maliyetlerine dahil edilmiştir. Ancak; faaliyetlerin firma çalışanları tarafından yürütülmüş olması durumunda iki şebeke arasındaki işçixgün farkı projenin işçilik maliyetinde bir değişime neden olacaktır. Örnek olarak; günlük işçi maliyetinin 100 TL kabul edilmesi halinde iki şebekenin uygulanmasında 45.100,00 TL'lık bir fark oluşacaktır. Benzer şekilde; çalışanların şantiyede konaklaması halinde firma yetkilisi günde en azından bir defa öğle yemeği vermek zorundadır. Bu durumda da, çalışan başına yemek maliyetinin 10,00 TL kabul edilmesi halinde, iki şebeke arasındaki projenin yemek maliyeti 4.510,00 TL azalacaktır. Bu kapsamda; yazılıma çalışan sayısının projenin süre, maliyet ve kalitesine olan etkilerinin belirlenebilmesi için günlük çalışan maksimum işçi sayısı ile alternatif şebekelerin işçixgün değerlerini hesap edecek algoritmalar eklenebilir.

Çizelge 4.58. Referans şebeke ile 13 numaralı şebekenin işçixgün değerlerinin karşılaştırılması

	Faaliyet Türü	1 Numaralı Şebeke	13 Numaralı Şebekede	Fark (işçi*gün)
A Blok	İç sıva işleri	406	154	252
	Diğer zeminlerin kaplanması	10	15	-5
	Asma tavan işleri	12	21	-9
B Blok	İç sıva işleri	350	126	224
	Diğer zeminlerin kaplanması	10	15	-5
	Asma tavan işleri	12	18	-6
<b>Toplam</b>				<b>451</b>

İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan Microsoft Office Project ile Primavera yazılımları sadece iş programlarını oluşturmak için değil, aynı zamanda uygulama aşamasında projenin ilerleyişini kontrol etmek amacıyla da kullanılmaktadır. Bu kapsamda; iş programında bir şaşma olduğu zaman projenin istenilen sürede tamamlanabilmesi için hangi faaliyetlerde kapasite artırılması gerektiği, proje maliyeti ile nakit akışının nasıl değişeceği gibi değerlendirmeler yazılımlarda bulunan eklentiler ile kısa bir sürede yapılabilmektedir. Bu anlamda; yazılımın projelerin uygulama aşamasında da gerekli kontrolleri yapmak adına kullanılabilmesi için, bütün alternatif şebekeleri için olmasa bile, optimum şebeke için bu yazılımlarda bulunan eklentiler eklenebilir.

Son yıllarda hem inşaat sektöründe hem de akademik alanda Yapı Bilgi Modeli (YPM) yazılımlarının popülaritesi giderek artmaktadır. Bu yazılımlar; yapılarla ilgili bütün verileri tek bir dosyada toplayarak farklı proje katılımcılarının farklı yazılımlar kullanarak yapmış oldukları hesaplamaların tek bir yazılımda yapılmasına ve dolayısıyla da çok boyutlu çalışılmasına olanak sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle; yapıların 3 boyutlu çizimi projenin 3 boyutunu oluştururken; süre ve maliyet hesaplaması, iş programının hazırlanması, statik analiz gibi fonksiyonlar yazılıma birer boyut olarak eklenmektedir. Bu anlamda; farklı yazılım firmalarının geliştirmiş olduğu YBM yazılımları kullanım amacına bağlı olarak bu boyutlardan bir veya birden fazlasını içermektedir. Süre ve maliyet boyutlarının bulunduğu YBM yazılımlarında yapılan 3 boyutlu çizimlerde yapı elemanının ebatlarının yanında; hesaplamalarda kullanılmak üzere yapı elemanının oluşturmak için yürütülecek olan faaliyetlerin türü, süresi ve birim maliyetleri ile ilgili veriler de girilmektedir. Ancak; bu yazılımlar da Microsoft Office Project ve Primavera gibi tek kaynak üzerinden hesaplamaları yapmaktadır. Bu anlamda; farklı alternatifleri değerlendirerek bunların projenin süre ve maliyetine olan etkilerinin incelenebilmesi adına geliştirilen yazılım farklı bir boyut olarak YBM yazılımlarına eklenebilir.



## 5. SONUÇ

İnşaat sektörü, özellikle gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasında etkili olan sektörlerin başında gelmektedir. Bu anlamda sektör; sağlamış olduğu ekonomik katkıların yanında birçok insana da iş olanakları sağlamaktadır. Bunun yanında; sektörde genelde geri dönüşümü sınırlı veya hiç olmayan malzeme, süre, işgücü, para gibi kaynaklar tüketilmektedir. Dolayısıyla; sektörün olumlu katkılarını arttırmak adına inşaat projelerinin, israfı minimum seviyede tutacak şekilde, planlanarak yönetilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan; inşaat projelerinde kullanılan kaynaklara bağlı olarak her bir projenin süresi, maliyeti ve kalitesi ortaya çıkmaktadır. Proje yönetiminin amacı ise eldeki sınırlı kaynakların değerlendirilmesi sonucu belirlenmiş olan süre, bütçe ve kalite seviyesinin gerçekleşen değerlerle mümkün olduğu kadar örtüşmesini sağlamaktır. Diğer bir ifadeyle; projenin tamamlanması sonucu ortaya çıkan süre, maliyet ve kalite değerleri, planlama sürecinde belirlenmiş olan süre, bütçe ve kalite değerlerine yaklaşık bir değerde çıkmışsa proje başarılı bir şekilde tamamlanmış anlamına gelmektedir. Bu anlamda; etkin bir yönetimin yanında uygulanabilir bir projenin planlanması da projenin başarısı açısından büyük bir öneme sahiptir.

Projelerin süre, maliyet ve kalite unsurları hem birbirleriyle bağlantılı hem de çelişkilidir. Diğer bir ifadeyle; herhangi bir unsurda yapılacak olan değişiklik diğer iki unsuru olumsuz yönde etkileyebilir. Planlama sürecinde ise her bir faaliyet için farklı kaynak kullanımına bağlı olarak alternatifler geliştirilmekte ve bunların projenin süre, maliyet ve kalitesini ne yönde etkileyeceği incelenerek içlerinden en uygunu seçilmektedir. Ancak; inşaat projelerinin çok sayıda faaliyetlerden oluşması, bunlar arasındaki karmaşık bağımlılıklar, kullanılacak olan malzemelerin çeşitliliği ile faaliyetler iş ve makine gücünün sonsuz sayıda atanabilir olması gibi etkenler bu seçim sürecini zaman alıcı ve karmaşık bir hale sokmaktadır. Bu kapsamda literatürde; bu zorlukları aşmak adına birçok araştırmacı farklı yaklaşımlar ve optimizasyon teknikleri kullanarak alternatif kaynak kullanımına bağlı olarak projelerin süre, maliyet ve kalitelerinin nasıl değişeceğini irdelemeye olanak sağlayan modeller geliştirmişlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalarda çok boyutlu olan kalite kavramının proje kalitesini temsilen tek bir sayısal değer ile ifade edilmiş olması, projelerde ortak kalite algısının oluşmasını engellemektedir. Diğer bir ifadeyle; kalitenin tek bir sayısal değerle ifade edilmesi, alternatif şebekelerde kalite düşüşünün hangi faaliyetlerden ve bunların hangi kalite göstergelerinden kaynaklandığını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bunun yanında; yapılan çalışmalarda genel anlamda sayısal olarak hesaplanamayan işçilik kalitesi optimizasyon sürecine dahil edilmiştir. Aslında; gerek süre – maliyet gerekse süre – maliyet – kalite optimizasyonu üzerine yapılan çalışmaların çıkış noktası, projenin süresinin kısaltılması halinde diğer unsurların nasıl değişeceğini incelemektir. Bu anlamda; Babu ve Suresh (1995) projelerin süre kısaltımına bağlı olarak kalitelerinin de etkileneceğini belirterek ilk defa işçilik kalitesini kesintisiz yaklaşımla yapılan optimizasyon sürecine dahil etmiştir. Ayrık yaklaşımla yapılan çalışmalarda ise faaliyetlerde kullanılan malzemelerin de projelerin süre, maliyet ve kalitelerini etkileyeceği belirtilmiş olmasından dolayı işçilik yanında performans kalitesi de optimizasyon sürecine dahil edilmiştir. Ancak; bu varsayıma rağmen çalışmaların büyük çoğunluğunda malzeme etkisi ihmal edilmiştir. Sadece El Rayes ve Kandil

(2005) yapmış oldukları çalışmada bir karayolu projesi için verilerin nasıl oluşturulacağını açıklarken vermiş oldukları örnekte farklı beton sınıflarını alternatif malzeme olarak değerlendirmiştir. Aslında; araştırmacıların çoğu verileri oluşturmak yerine verileri işleyecek olan optimizasyon modellerine odaklanmıştır. Bu anlamda; El Rayes ve Kandil (2005) de dahil olmak üzere, araştırmacılar çalışmalarında örnek bir inşaat projesi için veri oluşturup bunları değerlendirmek yerine az sayıda faaliyetten oluşan örnek şebekeler kullanmıştır. Dolayısıyla; malzeme etkisi ve buna bağlı olarak da faaliyetler arasında oluşacak olan uyumluluklar optimizasyon sürecinde değerlendirilmemiştir. Diğer taraftan; inşaat projelerinin süre ve bütçesi başlangıç süresinde yaklaşık olarak belirlenmektedir. Planlama sürecinde ise bu değerlere uygun olarak faaliyetler planlanmaktadır. Bunun yanında; projenin türü ve yürütülüş amacına bağlı olarak işveren veya proje yöneticileri süre, maliyet ve kalite unsurlarından bir veya birden fazlasına daha fazla önem vermektedir. Dolayısıyla; projelerin süre ve maliyet kıstasları belli olup bu değerler altında kalan bütün şebekeler projenin amacını sağlamaktadır. Ancak; literatürde yapılmış olan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmış olan üst sezgisel yöntemlerde çözüm kümesinin alt ve üst sınırları geliştirilen model tarafından belirlenmektedir. Bu durumda; projenin süre ve bütçe kıstaslarını sağlamasına rağmen üst sezgisel yöntemin oluşturmuş olduğu çözüm kümesine dahil edilmemiş olan alternatif şebekeler değerlendirme dışı kalacaktır. Bu kapsamda; literatürde geliştirilmiş olan modellerin gerçekçi bir inşaat projesinin süre, maliyet ve kalitesini optimize edebilmek için yetersiz kaldığı kanaatine varılmıştır.

Tez çalışması kapsamında, literatürde tespit edilen eksiklikleri gidererek, alternatif malzeme kullanımına bağlı olarak inşaat projelerinin süre, maliyet ve kalitelerini optimize edecek bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu kapsamda; işçilik kalitesinin sağlanmasının toplam kalite yönetiminin bir görevi olduğu kabul edilerek, sadece farklı malzeme kullanımına bağlı olarak projelerin performans kalitelerinin nasıl değişeceği değerlendirilmiştir. Yapılan örnek uygulama sonucunda alternatif malzemelerin projenin süre, maliyet ve kalitesini büyük ölçüde etkilediği görülmüş olup, geliştirilen metodolojinin farklı proje türlerinde de uygulanabilir olduğu anlaşılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- ABREY, M. and SMALLWOOD, J.J. 2014. The Effects of Unsatisfactory Working Conditions on Productivity in the Construction Industry. *Procedia Engineering*, 85(2014): 3-9.
- ADELI, H. and KARIM, A. 2001. Construction Scheduling, Cost Optimization and Management. Spon Press, A.B.D., 178 s.
- AFSHAR, A., KAVEH, A. and SHOGHLI, O.R. 2007. Multi-Objective Optimization of Time-Cost-Quality Using Multi-Colony Ant Algorithm. *Asian Journal of Civil Engineering*, 8(2): 113-124.
- AFRUZI, E.N. NAJAFI, A.A. ROGHANIAN, E. and MAZINANI, M. 2014. A Multi-Objective Imperialist Competitive Algorithm for Solving Discrete Time, Cost and Quality Trade-off Problems with Mode-Identity and Resource-Constrained Situations. *Computers & Operations Research*, 50(1): 80-96.
- ALLEN, W., LIKER, J.K., CRISTIANO, J.J. and SOBEK, D.K. 1995. The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster. *Sloan Management Review*, 36(3): 43-61.
- ARCHIBALD, R.D. 1992. Managing High Technology Programs and Projects. John Wiley & Sons, A.B.D., 400 s.
- ASSADIPOUR, G.H. and IRANMANESH, H. 2010. The Discrete Time, Cost and Quality Trade-off Problem in Project Scheduling: An Efficient Solution Method Based on Celde Algorithm. *South African Journal of Industrial Engineering*, 21(1): 93-101.
- ATKINSON, G.A. 1995. Construction Quality and Quality Standards: The European Perspective. E & FN Spon, İngiltere, 340 s.
- AZIZ, R.F., HAFEZ, S.M. and ABUEL-MAGD, Y.R. 2014. Smart Optimization for Mega Construction Projects Using Artificial Intelligence. *Alexandria Engineering Journal*, 53(3): 591-606.
- BABU, A. J.G. and SURESH, N. 1996. Project Management with Time, Cost and Quality Considerations. *European Journal of Operational Research*, 88(2): 320-327.

- BALLARD, G. and ZABELLE, T. 2000. Lean Design: Process, Tools, and Techniques. Lean Construction Institute White Paper #10, A.B.D.
- BARUTÇUGİL, İ. 1984. İnşaat Yönetimi. İnkilap Kitapevi, İstanbul, 141 s.
- BENNETT, F.L. 2003. The Management of Construction: A Project Lifecycle Approach. Butterworth – Heinemann, İngiltere, 333 s.
- BERNSTEIN, J.I. 1998. Design Methods in the Aerospace Industry: Looking for Evidence of Set-Based Practices. Master of Science Thesis. Massachusetts Institute of Technology, 226p.
- BİGAT, E. 1980. Yapı İşletmesi. Kipaş, Ankara, 172 s.
- CHENG, M.Y., TRAN, D.H. and CAO, M.T. 2016. Chaotic Initialized Multiple Objective Differential Evolution with Adaptive Mutation Strategy (CAMODE) for Construction Project Time-Cost-Quality Trade-Off. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(2): 210-223.
- CHONG, E.K.P. ve ZAK, S.H. 2001. An Introduction to Optimization. John Wiley & Sons, A.B.D., 495 s.
- CHUNG, H.W. 1999. Understanding Quality Assurance in Construction: A Practical Guide to ISO 9000. E & FN Spon, İngiltere, 262 s.
- ÇÖLKESEN, R. 2011. Algoritma Geliştirme Veri Yapıları. Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, 256 s.
- EL-GOHARY, K.M. and AZIZ, R.M. 2014. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. *Journal of Management in Engineering*, 30(1): 1-9.
- EL-RAYES, K. and KANDIL, A. 2005. Time-Cost-Quality Trade-off Analysis For Highway Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(4): 477-486.
- EL-RAZEK, R.H.A., DIAB, A.M. HAFEZ, S.M. and AZIZ, R.F. 2010. Time-Cost-Quality Trade-off Software by Using Simplified Genetic Algorithm for Typical Repetitive Construction Projects. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 4(1): 250-259.
- GARVIN, D.A. 1988. Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge. The Free Press, A.B.D., 327 s.
- GHODSI, R., SKANDARI, M.R., ALLAHVERDİLOO, M. and IRANMANESH, S.H. 2009. A New Practical Model to Trade-off Time, Cost and Quality of a Project. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 3741-3756.

- HAJIAGHA, S.H.R., MAHDIRAJI,H.A. and HASHEMI, S.S. 2014. A Hybrid Model of Fuzzy Goal Programming and Grey Numbers in Continuous Project Time, Cost, and Quality Tradeoff. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1): 117-126.
- HERAVI, G. and FAEGHI, S. 2014. Group Decision Making for Stochastic Optimization of Time, Cost and Quality in Construction Projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28(2): 275-283.
- HOWELL, G., LAUFER, A. and BALLARD, G. 1993. Uncertainty and Project Objectives. *Project appraisal*, 8(1): 37-43.
- HU, W. and HE, X. 2014. An Innovative Time-Cost-Quality Tradeoff Modeling of Building Construction Project Based on Resource Allocation. *The Scientific World Journal*, 2014(1): 1-10.
- İNTES. 2015. İnşaat Sektörü Raporu. Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası, Ankara.
- İRANMANESH, H., SKANDARI, M.R and ALLAHVERDİLOO, M. 2008. Finding Pareto Optimal Front for the MultiMode Time, Cost Quality Trade-off in Project Scheduling. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 40(1): 346-350.
- JARKAS A.M., RADOSAVLJEVIC M., and WUYI L. 2014 .Prominent Demotivational Factors Influencing The Productivity of Construction Project Managers in Qatar. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(8): 1070 – 1090.
- JURAN, J.M. and GODFREY, A.B. 1998. Juran's Quality Handbook. McGraw-Hill, A.B.D., 1730 s.
- KHANG, D.B. and MYINT, Y.M. 1999. Time, Cost and Quality Trade-off in Project Management: A Case Study. *International Journal of Project Management*, 17(4): 249-256.
- KIM, J.Y., KANG, C.W. and HWANG, I.K. 2012. A Practical Approach to Project Scheduling: Considering the Potential Quality Loss Cost in the Time-Cost Tradeoff Problem. *International Journal of Project Management*, 30(1): 264-272.
- KONUTDER. 2013. Konut Sektörü Değerlendirme Sunumu Şubat 2013. Konut Geliştiricileri ve Yatırımcıları Derneği, İstanbul.
- KOSKELA, L.J., HOWELL, G., BALLARDA, G. and TOMMELEIN, İ. 2002. Design and Construction: Building in Value. Butterworth – Heinemann, pp. 211-226, İngiltere.

- LAM, P.T.I., WONG, F. W.H. and CHAN, A.P.C. 2006. Contributions of Designers to Improving Buildability and Constructability. *Design Studies*, 27(4): 457-479.
- LIPSCHUTZ, S. 2011. Data Structures with C. McGraw-Hill, A.B.D., 289 s.
- MAHAMID, I. 2013. Contractors Perspective Toward Factors Affecting Labor Productivity in Building Construction. *Journal of Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(5): 446-460.
- MONGHASEMİ, S., NIKOO, M.R., FASAEI, M.A.K. and ADAMOWSKI, J. 2015. A Novel Multi Criteria Decision Making Model for Optimizing Time-Cost-Quality Trade-off Problems in Construction Projects. *Expert Systems with Applications*, 42(1): 3089-3104.
- OAKLAND, J and MAROSSZEKY, M. 2006. Total Quality in The Construction Supply Chain. Butterworth – Heinemann, İngiltere, 538 s.
- OBERLENDER, G.D. 2000. Project Management for Engineering and Construction. McGraw-Hill, A.B.D., 384 s.
- OTTOSSON, H. 2013. Practical Project Management for Building and Construction. CRC Press, A.B.D., 315 s.
- PARRISH, K., WONG, J.M., TOMMELEIN, I.D. and STOJADINOVIC, B. 2008. Set-Based Design: Case Study On Innovative Hospital Design. 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, ss. 413-424, 16-18 Temmuz, Manchester, İngiltere.
- PIERCE, D.R. 2013. Project Scheduling And Management For Construction. John Wiley & Sons, A.B.D., 274 s.
- PMBOK. 2008. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute, A.B.D., 507 s.
- POHL, I. 1993. Object-Oriented Programming Using C++. Addison-Wesley Professional, A.B.D., 512 s.
- POLLACK-JOHNSON, B. and LIBERATORE, M. J. 2008. Incorporating Quality Considerations into Project Time/Cost Tradeoff Analysis and Decision Making. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 53(49): 534-542.
- RAHIMI, M. and IRANMANESH, H. 2008. Multi Objective Particle Swarm Optimization for a Discrete Time, Cost and Quality Trade-off Problem. *World Applied Sciences Journal*, 4(2): 270-276.
- RAUDBERGET, D. 2010. Practical Applications of Set-Based Concurrent Engineering in Industry. *Strojniski vestnik*, 56(11): 685-695.

- RUMANE, A.R. 2011. Quality Management in Construction Projects. CRC Press, A.B.D., 448 s.
- RUMANE, A.R. 2013. Quality Tools for Managing Construction Projects. CRC Press, A.B.D., 411 s.
- SALMASNIA, A., MOKHTARI, A. and ABADI, I. N. K. 2012. A Robust Scheduling of Projects with Time, Cost and Quality Considerations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60(5): 631-641.
- SEIDL, M., SCHOLZ, M. HUEMER, C. and KAPPEL, G. 2014. An Introduction to Object-Oriented Modeling. Springer, İngiltere, 215 s.
- SOBEK, D.K., WARD, A.C. and LIKER, J.K. 1999. Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering. *Sloan Management Review*, 40(2): 67-83.
- SÖNMEZ, R. and BETTEMİR, Ö.H. 2012. A Hybrid Genetic Algorithm for the Discrete Time-Cost Trade-off Problem. *Expert Systems with Application*, 39(1): 11428-11434.
- STROUSTRUP, B. 1997. The C++ Programming Language. Addison-Wesley Professional, A.B.D., 923 s.
- TANG, S.L., AHMED, S.M., AOIEONG, R.T. and POON, S.W. 2005. Construction Quality Management. Hong Kong University Press, Hong Kong, 2009 s.
- TAREGHIAN, H.R. and TAHERI, S.H. 2006. On the Discrete Time, Cost and Quality Trade-off Problem. *Applied Mathematics and Computation*, 181(2): 1305-1312.
- TAREGHIAN, H.R. and TAHERI, S.H. 2007. A Solution Procedure for the Discrete Time, Cost and Quality Tradeoff Problem Using Electromagnetic Scatter Search. *Applied Mathematics and Computation*, 190(2): 1136-1145.
- TAVANA, M. ABTAHI, A.R. and DAMGHANI, K.K. 2014. A New Multi-Objective Multi-Mode Model for Solving Preemptive Time-Cost-Quality Trade-off Project Scheduling Problems. *Expert Systems with Applications*, 41(1): 1830-1846.
- THE CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE, <https://kb.construction-institute.org/knowledge-areas/design-planning-optimization/topics/rt-34#presentation255> [Son erişim tarihi: 20.10.2016]
- THE CONSTRUCTION MANAGEMENT COMMITTEE OF THE ASCE CONSTRUCTION DIVISION. 1991. Constructability and Constructability Programs: White Paper. *J. Constr. Eng. Manage.*, 1(67): 67-89.
- TRAN, D.H., CHENG, M.Y. and CAO, M.T. 2015. Hybrid Multiple Objective Artificial Bee Colony with Differential Evolution for the Time-Cost-Quality Tradeoff Problem. *Knowledge-Based Systems*, 74(1): 176-186.

- WONG, F.W.H., LAM, P.T.I., CHAN, E.H.W. and SHEN, L.Y. 2006. A Study of Measures to Improve Constructability. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24(6):586 – 601.
- YANG, Y., WANG, S., DULAIMI, M. and LOW, S. 2003. A Fuzzy Quality Function Deployment System for Buildable Design Decision-Makings. *Automation in Construction*, 12 (4): 381-393.
- YÜCE, Y.K. 2015. Veri Tabanı Sistemleri ve Yönetimi Ders Notları. Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Antalya.
- ZHANG, L., DU, J. and ZHANG, S. 2014. Solution to the Time-Cost-Quality Trade-off Problem in Construction Projects Based on Immune Genetic Particle Swarm Optimization. *Journal of Management in Engineering*, 30(2): 163-17



## 7. EKLER

### 7.1. Proje Süreçleri ve her süreçte gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler

#### 1. Başlangıç süreci:

1. Proje başlatma belgesinin geliştirilmesi
2. Paydaşların belirlenmesi

#### 2. Planlama Süreci:

1. Proje yönetimi planının geliştirilmesi
2. Gereksinimlerin toplanması
3. Kapsamın tanımlanması
4. İş kırılım yapısının oluşturulması
5. Aktivitelerin tanımlanması
6. Aktivitelerin sıralanması
7. Aktivite kaynaklarının tahmin edilmesi
8. Aktivite sürelerinin tahmin edilmesi
9. Zaman çizelgesinin geliştirilmesi
10. Maliyetlerin tahmin edilmesi
11. Bütçenin belirlenmesi
12. Kalitenin planlanması
13. İnsan kaynakları planının geliştirilmesi
14. İletişimin planlanması
15. Risk yönetiminin planlanması
16. Risklerin tanımlanması
17. Niteliksel risk analizinin yapılması
18. Niceliksel risk analizinin yapılması
19. Risk yanıtlarının planlanması
20. Tedariklerin planlanması

#### 3. Yürütme süreci:

1. Projenin yürütülmesinin yönlendirilmesi ve yönetilmesi
2. Kalite güvencesinin sağlanması
3. Proje ekibinin oluşturulması
4. Proje ekibinin geliştirilmesi
5. Proje ekibinin yönetilmesi
6. Bilgilerin dağıtılması
7. Paydaş beklentilerinin yönetilmesi
8. Tedariklerin yürütülmesi

#### 4. İzleme ve kontrol süreci:

1. Proje çalışanlarının izlenmesi ve kontrol edilmesi
2. Entegre değişiklik kontrolünün gerçekleştirilmesi
3. Kapsamın doğrulanması
4. Kapsamın kontrol edilmesi

5. Zaman çizelgesinin kontrol edilmesi
6. Maliyetlerin kontrol edilmesi
7. Kalite kontrolünün gerçekleştirilmesi
8. Performansın raporlanması
9. Risklerin izlenmesi ve kontrol edilmesi
10. Tedarik işlerinin idaresi

**5. Kapanış süreci:**

1. Proje ya da fazın kapatılması
2. Tedariklerin kapanışı

**7.2. Faaliyetler için belirlenmiş olan kısaltmalar**

<b>Faaliyet Adı</b>	<b>Kısaltma</b>
Kazı isleri	P1
Kalıp demir ve beton işleriA	A1
BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	A2
BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiA	A3
Gazbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	A4
Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiA	A5
Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	A6
Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	A7
Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	A8
BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	A9
Alçımatik ile iç sıva işleriA	A10
Dış Sıva işleriA	A11
İç cephe boya işleriA	A12
İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriA	A13
Dış cephe boya işleriA	A14
Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	A15
Banyo ve WC seramik işleriA	A16
Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	A17
Diğer zeminlerin seramik işleriA	A18
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	A19
Alüminyum asma tavan işleriA	A20
Alçıpan asma tavan işleriA	A21

<b>Faaliyet Adı</b>	<b>Kısaltma</b>
PVC asma tavan işleriA	A22
PVC pencere takılması işleriA	A23
Ahşap pencere takılması işleriA	A24
Panel kapı takılması işleriA	A25
Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	A26
Gazbeton çatı işleriA	A27
Kartonpiyer işleriA	A28
Şap işleriA	A29
Asansör takılması işleriA	A30
Kalıp demir ve beton işleriB	B1
BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	B2
BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiB	B3
Gazbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	B4
Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiB	B5
Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	B6
Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	B7
Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	B8
BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriB	B9
Alçımatic ile iç sıva işleriB	B10
Dış Sıva işleriB	B11
İç cephe boya işleriB	B12
İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriB	B13
Dış cephe boya işleriB	B14

<b>Faaliyet Adı</b>	<b>Kısaltma</b>
Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	B15
Banyo ve WC seramik işleriB	B16
Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	B17
Diğer zeminlerin seramik işleriB	B18
Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	B19
Alüminyum asma tavan işleriB	B20
Alçıpan asma tavan işleriB	B21
PVC asma tavan işleriB	B22
PVC pencere takılması işleriB	B23
Ahşap pencere takılması işleriB	B24
Panel kapı takılması işleriB	B25
Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	B26
Gazbeton çatı işleriB	B27
Kartonpiyer işleriB	B28
Şap işleriB	B29
Asansör takılması işleriB	B30
Sonlama Faaliyetleri	P2
Çevre düzenlemesi	P3

### 7.3. Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan faaliyetler sayfası

Faaliyet Adı	Süresi	Maliyeti	Kullanım Ömrü	Değişim-Bakım Maliyeti	Malzemesi
P1	1	5.000,00 TL	50	0	N/A
A1	25	307.508,94 TL	50	0	KDA
A2	14	62.065,05 TL	50	0	BTA
A3	12	70.974,75 TL	50	0	BBA
A4	13	67.350,30 TL	50	0	GBTA
A5	9	85.169,70 TL	50	0	GGA
A6	10	120.000,00 TL	50	0	TBTA
A7	12	127.500,00 TL	50	0	GTA
A8	29	110.550,06 TL	50	0	TKSA
A9	26	95.810,05 TL	50	0	BGKSA
A10	11	122.833,40 TL	50	0	HSA
A11	7	36.867,60 TL	50	0	DSA
A12	5	27.679,30 TL	10	27.679,30 TL	IBA
A13	13	44.286,88 TL	25	44.286,88 TL	DKA
A14	4	14.823,36 TL	10	14.823,36 TL	DBA
A15	5	21.381,92 TL	25	21.381,92 TL	SA
A16	3	12.423,72 TL	25	12.423,72 TL	BSA
A17	2	16.666,80 TL	10	16.666,80 TL	DZLA
A18	3	12.500,10 TL	25	12.500,10 TL	DZSA
A19	2	16.628,40 TL	25	16.628,40 TL	MMA
A20	4	7.200,00 TL	10	2.880,00 TL	ASTA
A21	7	3.120,00 TL	10	1.248,00 TL	ALTA
A22	2	4.800,00 TL	10	1.920,00 TL	PTA
A23	3	62.640,00 TL	10	62.640,00 TL	PPA
A24	3	93.960,00 TL	10	10.000,00 TL	APA
A25	3	46.400,00 TL	25	46.400,00 TL	PKA
A26	20	53.250,00 TL	10	15.000,00 TL	CCA
A27	15	85.200,00 TL	10	10.000,00 TL	GCA
A28	4	10.659,54 TL	25	10.659,54 TL	KA
A29	6	30.770,60 TL	50	0	SAPA
A30	5	30.000,00 TL	1	840,00 TL	ASA
B1	20	253.053,20 TL	50	0	KDB
B2	13	58.627,75 TL	50	0	BTB
B3	11	67.196,25 TL	50	0	BBB
B4	12	63.498,50 TL	50	0	GBTB
B5	9	80.635,50 TL	50	0	GGB
B6	10	112.000,00 TL	50	0	TBTB
B7	12	119.000,00 TL	50	0	GTB
B8	25	92.124,36 TL	50	0	TKSB
B9	22	79.841,11 TL	50	0	BGKSB
B10	9	102.360,40 TL	50	0	HSB
B11	7	36.867,60 TL	50	0	DSB
B12	5	25.590,10 TL	10	25.590,10 TL	IBB
B13	11	40.944,16 TL	25	40.944,16 TL	DKB
B14	4	14.823,36 TL	10	16.823,36 TL	DBB
B15	3	14.148,59 TL	25	14.148,59 TL	SB
B16	3	12.423,72 TL	25	12.423,72 TL	BSB
B17	2	16.666,80 TL	10	16.666,80 TL	DZLB
B18	3	12.500,10 TL	25	12.500,10 TL	DZSB
B19	2	16.230,00 TL	25	16.230,00 TL	MMB
B20	3	6.728,40 TL	10	2.691,36 TL	ASTB
B21	6	2.915,64 TL	10	1.166,26 TL	ALTB
B22	2	4.485,60 TL	10	1.794,24 TL	PTB
B23	3	61.732,50 TL	10	61.732,50 TL	PPB
B24	3	92.598,76 TL	10	10.000,00 TL	APB
B25	3	46.400,00 TL	25	46.400,00 TL	PKB
B26	20	53.250,00 TL	10	15.000,00 TL	CCB
B27	15	85.200,00 TL	10	10.000,00 TL	GCB
B28	4	9.231,00 TL	25	9.231,00 TL	KB
B29	5	24.813,74 TL	50	0	SAPB
B30	5	30.000,00 TL	1	840,00 TL	ASB
P2	10	84.000,00 TL	50	0	SF
P3	10	40.000,00 TL	1	5000	CD

#### 7.4. Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan bağımlılıklar sayfası

Faaliyet	Bağımlı Faaliyet
P1	A1
A1	A2 A26 B1
A2	A6 B2
A6	A8 B6
A8	A11 A29
A11	B8
A29	A23 A16 B29
A23	A15 A17 A19 B23
A16	A15 A20
A15	A25 B16 A28
A17	A25 B17 A28
A19	B19 A30
A20	B20
A25	A12 B25
A28	A12 B28
A12	A14
A14	B12
A26	B26
A30	B30
B1	B2 B26
B2	B6
B6	B8
B8	B11 B29
B11	B14
B29	B23 B16
B23	B15 B17 B19
B16	B15 B20
B15	B25 B28
B17	B25 B28
B19	B30
B20	P2
B25	B12
B28	B12
B12	B14
B14	P2
B26	P2
B30	P2
P2	P3

**7.5. Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan alternatif sayfası**

<b>Faaliyet</b>	<b>Alternatiflik</b>			
A2	A3	A4	A5	
A6	A7			
A8	A9	A10		
A12	A13			
A17	A18			
A20	A21	A22		
A23	A24			
A26	A27			
B2	B3	B4	B5	
B6	B7			
B8	B9	B10		
B12	B13			
B17	B18			
B20	B21	B22		
B23	B24			
B26	B27			



**7.6. Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan faaliyet uyumluluğu sayfası**

<b>Faaliyet</b>	<b>Uyumluluk Araması Gereken Faaliyet</b>
A6	A2
A8	A2 A6
B2	A2
B6	A6
B8	A8
B12	A12
B17	A17
B20	A20
B23	A23
B26	A26

**7.7. Yazılımda işlenmek üzere örnek proje için hazırlanmış olan uyumluluk sayfası**

<b>Malzemesi</b>	<b>Malzemesi ile Uyumlu</b>		
TBTA	BTA	BBA	GBTA
GTA	GGA		
TKSA	BTA	GBTA	TBTA
BGKSA	BBA	GGA	TBTA GTA
HSA	BTA	BBA	GBTA GGA TBTA GTA
BTB	BTA		
BBB	BBA		
GBTB	GBTA		
GGB	GGA		
TBTB	TBTA		
GTB	GTA		
TKSB	TKSA		
BGKSB	BGKSA		
HSB	HSA		
DZLB	DZLA		
DZSB	DZSA		
ASTB	ASTA		
ALTB	ALTA		
PTB	PTA		
PPB	PPA		
APB	APA		
CCB	CCA		
GCB	GCA		
IBB	IBA		
DKB	DKA		

## 7.8. Özel en kaliteli şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	<b>Öznel En Kaliteli Şebeke</b>	<b>128 gün</b>	<b>₺2.177.506,09</b>
2	Kazı işleri	1 gün	₺5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	₺307.508,94
4	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiA	9 gün	₺85.169,70
5	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	12 gün	₺127.500,00
6	Alçımatak ile iç sıva işleriA	11 gün	₺122.833,40
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	₺36.867,60
8	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriA	13 gün	₺44.286,88
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	₺14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	₺21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	₺12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	₺16.666,80
13	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	₺16.628,40
14	Alüminyum asma tavan işleriA	4 gün	₺7.200,00
15	Ahşap pencere takılması işleriA	3 gün	₺93.960,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	₺46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	₺53.250,00
18	Kartonpiyer işleriA	4 gün	₺10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	₺30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	₺30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	₺253.053,20
22	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiB	9 gün	₺80.635,50
23	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	12 gün	₺119.000,00
24	Alçımatak ile iç sıva işleriB	9 gün	₺102.360,40
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	₺36.867,60
26	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriB	11 gün	₺40.944,16
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	₺14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	₺14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	₺12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	₺16.666,80
31	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	₺16.230,00
32	Alüminyum asma tavan işleriB	3 gün	₺6.728,40
33	Ahşap pencere takılması işleriB	3 gün	₺92.598,76
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	₺46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	₺53.250,00
36	Kartonpiyer işleriB	4 gün	₺9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	₺24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	₺30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	₺84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	₺40.000,00

Sayfa 1

### 7.9. Nesnel en kaliteli şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	<b>Nesnel En Kaliteli Şebeke</b>	<b>128 gün</b>	<b>₺2.161.279,93</b>
2	Kazı işleri	1 gün	₺5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	₺307.508,94
4	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiA	9 gün	₺85.169,70
5	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	12 gün	₺127.500,00
6	Alçuamatik ile iç sıva işleriA	11 gün	₺122.833,40
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	₺36.867,60
8	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriA	13 gün	₺44.286,88
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	₺14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	₺21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	₺12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	₺12.500,10
13	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	₺16.628,40
14	Alçıpan asma tavan işleriA	7 gün	₺3.120,00
15	Ahşap pencere takılması işleriA	3 gün	₺93.960,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	₺46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çan işleriA	20 gün	₺53.250,00
18	Kartonpiyer işleriA	4 gün	₺10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	₺30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	₺30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	₺253.053,20
22	Gazbeton ile dış ve iç duvar örülmesiB	9 gün	₺80.635,50
23	Gazbeton üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	12 gün	₺119.000,00
24	Alçuamatik ile iç sıva işleriB	9 gün	₺102.360,40
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	₺36.867,60
26	İç cephe duvar kağıdı kaplaması işleriB	11 gün	₺40.944,16
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	₺14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	₺14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	₺12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	₺12.500,10
31	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	₺16.230,00
32	Alçıpan asma tavan işleriB	6 gün	₺2.915,64
33	Ahşap pencere takılması işleriB	3 gün	₺92.598,76
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	₺46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çan işleriB	20 gün	₺53.250,00
36	Kartonpiyer işleriB	4 gün	₺9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	₺24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	₺30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	₺84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	₺40.000,00

Sayfa 1

### 7.10. 1 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 1	155 gün	£2.001.226,41
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve suhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alüminyum asma tavan işleriA	4 gün	£7.200,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartonpiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve suhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alüminyum asma tavan işleriB	3 gün	£6.728,40
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartonpiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

### 7.11. 2 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 2	155 gün	£1.992.893,01
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç uva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alüminyum asma tavan işleriA	4 gün	£7.200,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopıyır işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç uva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alüminyum asma tavan işleriB	3 gün	£6.728,40
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopıyır işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

### 7.12. 3 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 3	155 gün	£1.993.333,65
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sähhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç suva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Suva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Akçapan asma tavan işleriA	7 gün	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopçiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sähhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç suva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Suva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Akçapan asma tavan işleriB	6 gün	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopçiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çetve düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

### 7.13. 4 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 4	155 gün	£1.996.583,61
2	Kanı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sahhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç suva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Suva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	PVC asma tavan işleriA	2 gün	£4.800,00
15	PVC pancare takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sahhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç suva işleriB	23 gün	£92.124,36
25	Dış Suva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	PVC asma tavan işleriB	2 gün	£4.485,60
33	PVC pancare takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00



### 7.14. 5 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 5	147 gün	£1.991.681,35
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalup demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiA	12 gün	£70.974,75
5	Harman Tuşla veya BİMS tüttü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	BİMS veya Gazbeton tüttü iç sıva işleriA	26 gün	£95.810,05
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alüminyum asma tavan işleriA	4 gün	£7.200,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopıyur işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalup demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiB	11 gün	£67.196,25
23	Harman Tuşla veya BİMS tüttü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	BİMS veya Gazbeton tüttü iç sıva işleriB	22 gün	£79.841,11
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alüminyum asma tavan işleriB	3 gün	£6.728,40
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopıyur işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

### 7.15. 6 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 6	155 gün	£1.985.000,25
2	Kamı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sbbhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	3 gün	£21.581,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdivan ve sahanlık mozaik kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Akçupan asma tavan işleriA	7 gün	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartonpiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sbbhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdivan ve sahanlık mozaik kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Akçupan asma tavan işleriB	6 gün	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartonpiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

### 7.16. 7 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 7	155 gün	£1.988.250,21
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS tüsti elektrik ve sbbhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla tüsti iç suva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Suva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	PVC asma tavan işleriA	2 gün	£4.800,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopiyer işleriA	4 gün	£10.639,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS tüsti elektrik ve sbbhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla tüsti iç suva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Suva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	PVC asma tavan işleriB	2 gün	£4.485,60
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

### 7.17. 8 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 8	147 gün	£1.983.347,95
2	Kası işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiA	12 gün	£70.974,75
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve su tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	BİMS veya Gazbeton üstü iç suva işleriA	26 gün	£95.810,05
7	Dış Suva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alüminyum asma tavan işleriA	4 gün	£7.200,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiB	11 gün	£67.196,25
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve su tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	BİMS veya Gazbeton üstü iç suva işleriB	22 gün	£79.841,11
25	Dış Suva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alüminyum asma tavan işleriB	3 gün	£6.728,40
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

### 7.18. 9 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 9	147 gün	£1.983.788,59
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiA	12 gün	£70.974,75
5	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	26 gün	£95.810,05
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alçıpan asma tavan işleriA	7 gün	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartoppyur işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiB	11 gün	£67.196,25
23	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriB	22 gün	£79.841,11
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdiven ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alçıpan asma tavan işleriB	6 gün	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartoppyur işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

**7.19. 10 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası**

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 10	147 gün	£1.987.038,55
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalup demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiA	12 gün	£70.974,75
5	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve suhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	26 gün	£95.810,05
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdiren ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	PVC asma tavan işleriA	2 gün	£4.800,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopiyar işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalup demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiB	11 gün	£67.196,25
23	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve suhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriB	22 gün	£79.841,11
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdiren ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	PVC asma tavan işleriB	2 gün	£4.485,60
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopiyar işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlemesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

## 7.20. 11 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 11	154 gün	£1.995.156,25
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	Garbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	13 gün	£67.350,30
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sähhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alçıpan asma tavan işleriA	7 gün	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopıyur işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Açanöde takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	Garbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	12 gün	£63.498,50
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sähhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç sıva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdiven ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alçıpan asma tavan işleriB	6 gün	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopıyur işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Açanöde takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

7.21. 12 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 12	154 gün	£1.998.406,21
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	Çerçöbeton ile dış Harman Tuşla ile iç duvar örölmesiA	13 gün	£67.350,30
5	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuşla üstü iç sıva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdivan ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	PVC asma tavan işleriA	2 gün	£4.800,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopiyar işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	Çerçöbeton ile dış Harman Tuşla ile iç duvar örölmesiB	12 gün	£63.498,50
23	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuşla üstü iç sıva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdivan ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	PVC asma tavan işleriB	2 gün	£4.485,60
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopiyar işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00



7.22. 13 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 13	122 gtn	£2.007.519,63
2	Kazı işleri	1 gtn	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gtn	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gtn	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS çatı elektrik ve sahhi tesisat işleriA	10 gtn	£120.000,00
6	Alçımantik ile iç sıva işleriA	11 gtn	£122.833,40
7	Dış Sıva işleriA	7 gtn	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gtn	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gtn	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gtn	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gtn	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gtn	£12.500,10
13	Merdiren ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gtn	£16.628,40
14	Alçıpan asma tavan işleriA	7 gtn	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gtn	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gtn	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gtn	£53.250,00
18	Kartopçiyer işleriA	4 gtn	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gtn	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gtn	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gtn	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gtn	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS çatı elektrik ve sahhi tesisat işleriB	10 gtn	£112.000,00
24	Alçımantik ile iç sıva işleriB	9 gtn	£102.360,40
25	Dış Sıva işleriB	7 gtn	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gtn	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gtn	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gtn	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gtn	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gtn	£12.500,10
31	Merdiren ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gtn	£16.230,00
32	Alçıpan asma tavan işleriB	6 gtn	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gtn	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gtn	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gtn	£53.250,00
36	Kartopçiyer işleriB	4 gtn	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gtn	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gtn	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gtn	£84.000,00
40	Cevre düzenlemesi	10 gtn	£40.000,00

Sayfa 1

7.23. 14 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 14	122 gün	£2.010.769,59
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalup demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiA	14 gün	£62.065,05
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sähhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Akümüatik ile iç suva işleriA	11 gün	£122.833,40
7	Dış Suva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	PVC asma tavan işleriA	2 gün	£4.800,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopçiyar işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalup demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örtülmesiB	13 gün	£58.627,75
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sähhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Akümüatik ile iç suva işleriB	9 gün	£102.360,40
25	Dış Suva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	PVC asma tavan işleriB	2 gün	£4.485,60
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopçiyar işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Cetve düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

7.24. 15 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 15	147 gün	£1.975.455,19
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiA	12 gün	£70.974,75
5	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	26 gün	£95.810,05
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alçıpan asma tavan işleriA	7 gün	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartoplyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış ve iç duvar örtülmesiB	11 gün	£67.196,25
23	Harman Tuşla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriB	22 gün	£79.841,11
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alçıpan asma tavan işleriB	6 gün	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartoplyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

7.25. 16 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 16	147 gün	£1.978.705,15
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiA	12 gün	£70.974,75
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriA	26 gün	£95.810,05
7	Dış Sıva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin seramik işleriA	3 gün	£12.500,10
13	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	PVC asma tavan işleriA	2 gün	£4.800,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartonpiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	BİMS ile dış ve iç duvar örülmesiB	11 gün	£67.196,25
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sıhhi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	BİMS veya Gazbeton üstü iç sıva işleriB	22 gün	£79.841,11
25	Dış Sıva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin seramik işleriB	3 gün	£12.500,10
31	Merdivan ve sahanlık marmar kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	PVC asma tavan işleriB	2 gün	£4.485,60
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartonpiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

Sayfa 1

## 7.26. 17 Numaralı şebekenin Microsoft Office Project yazılımında hazırlanmış olan görev sayfası

Proje1			
Kimlik	Görev Adı	Süre	Maliyet
1	Şebeke 17	154 gün	£2.003.489,65
2	Kazı işleri	1 gün	£5.000,00
3	Kalıp demir ve beton işleriA	25 gün	£307.508,94
4	Garbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiA	13 gün	£67.350,30
5	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sathi tesisat işleriA	10 gün	£120.000,00
6	Harman Tuğla üstü iç suva işleriA	29 gün	£110.550,06
7	Dış Suva işleriA	7 gün	£36.867,60
8	İç cephe boya işleriA	5 gün	£27.679,30
9	Dış cephe boya işleriA	4 gün	£14.823,36
10	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriA	5 gün	£21.381,92
11	Banyo ve WC seramik işleriA	3 gün	£12.423,72
12	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriA	2 gün	£16.666,80
13	Merdivan ve sahanlık mermer kaplaması işleriA	2 gün	£16.628,40
14	Alçıpan asma tavan işleriA	7 gün	£3.120,00
15	PVC pencere takılması işleriA	3 gün	£62.640,00
16	Panel kapı takılması işleriA	3 gün	£46.400,00
17	Çelik konstrüksiyon çatı işleriA	20 gün	£53.250,00
18	Kartopçiyer işleriA	4 gün	£10.659,54
19	Şap işleriA	6 gün	£30.770,60
20	Asansör takılması işleriA	5 gün	£30.000,00
21	Kalıp demir ve beton işleriB	20 gün	£253.053,20
22	Garbeton ile dış Harman Tuğla ile iç duvar örülmesiB	12 gün	£63.498,50
23	Harman Tuğla veya BİMS üstü elektrik ve sathi tesisat işleriB	10 gün	£112.000,00
24	Harman Tuğla üstü iç suva işleriB	25 gün	£92.124,36
25	Dış Suva işleriB	7 gün	£36.867,60
26	İç cephe boya işleriB	5 gün	£25.590,10
27	Dış cephe boya işleriB	4 gün	£14.823,36
28	Mutfak Hol ve Balkon zemin seramik işleriB	3 gün	£14.148,59
29	Banyo ve WC seramik işleriB	3 gün	£12.423,72
30	Diğer zeminlerin laminant kaplaması işleriB	2 gün	£16.666,80
31	Merdivan ve sahanlık mermer kaplaması işleriB	2 gün	£16.230,00
32	Alçıpan asma tavan işleriB	6 gün	£2.915,64
33	PVC pencere takılması işleriB	3 gün	£61.732,50
34	Panel kapı takılması işleriB	3 gün	£46.400,00
35	Çelik konstrüksiyon çatı işleriB	20 gün	£53.250,00
36	Kartopçiyer işleriB	4 gün	£9.231,00
37	Şap işleriB	5 gün	£24.813,74
38	Asansör takılması işleriB	5 gün	£30.000,00
39	Sonlama Faaliyetleri	10 gün	£84.000,00
40	Çevre düzenlenmesi	10 gün	£40.000,00

**ÖZGEÇMİŞ**

Bayram ER 1979 yılında Almanya'nın Ludwigshafen şehrinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Alanya'da tamamladı. 1999 yılında girdiği Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2004 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Ekim 2006 – Mart 2009 yılları arasında, Darmstadt Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesi Yapım Yönetimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimini tamamladı. Eylül 2010 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu Doktora eğitimini Kasım 2016 yılında tamamladı.