

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**AHP-TOPSIS HİBRİT ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİĞİYLE
EN UYGUN GÜÇLENDİRME ALTERNATİFİNİN SEÇİMİNE İLİŞKİN BİR
ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba YAVUZ

1800000693

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Program: Proje Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL

HAZİRAN 2022

T.C.

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AHP-TOPSIS HİBRİT ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİĞİYLE
EN UYGUN GÜÇLENDİRME ALTERNATİFİNİN SEÇİMİNE İLİŞKİN BİR
ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba YAVUZ

1800000693

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Program: Proje Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL

Jüri Üyeleri: Dr. Öğr. Üyesi Edip SEÇKİN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma KUTLU GÜNDOĞDU

HAZİRAN 2022

ÖNSÖZ

Depremler, yerkürede büyük maddi hasarlara neden olmaktadır. Deprem kuvveti etkisinde taşıyıcı elemanların kuvvet kapasitelerini kaybetmesiyle birlikte yapıların yıkılması ekonomik kayıplara ve can kayıplarına neden olmaktadır. Tüm yapı stoğunu yıkıp yeniden inşa etmenin ekonomik bir çözüm olmadığı birçok çalışmada ortaya konmuştur. Bu durum karşısında deprem güvenilirliğini kaybetmiş yapıların, kullanım amaçlarına göre güçlendirilmesi efektif bir çözüm olarak tercih edilebilmektedir. Bu çalışma içerisinde, deprem performansını kaybetmiş betonarme yapıların; statik analizleri yapılmıştır. Yapılan statik analizlere istinaden kullanıcılar ve karar vericiler için önemli olan kriterler doğrultusunda alternatif güçlendirme yöntemlerinden en efektif çözüm elde edilmiştir. Üzerinde çalışmış olduğumuz konuya ilişkin daha sonraları yapılacak olan çalışmalara zemin hazırlaması hedeflenmiştir.

Yükseköğrenim hayatımca ve tez çalışmamın başından sonuna kadar vermiş olduğu emekleri ve bu tezin var olmasına sağlamış olduğu katkılarından ve desteklerinden dolayı çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Mehmet N. UĞURAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama sağladığı katkılardan dolayı değerli meslektaşlarım Sayın Nalan ŞİK'a , Sayın Mehmet PİLGİR'e ve Sayın Güllü DEĞİRMENCİ'ye de çok teşekkür ederim. Ayrıca varoluşumdan bugüne kadar her zaman bana olan inançlarını ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme şükranlarımı sunmak isterim.

Haziran, 2022

Tuğba YAVUZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
GİRİŞ	1
1. PROJE YÖNETİMİ ve PLANLAMA.....	5
1.1. Proje Kavramı ve Özellikleri	5
1.2. Proje Yönetimi Kavramı ve Yönetim Fonksiyonları	6
1.2.1. Proje Yönetim Fonksiyonları	6
1.2.2. Proje Programlama-Planlama ve Kontrol Kavramları	8
1.2.3. Proje Planlama ve Teknikleri (Klasik Metotlar)	8
1.2.3.1. Şebeke Çizim Teknikleri.....	8
1.2.3.2 Proje Planlama Teknikleri.....	9
1.3. Proje Seçim Kriterleri	12
1.3.1. Proje Seçim Modellerinin Yapısı	13
1.3.1.1. Nitel modeller.....	13
1.3.1.2. Nicel modeller	14
1.4. Proje Maliyeti.....	14
2. KARAR TEORİSİ ve ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	16
2.1. Karar Verme ve Karar Vermenin Ögeleri.....	16
2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	17
2.2.1. Analitik Ağ Süreci.....	18
2.2.2. Electre Yöntemi	18
2.2.3. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi	20
2.2.3.1. AHP' nin Teorik Aksiyomları.....	21
2.2.3.2. AHP' nin Uygulama Alanları.....	22
2.2.3.3. AHP' nin Uygulama Adımları	22

2.2.4. TOPSIS Yöntemi	27
2.2.4.1. TOPSIS Yönteminin Uygulama Alanları	27
2.2.4.2. TOPSIS Yönteminin Adımları	28
2.2.5. AHP ve TOPSIS Metodunun Birlikte Kullanıldığı Alanlar	29
3. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ ve UYGULAMA TEKNİKLERİ	31
3.1. Güçlendirme Kavramı ve Özellikleri	31
3.2. Güçlendirme Yöntemleri	31
3.3. Güçlendirme Uygulama Teknikleri	32
3.3.1. Kolon Güçlendirme	34
3.3.2. Kiriş Güçlendirme	35
3.3.3. Perde Güçlendirme	36
3.4. Deprem Performans Analiz Yöntemleri	36
3.5. Güçlendirme Projelerinde Deprem Performansının- Süresinin- Maliyetinin Saptanması	37
3.5.1. Güçlendirme Projelerinde Deprem Performansının Saptanması	37
3.5.2. Güçlendirme Projelerinde Sürenin Tanımı ve Önemi	37
3.5.3. Güçlendirme Projelerinde Maliyetin Tanımı ve Önemi	38
3.6. Güçlendirme Tekniklerinin Uygulanabilirlikleri	38
4. AHP ve TOPSIS YÖNTEMİ İLE EN UYGUN GÜÇLENDİRME ALTERNATİF SEÇİMİ İLE İLİŞKİN UYGULAMA	40
4.1. Uygulama Projesine Ait Bilgiler	41
4.2. Uygulama Güçlendirme Proje Alternatiflerinin Süresinin Hesaplanması	47
4.3. Güçlendirme Alternatiflerinin Proje Maliyetlerinin Hesaplanması	522
4.4. Güçlendirme Projeleri için Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması	53
4.4.1. Proje Seçim Kriterleri Belirleme Süreci	53
4.4.2. Kriterlere Ait Literatür Taraması	55
4.5. TOPSIS Yöntemi ile Güçlendirme Alternatifinin Seçimi	58
4.5.1. Karar Matrisinin oluşturulması	59
4.5.2. Normalize edilmiş karar matrisi	60
4.5.3. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi	60
4.5.4. Pozitif ve ideal- negatif çözümlerin belirlenmesi	61

4.5.5. Yakınlık hesaplamaları	62
5. ALTERNATİF SENARYO ÇALIŞMALARI.....	63
5.1. Ağırlıklar Eşit Öneme Sahip Olduğunda	63
5.2. Proje Maliyeti En Önemli Olduğunda.....	64
5.3. Uygulama Süreleri En Önemli Olduğunda	65
5.4. Alan Kayıpları En Önemli Olduğunda.....	67
5.5. Uygulanabilirlik En Önemli Öneme Sahip Olduğunda	68
6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME.....	70
KAYNAKÇA	73
EKLER.....	79
Ek 1: Şirket 1' e ait ikili karşılaştırma değerleri	79
EK 2: Şirket 2' ye ait ikili karşılaştırma değerleri	79
EK 3: Şirket 3' e ait ikili karşılaştırma değerleri	79
EK 4: Şirket 4' e ait ikili karşılaştırma değerleri	79
EK 5: Şirket 5' ye ait ikili karşılaştırma değerleri	80
EK 6: Şirket 1 e ait değerlerin tutarlılık hesapları.....	81
EK 7: Şirket 2 e ait değerlerin tutarlılık hesapları.....	82
EK 8: Şirket 3 e ait değerlerin tutarlılık hesapları.....	83
EK 9: Şirket 4 e ait değerlerin tutarlılık hesapları.....	84
EK 10: Şirket 5 e ait değerlerin tutarlılık hesapları.....	85
EK 11: Örnek Uygulamaya Dair Metraj ve Birim Fiyatlar.....	86

SİMGELER LİSTESİ

A-	:Negatif İdeal Çözüm
A*	:İdeal Çözüm
A_{ij}	:Karar Matrisi
C_i*	:İdeal Çözüme Göreli Yakınlık
N_{ij}	:Standart Karar Matrisi
Si-	:Negatif İdeal Ayırım Ölçüsü
S_i*	:İdeal Ayırım Ölçüsü
V_{ij}	:Ağırlıklı Standart Karar Matrisi
W_i	:Görelî Ağırlık Değerleri
λ_{max}	: Maximum Lamda



KISALTMALAR LİSTESİ

ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AOA	: Activitiy on Arc
AON	: Activity on Node
CFRP	: Karbon Fiber sargı
CPM	: Kritik Yol Metodu
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DP	: Deprem Performansı
LP	: Lifli Polimer
M2	: Metrekare
MCDA	: Çok Kriterli Karar Verme (Öulticriteria Decision Aid)
MCDM	: Çok Kriterli Karar Alma (multicriteria Decision Making)
PERT	: Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Project Evaluation and Review Rechnique)
RYTEİE	: Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TOPSIS	: Technique for order Preference by Similarity
WBS	: İş Kırılım (Work-breakdown Structure)
SWOT	: Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Therats)

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1: Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemin Uygulama Alanları	22
Tablo 2.2: AHP Önem Ölçeği	24
Tablo 2.3: İkili Karşılaştırma Matrisine Bir Örnek.....	25
Tablo 2.4: Tutarlılık İndeksi.....	26
Tablo 2.5: TOPSIS Yönteminin Uygulama Alanları	27
Tablo 2.6: AHP ve TOPSİS Yöntemleri ile Yapılan Bazı Çalışmalar.....	30
Tablo 4.1: Sta4CAD kullanılan veriler	41
Tablo 4.2: Alternatif güçlendirme yöntemlerine ait genel yapım işleri	47
Tablo 4.3: Alternatif güçlendirme yöntemlerine ait iş kalemleri.....	47
Tablo 4.4: Güçlendirme Proje Alternatiflerinin Metrajları	52
Tablo 4.5: Piyasalardan alınan güncel imalat fiyatlarının metrajlar ile çarpımı	52
Tablo 4.6: İkili Karşılaştırma Matrisi.....	57
Tablo 4.7: İki Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu	57
Tablo 4.8: Normalize Matrisi.....	57
Tablo 4.9: Ağırlıkları ve normalize matrisi.....	58
Tablo 4.10: Karar Matrisi.....	60
Tablo 4.11: Normalleştirilmiş Karar Matrisi	60
Tablo 4.12: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.....	60
Tablo 4.13: S_{ij}^* Matrisi Tablosu	61
Tablo 4.14: S_{ij} - Matrisi Tablosu.....	61
Tablo 4.15: C_i^* Matrisi Tablosu.....	62
Tablo 5.1: Karar Matrisi.....	63
Tablo 5.2: Normalize edilmiş karar matrisi	63
Tablo 5.3: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi.....	63
Tablo 5.4: Pozitif ve ideal-negatif çözümlerin belirlenmesi	64
Tablo 5.5: Karar Matrisi.....	64
Tablo 5.6: Normalize edilmiş Karar matrisi.....	64
Tablo 5.7: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi.....	65
Tablo 5.8: Pozitif ve İdeal-negatif çözümlerin belirlenmesi.....	65
Tablo 5.9: Karar matrisi	65
Tablo 5.10: Normalize edilmiş karar matrisi	66
Tablo 5.11: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi.....	66
Tablo 5.12: Pozitif ve İdeal-negatif çözümlerin belirlenmesi.....	66
Tablo 5.13: Karar matrisi	67
Tablo 5.14: Normalleştirilmiş Karar Matrisi	67
Tablo 5.15: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi.....	67
Tablo 5.16: Pozitif ve İdeal-Negatif Çözümlerin Belirlenmesi	68
Tablo 5.17: Karar Matrisi.....	68
Tablo 5.18: Normalize Edilmiş Karar Matrisi	68
Tablo 5.19: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi.....	69
Tablo 5.20: Pozitif ve ideal Negatif Çözümlerin Belirlenmesi.....	69
Tablo 5.21: Önem Durumlarına Göre Alternatif Güçlendirme Seçimleri	69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 0.1: Araştırma Metodolojisi.....	4
Şekil 1.1: PUKO Döngüsü.....	8
Şekil 1.2: Gantt diyagramı.....	10
Şekil 1.3: Şebeke Çizimi	11
Şekil 1.4: Örnek PERT süre atamaları.....	12
Şekil 1.5: Örnek PERT gösterimi	12
Şekil 2.1: AHP Modelinin genel Hiyerarşik Yapısı	23
Şekil 3.1: Kolonun Mantolama Tekniği ile Güçlendirilmesi	32
Şekil 3.2: Kolon Mantolama Uygulaması	33
Şekil 3.3: Çelik Sargı Uygulaması	33
Şekil 3.4: Perde Ekleme Uygulaması	34
Şekil 3.5: Kapsam Şeması	36
Şekil 4.1: Alternatif 1 Kalıp Planı	43
Şekil 4.2: Alternatif 2 Kalıp Planı	44
Şekil 4.3: Alternatif 3 Kalıp Planı	45
Şekil 4.4: Alternatif 4 Kalıp Planı	46
Şekil 4.5: Güçlendirme alternatifi 1 'e ait Gantt Diyagramı	48
Şekil 4.6: Güçlendirme alternatifi 2 'e ait Gantt Diyagramı	49
Şekil 4.7: Güçlendirme alternatifi 3 'e ait Gantt Diyagramı	50
Şekil 4.8: Güçlendirme alternatifi 4 'e ait Gantt Diyagramı	51
Şekil 4.9: Proje Seçim Kriterlerinin Hiyerarşik Yapısı.....	59

Üniversite : İstanbul Kültür Üniversitesi
Enstitü : Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Programı : Proje Yönetimi
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Haziran 2022

ÖZET

BİR KONUT PROJESİ İÇİN AHP-TOPSIS HİBRİT ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİĞİ İLE EN UYGUN GÜÇLENDİRME ALTERNATİFİNİN SEÇİMİ

Tuğba YAVUZ

Bu çalışmada, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar adlı yönetmelikte bahsi geçen güçlendirme teknikleri; -inşaat sektöründe- uygulamada en çok tercih edilen ve literatürde üzerine en çok eser verilen tekniklerin, proje içerisinde bu teknikler birlikte kullanılarak güçlendirme alternatifleri oluşturulmuştur. Bu teknikler ayrı ayrı ve birlikte kullanılabilen güçlendirme teknikleridir. Tez kapsamında güçlendirme teknikleri 4 güçlendirme alternatifi olarak ele alınmıştır. Oluşturulan her alternatif güçlendirme yönteminin statik analizleri yapılmış, uygulama süreleri belirlenmiş ve maliyet analizleri yapılmıştır. Karar verici pozisyonunda bulunan yapı sahiplerinin ve/veya kullanıcının güçlendirme yöntemi tekniklerini hangi kriterler altında tercih ettiklerini inşaat sektöründe aktif faaliyet gösteren şirketler ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen bu bilgiler tez kapsamında kriter başlığı altında veri olarak kullanılmıştır. Bu kriterler sırasıyla: güçlendirme projesinin maliyeti, güçlendirme projesinin uygulama süresi, güçlendirme projesinden sonra oluşacak alan kayıpları ve seçilen tekniğin fiziksel olarak uygulanabilirliği başlıklarını kapsamaktadır. Aynı firmalardan, tespit edilen kriterler için; bu kriterler arasında ikili karşılaştırma yapımları istenmiştir. Kriterlerin değerlendirilip kullanıcının ve/veya karar vericinin optimal çözüme ulaşabilmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Technique for order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen değerler Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi kullanılarak ağırlıkları elde edilmiştir. Technique for order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi ile de mevcut kriterler arasından en optimal güçlendirme alternatif seçimi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, Çok kriterli Karar Verme, AHP, TOPSIS

University : İstanbul Kültür University
Institute : Institute Of Graduate Studies
Department : Civil Engineering
Programme : Project Management
Advisor : Assistant Prof. Dr. Mehmet N. UĞURAL
Thesis Type – Date : Masters Degree – June 2022

ABSTRACT

STRENGTHENING AND COST OPTIMIZATION IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Tuğba YAVUZ

In this study, the strengthening techniques mentioned in the 2018 Turkish Building Earthquake Regulation Principles for The Design of Buildings Under Earthquake Effect were preferred in the construction sector and the techniques that were most preferred in the literature were created. These techniques are strengthening techniques that can be used separately and together. Within the scope of the thesis, strengthening techniques are considered as 4 alternative strengthening combinations. Static analyses of each alternative strengthening method were made, application times were determined and cost analyses were made. As a result of the interviews with companies active in the construction sector, it was determined which criteria the building owners preferred strengthening technique alternatives. These criteria, respectively: the cost of the strengthening project, the implementation time of the strengthening project, the space losses that will occur after the strengthening project and the applicability of the selected technique. With these criteria identified, the same companies were asked to evaluate the criteria for priorities among themselves. Analytical Hierarchy Process and Technique for order of Preference by Similarity to Ideal Solution methods were used together in order to evaluate the criteria and reach the optimal solution of the user and/or decision maker. The values obtained as a result of this evaluation were obtained using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method was also selected as the most optimal alternative strengthening method under the existing criteria.

Keywords: Strengthening, Giving Decision Making, AHP, TOPSIS

GİRİŞ

Yerküreyi levhalar oluşturmaktadır. Magma dinamiği de levhaların hareket etmesine neden olur. Bu harekete levha tektoniği denmektedir. Levha tektonikleri de farklı şiddetlerde ve periyotlarda deprem kuvvetlerini meydana getirmektedir. Bu durumdan dolayı deprem kuvvetleri, gezegenimizin geçmişinden bugüne gelen gerçekliğidir. Deprem kuvvetleri yıkıcı etkilere sahip olması nedeniyle ciddi boyutlarda can ve mal kayıplarına sebebiyet vermektedir. Türkiye'nin depremselliğini etkileyen levhalar: Avrasya-Arap-Afrika levhalarıdır. Türkiye bu üç levhanın kesişiminde bulunduğundan yoğun bir deprem bölgesi haline gelmektedir. İnşa edilecek tüm yapılar için deprem kuvvetinin yıkıcılığını görmezden gelmek mümkün değildir. Bilindiği üzere yaşam alanları; ticaret bölgeleri ve endüstriyel alanlar göz önünde bulundurularak planlanır ve planlanan yapılaşmalar statik olarak projelendirilip inşa edilir. Bu konuyla ilgili 1940 yılında başlayan yönetmelik hazırlıkları 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar (TBDY, 2018) adı altında toplanmış ve yayınlanmıştır. Yeni yönetmelik: 'Eski yapılaşmaların deprem performansları nedir? Deprem etkisinde oluşabilecek hasarlar Türkiye ekonomisi için nasıl etkiler yaratır? Deprem güvenilirliğini kaybetmiş yapıların çevreye verebileceği zararlar nelerdir ve nasıl engellenebilir? vs.' gibi soruları tekrar sorgulamamızı sağlamıştır. Yönetmelikte yer alan, 'deprem etkisi altında mevcut bina sistemlerinin değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için özel kurallar' ve Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE, 2019) incelendiğinde; Türkiye yapı stok fazlalığını hızlı şekilde değerlendirip gerekli aksiyonların ele alınması mümkün olmadığı görülmektedir. Deprem güvenilirliğini kaybetmiş yapıların, sebep olabileceği ekonomik problemlerden dolayı hızlı şekilde deprem güvenilirliklerinin arttırılması zorunluluk haline gelmiştir (Karaman ve Erden, 2014).

Türkiye yapı stoğunda bulunan mevcut binaların deprem güvenilirlikleri, sınır değerlere sahip ya da sınır değerinin altında kalmaktadır (Çetinkaya, 2003). Bu değer aralığında kalan yapılar için, yapı sahibini ve/veya kat maliklerini bekleyen iki seçenek söz konusudur. Tercihlerden biri yapının onarımı ve güçlendirilmesi; diğer

tercihi ise yapının, yıkılıp yeniden inşa edilmesidir. Betonarme yapılar inşa edildiği andan, işlevsel ömrünü tamamlayacağı süreye kadar, yapısal özelliklerinden kaynaklı deprem kuvvetine karşı performans kayıplarına uğramaktadır. Deprem performansını kaybetmiş yapıların inşaat işlerine başlayabilmek için; yıkılıp yeniden inşa edilmesi yönünde veya güçlendirilmesi yönünde alınan kararlar doğrultusunda başlanır. Karar verici pozisyonundaki kişi için alınacak kararı etkileyen başlıklar genellikle; değişen imar durumları, taşıyıcı özelliğini kaybetmiş yapı elemanlarının minimal maliyetler ile çözüme ulaştırılabilecek teknik uygulamaların varlığı, meydana gelen alan kayıpları, alternatif çözüm yollarının olması, ayrıca mevcut betonarme yapının tarihi eser niteliği taşıdığı durumların olmasıdır. Yeniden inşa maliyetlerinin çok yüksek olduğu ve değişen imar durumlarının ciddi alan kayıpları oluşturuyor olması, yıkıp yeniden yapmak yerine güçlendirme yöntemini efektif bir çözüm metodu olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu durumların mevcudiyeti altında yapı sahipleri karar verme problemleri ile karşı karşıya kalmaktadırlar.

Literatür araştırması yaptığımızda pek çok statik çalışma, performans belirleme, güçlendirmeyi etkileyen faktörler, mantolama ve perde duvar ilavesi üzerine çalışılmış konu bulunmaktadır. Fakat deprem yönetmeliğinde yer alan güçlendirme alternatiflerini birlikte kullanan ve karar vericinin ihtiyaçlarını değerlendirip, güçlendirme alternatifleri arasında en optimal güçlendirme yöntemi sunan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada; öncelikli olarak Türkiye Deprem Yönetmeliği 9. Bölümde bahsi geçen güçlendirme yöntemleri incelenmiş, literatür taraması yapılmış ve inşaat sektöründe faaliyet gösteren firmalar ile görüşmeler gerçekleştirilip 4 güçlendirme alternatifi belirlenmiştir. Güçlendirme proje uygulayıcı firmalardan, yapı sahiplerinin ve/veya kullanıcının güçlendirme proje kararını vermesinde etkili olan kriterleri sıralamaları ve bu kriterleri kendi aralarında değerlendirmeleri istenmiştir. Bu kriter; güçlendirme projesinin uygulama süresi, proje maliyeti, proje alan kaybı ve seçilen metodun uygulanabilirliği olarak belirlenmiştir.

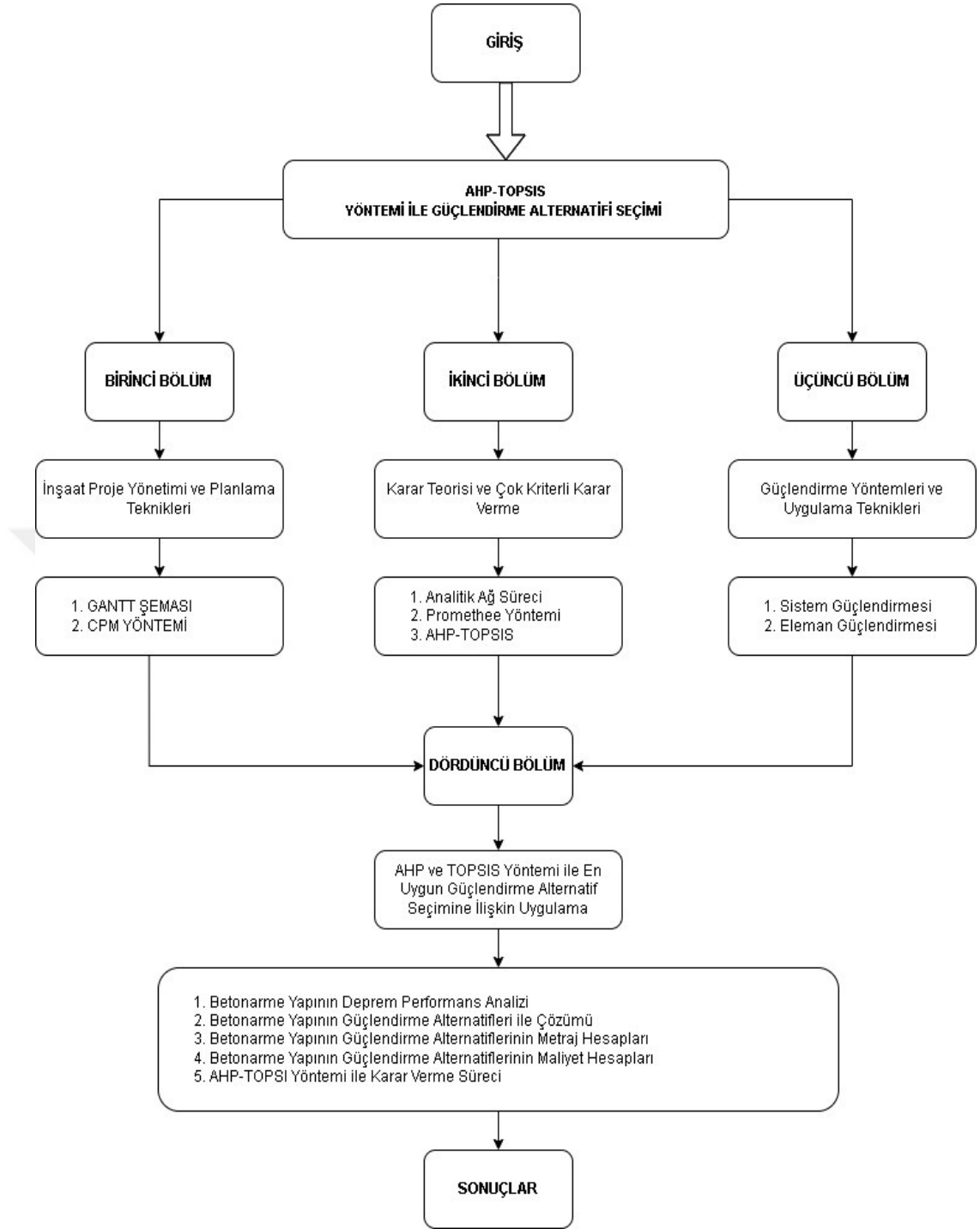
Bu değerleri karar problemi içinde sayısal değerlere dönüştürebilmek için: Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemi beraber kullanılmıştır. Kriterlerin ikili karşılaştırılmasıyla elde edilen sayısal değerleri AHP yöntemine entegre edebilmek için karşılaştırma matrisindeki her değer için geometrik ortalaması

alınarak, ağırlık matrisinin eleman değerleri elde edilmiştir. Bu ağırlık matrisi ile AHP yönteminden faydalanılarak kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Elde edilen kriterlerin ağırlık değerleri TOPSIS yöntemine değer olarak atanarak 4 güçlendirme alternatifi arasından hesaplanan ağırlıklar doğrultusunda, en optimal güçlendirme alternatifi çözüm olarak elde edilmiştir. Bu sayede kullanıcıların ve güçlendirme projesi uygulayıcılarının belirledikleri önem derecelerine göre optimal çözümlere en kısa sürede ulaşabilmeleri ve güçlendirme projelerinde metrekare maliyetlerine kolayca ulaşabilmeleri sağlanmış olacaktır.

Verileri oluşturan bilgiler ise; İstanbul ili Güngören ilçesinde bulunan zemin kat ve 3 normal katı bulunan betonarme yapı üzerinde incelenmiştir. Öncelikle yapı değerlerinin Sta4CAD programında performans analizi yapılarak deprem performansını kaybetmiş olduğu tespit edilmiştir. Teze konu olan 4 güçlendirme alternatifi, örnek olay projesi üzerinde işlenip, paket program yardımıyla statik çözümleri elde edilmiştir. Güçlendirme projesinin; maliyet hesabı: iş gücü ve malzeme sarfiyatı üzerinden hesaplanmıştır. Proje uygulama süresi adam/saat üzerinden belirlenmiştir ve alan kayıplarının metraj hesabı yapılarak teze kaynak oluşturulmuştur.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde araştırmaya duyulan ihtiyacın nedenleri, araştırmanın gerekliliğinden bahsedilmiştir. Birinci bölümde proje yöntemi ve planlama başlığıyla projenin ihtiyaç duyduğu süre, maliyet ilişkileri ve hesaplama yöntemleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde karar verme problemleri anlatılmış olup çok kriterli karar verme hakkında bilgiler ve literatür taramaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde deprem performansını kaybetmiş olan betonarme yapıların güçlendirme teknikleri hakkında bilgiler ve literatür taramalarından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise teorik bilgileri verilmiş olan yapının örnek olay çözümlemesi yapılmıştır. Beşinci bölümde alternatif senaryolar oluşturulmuş ve incelenmiştir. Son bölümde sonuçlar ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Çalışmaya ait metodolojik yapı Şekil 0.1' de verilmiştir.



Şekil 0.1: Araştırma Metodolojisi

1. PROJE YÖNETİMİ ve PLANLAMA

1.1. Proje Kavramı ve Özellikleri

İnsanlık tarihi ilk gününden bugüne kadar karşısına çıkan engelleri, problemleri çözebilmek için deneyimleri doğrultusunda çözümler oluşturmaya çalışmıştır. Problemlere karşı geliştirilen çözümler günümüze disiplin ve yöntemler olarak gelmiştir. Bu disiplinler ve yöntemler yardımıyla günümüzde karşılaşmış olduğumuz problemlere çözüm bulabilmemize zemin hazırlamıştır. Bu sayede karşılaşılan sorunlara efektif çözümler oluşturabilmiştir. Geçmişten bugüne aktarılan deneyimler, karşılaşılan sorunlara efektif çözümler sunmuştur. Değişen ve gelişen insanlık tarihi, ihtiyaçları doğrultusunda problemlere karşı farklı yaklaşımlar üretme imkânı bulmuştur. En büyük sıçrama ise sanayi devrimi ile ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan karmaşık projeleri basitleştirme ve kolaylaştırma temalarını içinde barındıran yaklaşımlar elde edilmiştir. Verimlilik ihtiyacının artışı doğrultusunda proje yönetim teknikleri ortaya çıkmıştır (Coşkun ve Ekmekçi, 2012).

Projeler, tek ve biricik yapıya sahiptirler. Bu özellik projelere öznel bir karakter getirmiştir. Her projenin bir amacı ve stratejisi vardır, buna istinaden ortaya konulan organizasyon stratejileri, kaynak yönetimi ve uygulama süreçlerinin dahil olduğu komplike yapıları oluşturmaktadır (Cleland, 1999).

Proje; başlangıç ve bitiş süreleri olan, belirlenen bütçe içerisinde o projenin amacına uygun şekilde hayata geçirilmesi için kendi iç dinamiğinde birbiriyle bağlantılı aktiviteler bütünüdür (Wysocki, 2007).

Projelerin kendi öz kaynakları doğrultusunda biricik yapıya sahip olduğu söylenebilir. Açıklamış olduğumuz tanımlara istinaden incelemeler yapıldığında belirli amaçlar doğrultusunda sonuçlar elde etmek için ortaya çıktığı, başlama süresi ve bitiş süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca belirli kısıt değerleri barındırdığını ve bu kısıt değerlerinin stratejik olarak ele alınması gerektiği de ortaya çıkmaktadır.

1.2. Proje Yönetimi Kavramı ve Yönetim Fonksiyonları

Proje yönetimi; projeyi etkileyen aktivitelerin planlanmasını, tecrübelerle dayalı tahminlerin oluşturulmasını, proje aktivitelerini ve proje kısıtlarını ortaya koyacak olan bütçeyi, hedeflenen proje amacı yönünde sonuca ulaştırmak için ortaya çıkmış olan irade tekniğidir (Wysocki, 2007).

Proje yönetimi: Proje amacı doğrultusunda iyi analiz edilmiş zaman ve bütçe içerisinde; proje amacının, proje stratejilerinin başarıya ulaştırılarak sonlandırılmayı hedefleyen yönetim şeklidir (Srivannaboon ve Milosevice, 2006).

Proje yönetimi kavramları incelendiğinde, genel hatlarıyla: Projenin kendi öz kaynak ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tecrübe, bilgi birikimi ve teknik desteklerle ortaya çıkmış olan uygulamalardır. Proje yönetimi başlığı ilerleyen bölümlerde veri olarak kullanmış olduğumuz bilgilerin kaynaklarını kapsamaktadır. Bu veri kaynakları; projenin başlangıç zamanından, projenin ifasına kadar geçen zaman zarfı içindeki uygulamaların planlanmasını ve yürütülmesi başlıklarını kapsamaktadır.

1.2.1. Proje Yönetim Fonksiyonları

Projelerde kullanılan kaynakların kısıtlılığı, organizasyon ihtiyaçlarını ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda proje planlamayı ve proje organizasyonunu yönetecek teknikler geliştirilmesine vesile olmuştur.

Peşkircioğlu (1989)'na göre proje yönetimi; projeyi tanımlayan aktivitelerin, bu aktivitelerin zaman, performans ve kaynak kriterleri ile sınır değerleri doğrultusunda projenin fizibilite sürecinde öngörülen hedefe varmak için gösterilen planlama, organizasyon, yönetim, kaynakların tahsisi, değerlendirme aksiyonlarının bütünleşik ifadesidir (Peşkircioğlu, 1989).

Projelerin genel özellikleri ise; tanımlanabilir bir amacının olması, başlangıç ve bitiş sürelerine ihtiyaç duyulması, farklı disiplinleri bir arada çalışmasına ihtiyaç duyulması, sınırlı kaynak yapısına sahip olmalarıdır. Proje yönetim fonksiyonlarını sınıflandırmamız gerekirse:

1- Planlama: Proje amacı doğrultusunda örgütlenen yapının istenilen doğrultuda amaç ve hedeflerinin tespit edildiği, bu amaca ulaşabilmek için gerekli

kaynakların, öngörüler ve hesaplarla ortaya konduğu sürece denir (Özköse, 2019).

- 2- Örgütlenme:** Projenin amacı için ortaya konan iradenin iç yapısında, bu amaçları yönetecek ve işi ifa edecek grupların hiyerarşik yapısını oluşturması gerekmektedir. Bu hiyerarşik yapının ve sorumluluklarının atanması olarak örgütlenme süreci tanımlanmaktadır. Örgüt içinde bulunan bireylerin işin ifasında uzmanlaşması ve iş verimliliğinin sağlanması beklenmektedir.

Bu aşamalar gerçekleştirildikten sonra projenin amacına, stratejisine ve hedeflenen kaynaklar doğrultusunda sonuçlanabilmesi için iş kırılım yapısına ihtiyaç duyulmaktadır.

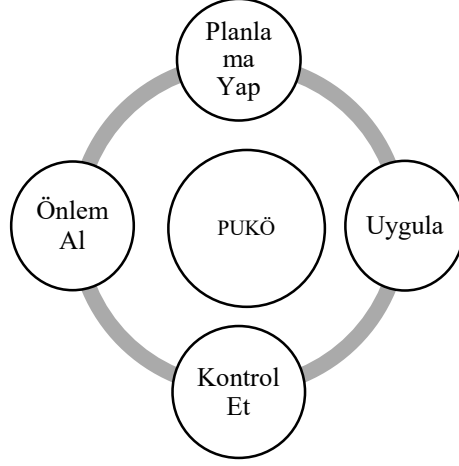
- **İş Kırılım Yapısı (WBS-Work Breakdown Structure):**

Örgütlenme evresi projenin dinamiklerini oluşturan eylemlerin, proje amaçlarının gerçekleştirilebilmesi ve yönetimin amacına, işlevlerine uygun yapı kurma sürecini kapsamaktadır. İş kırılım yapısını sıralamak gerekirse;

- Aşama 1: İş Aktivitelerin Atanması
- Aşama 2: Atamalara ilişkin Görev Tanımları
- Aşama 3: Atamalara ilişkin Alt görevlerin Tanımı
- Aşama 4: Daha Alt görevler

- 3- Yönelme:** Örgütlenmedeki kişilerin, örgütün amaçları doğrultusunda çalışmalarını sağlamak için yönlendirilmesi sürecidir. Amaç örgüt yapısında bulunan kişilerin görevlerini etkin şekilde yerine getirebilmelerini sağlamaktır.

- 4- Kontrol Etme-Denetleme:** Denetim süreci temel olarak dört evreden meydana gelmiştir. Proje standartlarının belirlenmesi, gerçek durumun belirlenmesi ve yorumlanması, standartlar ile gerçekleşmiş durumun karşılaştırılıp sapmaların belirlenmesi ve yorumlanması, sapmaların nedenleri bulunup düzeltici önlemlerin belirlenmesi. PUKÖ (planla-uygula-kontrol et-önlem al) döngüsü, adım adım plan yaparak sonuca ulaşmakta kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. PUKÖ döngüsü Şekil 1.1' de görselleştirilmiştir.



Şekil 1.1: PUKO Döngüsü (Hacaloğlu, 2007)

1.2.2. Proje Programlama-Planlama ve Kontrol Kavramları

Proje Programlama

Proje programlama, ilk olarak projeyi etkileyen faaliyetlerin oluşturulması ve bu faaliyet sürelerinin belirlenmesi başlıklarını içermektedir. Faaliyetlerin kendi içindeki öncüllük durumlarına göre proje planlaması gerçekleştirilir.

Proje Kontrol

Proje yöneticileri tarafından planlaması yapılan projeyi kontrol mekanizması yardımıyla, projenin belirlenen hedefler doğrultusunda bitmesini sağlayabilmek için kontrol mekanizması metodundan faydalanırlar.

1.2.3. Proje Planlama ve Teknikleri (Klasik Metotlar)

Proje yöneticileri için proje planlaması en kritik ve önemli başlık olarak karşımıza çıkmaktadır. Proje sonucunu etkileyen tüm teknik durumlar, çevresel etkiler, oluşabilecek riskler gibi bilgilere proje planlama tekniği yardımıyla ulaşılabilir. Bu bilgilere hızlı bir şekilde erişebilmek, etki alanlarını görebilmek ve gerekli önlemleri alabilmek için alternatif planlama teknikleri oluşturulmuştur.

1.2.3.1. Şebeke Çizim Teknikleri

Şebeke çizim tekniği; projenin amacı doğrultusunda sonuçlanabilmesi için proje dinamiklerini etkileyen aktivitelerin kendi içindeki mantıksal bağlarını görsel olarak ifade edebilmek için geliştirilmiş çizim tekniğidir.

Şebeke içerisinde bahsi geçen kavram tanımlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

Faaliyet kavramı: Projenin ortaya konulması için gerekli bileşenlerdir. Herhangi bir durumun meydana gelebilmesi, eylemin ve/veya aktivitenin nihayete ermesiyle ortaya çıkmıştır (Karahana ve Ezin, 2014; Mazlum, 2014).

Olay kavramı: Bir veya birden fazla aktivitenin başlangıcı ile bitişini gösteren, sıklıkla ağ şebekelerinde dairesel şekilde ifade edilen düğümlerdir (Mazlum, 2014).

Kukla eylem: Proje içerisinde kaynak tüketimi yapmayan ve projenin ifasında süre ihtiyacı olmayan hayali faaliyetler olarak tanımlanmaktadır. Şebekenin görsel olarak ortaya konmasında kesik çizgili oklarla gösterilirler (Tekin, vd. 2010).

Kritik yol kavramı: Projenin tamamlanması için geçen süre ve faaliyetlerde tüm kaynak tüketimini etkileyen yola denir.

Kritik zaman kavramı: Kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerin tamamlanma süresine denir.

Bolluk kavramı: Kritik yol üzerinde bulunmayan faaliyetlerin sahip olduğu kaynak fazlalığıdır.

Şebeke(ağ) diyagramı oluşturulurken en yaygın biçimde kullanılan iki çizim metodu bulunmakta ve kullanılmaktadır (Wang ve Yang, 1996).

1- Activity On Arc (AOA): Aktivitelerin oklar yardımıyla gösterildiği bir şebeke çizim metodudur. AOA yöntemiyle ifade edilen şebeke çizimlerinde kukla faaliyetler kullanılabilir.

2- Activity On Node (AON): Faaliyetlerin düğümler yardımıyla ifade edilmiş olan bir çizim yöntemidir. AON yöntemiyle ifade edilen şebeke çizimlerinde kukla faaliyeti kullanılmamaktadır.

1.2.3.2. Proje Planlama Teknikleri

Proje planlama teknikleri, proje ilerleme yapısını aktivite yapılarıyla birleştiren, proje akışını şekiller yardımıyla ifade etmeye ve proje yönetimini etkin şekilde yürütmeye yardımcı teknikler bütünüdür.

Gantt Şeması (Çubuk Diyagramları)

Gantt şeması, proje yönetimi başlığının temel taşlarından ve uzmanlık gerektirmeden de anlaşılabilir yapısının olması durum ifadelerinde kolaylık sağlamaktadır. 1915 yılında Amerikalı Henry Gantt tarafından ortaya konulmuştur. Projeyi genel hatlarıyla ortaya koyan bir yapısı vardır. Ayrıca projeye ait tüm bilgi ve proje amacı hakkındaki akışı görsel olarak ortaya koymaktadır (Dikbaş ve Ünlü, 2001). Şekil 1.2’ de örnek bir Gantt diyagramı paylaşılmıştır.



Şekil 1.2: Gantt diyagramı

Kritik Yol Metodu (CPM)

Proje verilerinin, faaliyetlerinin artması ve daha komplike bir hale gelmesiyle projeler için Gantt şeması yetersiz kalmıştır. Bu duruma alternatif olarak Gantt şemasına yardımcı özellikler eklenerek şebeke modelleri oluşturulmuştur. CPM (Critical Path Method), projenin tamamlanabilmesi için projeye ait verilerin birbirleri arasındaki ilişkiler, öncül aktiviteleri ve öncelik ilişkilerini aktivite ağıyla gösterilebilmektedir. Şekil 1.3’te şebeke çizim örneği verilmiştir. CPM metodunda kullanılan veriler şu şekildedir:

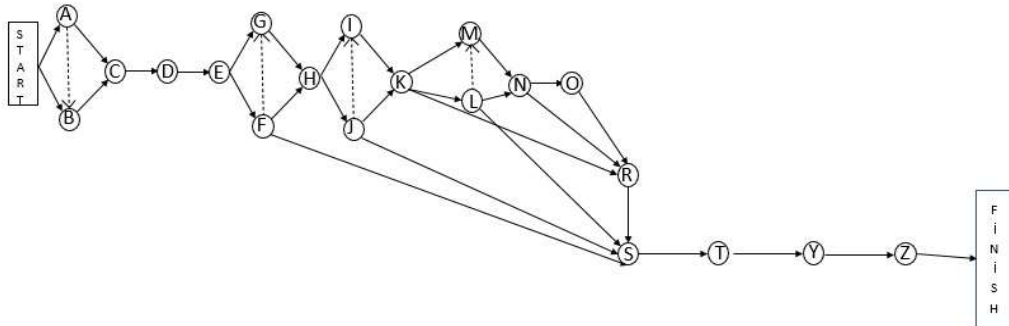
- **Girişim:** Proje aktivitelerinde kaynaklar ile direkt veya dolaylı bağlantısı olan ve işlemi için zaman kaynağına ihtiyaç duyan işlemlerdir.
- **Olay:** Bir veya birkaç girişimin tamamlanması sonucu, herhangi bir zamanda tanımlanabilir son durumdur. Kaynak ihtiyacı duymaz.

- **Yol:** Şebekenin iki olay arasındaki faaliyetler ile bağlantısını verir.
- **Kritik Girişim:** Projenin zaman kaynağını direkt etkileyen ve projenin planlanan süresinin gecikmesine neden olacak girişimdir.
- **Kritik Zaman:** Kritik yol üzerindeki tüm girişimlerin tamamlanması için gereken zaman

CPM metodunun aşamaları;

- Projenin ihtiyaç duyduğu aktiviteler sıralanır
- Sıralanan aktivitelerin öncelikleri tespit edilir
- Aktivitelerin sonlanması için gerekli süre tespit edilir
- Aktiviteler arasındaki ilişkilendirme şebeke yardımıyla görselleştirilir
- En erken ve en geç süreleri hesaplanarak projeye ait zaman ve aktivite bollukları belirlenir
- Her faaliyetin süresi, en erken ve en geç başlama süreleri, en erken ve en geç tamamlama süreleri ve bollukları yazılır.
- Kritik girişimler ve kritik zaman yardımıyla kritik yol elde edilir. Kritik yolu etkileyen aktiviteler tespit edilir.

ŞEBEKE ÇİZİMİ

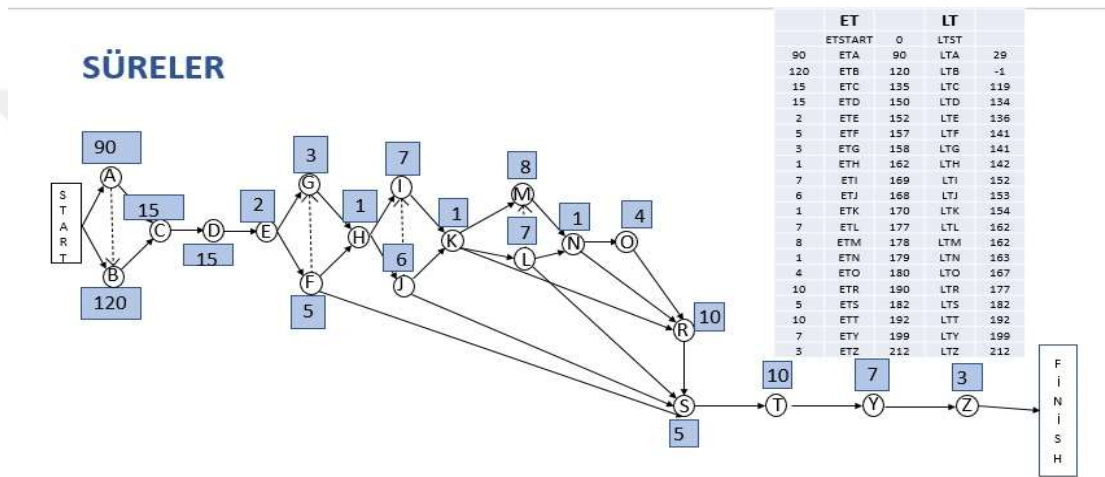


Şekil 1.3: Şebeke Çizimi

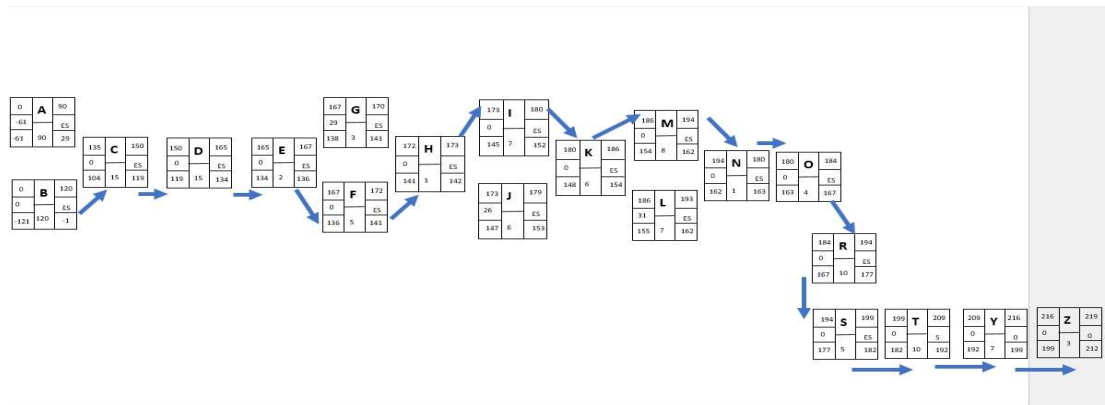
Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)

PERT: projeye ilişkin bilgileri değerlendirmeye, bilgiler arasındaki ilişkilenmeleri gözlemlemeye ve proje kaynaklarını kontrol edebilmeye yaramaktadır. Gantt diyagramı yöntemiyle ulaşılamayan aktivitelerin ilişkilenmesine, aktivitelerin

önceliklerine, süresine ve maliyetlerine PERT tekniği yardımıyla ulaşılabilmektedir. Proje aktivitelerinin belirleme süreci için CPM metodu ve PERT tekniği benzer yapıya sahiptir. PERT tekniğinde farklı olarak her faaliyet için üç adet süre tanımlamasına ihtiyaç duyulur (Bayraktar ve Tataroğlu, 2007). Bu süreler; iyimser tahmin (a), kötümser tahmin (b) ve muhtemel tahmin (m) süreleridir (Konakçı, 2006; Karahan ve Ezin, 2014). Şekil 1.4’de PERT tekniğinde süre gösterimine ilişkin örnek bir uygulama verilmiştir. Şekil 1.5’de sürelerin PERT tekniğinde ifade şekli örneklendirilmiştir.



Şekil 1.4: Örnek PERT süre atamaları



Şekil 1.5: Örnek PERT gösterimi

1.3. Proje Seçim Kriterleri

Proje seçimi, alternatif projeler arasından hedef performansı sağlamak için verilen karar işlemine denir.

Proje seçim kriterleri: Projenin veya projelerin kendisinden beklenen performansın, stratejinin ve maksimum verimi sağlayacak kriterlerin projenin belirlenmesinde etkili olacak başlıklar bütünüdür.

Karar ve kriter mekanizmalarını oluşturan direkt ve dolaylı faktörler bulunmaktadır. Proje seçim kriterlerini etkileyen belirli riskler ve belirsiz riskler bulunmaktadır. Bu riskleri gözlemlenmenin ve kontrol etme imkânının sağlanabilmesi için belirli risklerin tespit edilmesi ve seçim aşamasında bu bilgileri kullanabilmeyi talep etmektedir. Kriterlerin, sonlu kaynak yapıları ve risklerden doğan kısıtları; seçim kriterleri arasında öncelik belirleme ihtiyacını oluşturmaktadır.

Önceliklerin belirlenebilmesi ve projelerin yapısal risk analizi için yaygın olarak ‘SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Therats)’ analizinden yararlanılmaktadır.

Projelerin kendine has yapılarından ve hitap ettikleri sektörel farklılıklardan dolayı proje değerlendirme kriterleri, ihtiyaçlar doğrultusunda değişiklikler göstermektedir.

1.3.1. Proje Seçim Modellerinin Yapısı

Proje seçim modelleri iki gruba ayrılmıştır. Sayısal verilerden yararlanan nicel modeller ve uzman kişilerin ölçeklendirmesi doğrultusunda belirlenen nitel modelleri kapsamaktadır.

1.3.1.1. Nitel modeller

Karşılaştırma mantığı üzerine kurulu bir yapı olup, alanında uzman kişi veya kişilerden oluşan ekiplerce değerlendirmenin yapıldığı modellerdir. Çevresel durumları gözlem, diyalog ve veri analizleri üzerinden inceleyebilen bir modeldir. Ayrıca olayların gerçek hayattaki ortamında durumları ele alış şekli bütünsel olarak yaklaşarak olay veya olaylara teori oluşturup yaklaşım göstermektedir. Nitel araştırmalarda genellikle üç tür veri toplanır: Çevresel bilgi, süreçle ilgili bilgiler ve algılar. En yaygın kullanılan üç çeşit bilgi toplama yöntemi vardır: Görüşme, gözlem ve yazılı belgelerin incelenmesidir. Nitel araştırmaların tanımı ile ilgili literatür taramasında sık bahsi geçen altı özelliği vardır:

- Doğal ortama duyarlılık
- Araştırmacının katılımcı rolü

- Bütüncül yaklaşım
- Algıların ortaya konması
- Araştırma deseninde esneklik
- Tümevarıma dayalı analiz (Yıldırım, 1999)

1.3.1.2. Nicel modeller

Sayısal değerleri veri olarak işleyebilen yapılardır. Karlılık ve puanlama metotları olarak iki ana başlıkta toplanabilir (Kerzner, 2000).

- Karlılık;
 - Nakit Akışı Periyodu
 - Ortalama Amortisman Oranı
 - Şimdiki Değer Nakit Akımı
 - İç Verim Oranı
- Puanlama Yöntemleri:
 - 0-1 Modelleme
 - Ağırlıksız Puanlama Modeli
 - Ağırlıklı Puanlama Modeli
 - Kısıtlı Ağırlıklı Puanlama Modeli

1.4. Proje Maliyeti

Bir projeyi başarılı olarak tanımlayabilmemiz için o projeye dair maliyetlerin en gerçek şekilde tahmin edilmiş olması gerekmektedir (Rouhani, 2013). Projeye ait kaynak tüketimi yapan tüm aktiviteler, proje maliyetinin konusudur. Proje maliyet tahminleri iki şekilde tanımlanmıştır; istatistiki yöntemler ve muhasebe yöntemleridir. İstatistiki yöntem geçmişte tamamlanmış ve işlenmiş verileri alt değer olarak alıp mevcut durumla orantısallığı doğrultusunda değerlendirir, fakat proje kavramının iç yapısındaki en önemli özelliği her projenin biricik yapıda olmasıdır. İstatistiki yöntemde bu biriciklik hali efektif şekilde yansıtılamamaktadır. Muhasebe yöntemlerinde ise, proje faaliyetlerini etkileyen ve kaynak tüketimi yapan her aktivitenin maliyet yansımaları kabulü mantığı vardır.

İnşaat proje maliyeti hesaplamasında en çok tercih edilen yöntemler (Kanıt 2005);

- **Ön tahmin yöntemleri**
 - Tek fiyatlı tahmin yöntemleri
 - a. Birim Yöntemi
 - b. Hacim yöntemi
 - c. Alan Yöntemi
 - d. Kat Kabuğu Yöntemi
- **Son Tahmin Yöntemleri**
 - Birim imalat yöntemi
 - Fonksiyonel eleman yöntemi
 - Yapının girdilerine dayalı yöntemler
- **Gelişmiş maliyet tahmin yöntemleri**
 - Nedensel veya deneysel yöntemler
 - Regresyon yöntemi
 - Simülasyon yöntemi

2. KARAR TEORİSİ ve ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

2.1. Karar Verme ve Karar Vermenin Ögeleri

Bir iradenin olduğu her yerde karar verme problemi karşımıza çıkmaktadır. Hatta bu problem günlük aktivitelerimize kadar etki etmektedir. Hayatımızın her anına sirayet eden bu problem birey özelinde başlayarak, küçük topluluklara ve global boyutlarda etkilerini gösterebilmektedir. Karar verme problemini yapı olarak ele aldığımızda basit yapıdan başlayarak karmaşık bir yapıya doğru evrilmektedir. Birçok bileşeni olan süreci ve bağlantıları anlamlandırabilmemizi sağlayan incelemeler bütünüdür (Chankong ve Haimes, 1983).

Karar verme eylemi: Alternatifler kümesinden, bir amaç doğrultusunda ve belli ölçütler arasından en optimal, beklentiler doğrultusunda en iyi bir ihtimali ya da birkaç ihtimali değerlendirip seçilmesi sürecine denir. Bu durum ele alındığında karar verme süreci; karar verici, alternatifler, kriterler, kriterleri etkileyen çevresel etkiler, karar vericinin öncelik ihtiyaçları ve karar probleminin sonuçlarıyla meydana gelecek alternatif elemanları içermektedir. Süreç, karar vericinin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması şeklinde bitebilir. Her bir karar ardından başka karar alternatiflerini de doğurur. Karar verme, planlama ve projelendirme sürecinde de önemli rol oynar. Karar verme problemi, temel anlamda belirli bir amaç doğrultusunda ve belirli ölçütlere göre alternatifler arasından seçim yapma eylemidir. Karar verme sürecinin ihtiyaç duyduğu eleman bağlamları yapısal olarak aşağıda sıralanmıştır (Aytürk, 2006).

- Problem tanımı,
- Kararın amacı ve/veya amaçları, kısıtların tanımı ve kriterlerinin belirlenmesi,
- Karar için gerekli alternatiflerin belirlenmesi,
- Karar probleminin modelinin yapılması ve bu modelin çözümlemesinin yapılması,
- Sonuç olarak ortaya çıkan kararın hayata geçirilmesi,
- Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinin yapılması.

Karar verme problemlerine ait bağlamlar; karar verici, karar kriteri, amaç, olay, nitelik, seçenekler, karar verme süreci ve karar verme yöntemi olarak kümelendirebiliriz (Kent,2014);

- **Karar verici:** Karar probleminin amacı doğrultusunda, belirlenen alternatiflerden amaca uygun seçimi yapan kişi veya gruplardır.
- **Karar Kriteri:** Karar vericinin amacını elde etmek için belirlemiş olduğu alternatifleri birbirleri arasında kıyaslamak için kullandığı verilere denir.
- **Amaç:** Karar vericinin elde etmek istediği hedef noktasıdır.
- **Olay:** Karar merciinin beklentilerinden ve ihtiyaçlarından kısmen bağımsız bir şekilde tanımlanmış ve bir kararın hangi durumda efektif olup, uygulanabilir olduğu analizine yarayan bir ölçüdür.
- **Seçenekler:** Karar vericinin, karar probleminin amacı doğrultusunda seçim yapabileceği bütün alternatiflere denir.
- **Karar verme Süreci:** Karar vericinin, karar probleminin amacı doğrultusunda alternatifler içerisinden seçim yapma sürecidir.
- **Karar Verme Tekniği:** Karar verme sürecinde kullanılan metotlardır.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)

Karar verme eylemi tek kriterle ait şekilde olabileceği gibi çok kriterli bir yapıya da sahip olabilmektedir. Birçok kriterin etki ettiği karar problemlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte geliştirilen karar problemlerine ait çözüm yöntemleri Amerikalı araştırmacılar ve Avrupalı araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlar olarak ele alınmıştır. Amerikalı araştırmacılar tarafından çok kriterli karar alma (Multicriteria Decision Making- MCDM), Avrupalı araştırmacılar tarafından ise çok kriterli karar verme desteği (Multicriteria Decision Aid- MCDA) olarak tanımlayıp, çözüm elde etmeye çalışmışlardır. Bu yaklaşım bir veya birden fazla bakış açısının değerlendirilip irdelenmesiyle, karar probleminin amacı doğrultusunda elde edilen sonuç değerini dikkate almayı gerektiren, karar vericiye karar sürecinde gerekli araçları sağlamayı hedeflemektedir. ÇKKV, 1970'li yıllarda başlangıç olarak yöneylem araştırması ve karar teorisi alanlarında kullanılmış ve daha sonraları mali alanlarda uygulanmıştır (Kılıç ve Ural, 2006).

Literatürde karşımıza çıkan çok fazla ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Karar verme problemleri, sübjektif bir alanda bulunmaktadır. Sübjektif değerlendirmeleri sayısal değerlere taşıyabilmek için karar verme yöntemleri oluşturulmuştur. Bu yöntemlerden 4 tanesi hakkında bilgi paylaşılacaktır ve uygulama bölümünde kullanılacak yöntem üzerinde detaylı durulacaktır.

2.2.1. Analitik Ağ Süreci

Analitik ağ süreci (Analytic Network Process – ANP), sınırlı miktarda alternatifte sahip olan karar problemlerini, karar sürecine etkisi olan kriterleri ve alternatifleri birbirine bağlayarak hiyerarşik yapıda çözebilen ve Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminin geliştirilmiş şeklidir. Karar problemleri bazen hiyerarşik şekilde gösterilemeyebilirler. Karar verme problemlerinde ise bulunan kriter ve alternatif başlıkları birbiriyle bağlantılı olabilirler. Bu bağlamlar karar vericinin atamış olduğu önem ağırlıklarının da dahil olmasıyla karmaşık bir karar verme süreci haline gelmektedir. ANP yöntemleri bu karmaşık süreçte kullanılacak yöntemlerden birisidir (Kant, 2005).

2.2.2. Electre Yöntemi

ELECTRE (Elimination et choix traduisant la realite – Elimination and choice translating Reality) yöntemi Roy 70’li yılların başlarına doğru geliştirilmiş olan çok kriterli karar verme yöntemidir (Çetinkaya, 2003).

Electre metodu sekiz adımın ardından meydana gelmektedir. Bunlar:

1. Karar Vermeyi etkileyecek olan Karar Matrisi Oluşturulur

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

2. Karar Vermeyi etkileyecek olan Standart Karar Matrisi oluşturulması
- Standart karar matrisi, A matrisinin elemanlarından faydalanılarak aşağıdaki formül kullanılarak elde edilir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{\bar{k}=1}^n a_{\bar{k}j}^2}$$

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin oluşturulması

Değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları ve önemi karar vericiden karar vericiye değişiklik gösterecektir, bu önem ve farklılıklar ELECTRE çözümüne sayısal bir değer olarak entegre edebilmek için ağırlıklı standart karar matrisi hesaplanır. Karar verici değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$).

Ağırlıklar belirlendikten sonra karar matrisi ile ağırlık değerleri matrisi çarpımı yapılarak ağırlıklı standart karar matrisi elde edilir.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 * x_{11} & w_1 * x_{12} & \dots & w_n * x_{1n} \\ w_2 * x_{21} & w_2 * x_{22} & \dots & w_n * x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_m * x_{m1} & w_m * x_{m2} & \dots & w_n * x_{mn} \end{bmatrix}$$

4. Uyumluluk Seti ve Uyumsuzluk Seti Belirlenir

Uyum setleri belirlenirken Y matrisinden faydalanılır. Karar noktaları birbiriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve setler aşağıdaki formülde gösterilen şekilde belirlenir:

$$C_{kl} = [j, y_{kj} \geq y_{lj}]$$

Formül temel olarak satır elemanlarının birbirine göre büyüklüklerinin karşılaştırmasına dayanır.

5. Uyumluluk Matrislerinin ve Uyumsuzluk Matrislerinin Hazırlanır
Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisinin elemanları aşağıdaki formül ile bulunur:

$$C_{kl} = \sum_{j=c_{kl}} w_j$$

6. Uyumluluk Üstünlük Matrislerinin ve Uyumsuzluk Üstünlük Matrisleri Belirlenir

Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutlu bir matristir. Matris elemanları eşik değerinin (\subseteq) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırmasından elde edilir. Uyum eşik değeri aşağıdaki formül ile elde edilir:

$$\subseteq = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl}$$

7. Toplam Üstünlük Matrisi Oluşturulur

8. Daha Az Uygun Alternatiflerin Elimine edilir

ELECTRE metodunun uygulanabilirliği basit olduğu için kullanıcılar tarafından çokça tercih edilen bir metottur. Literatürde; finans yönetimi, tedarikçi seçimi, kamusal alan gibi birçok alanda kullanılmış olan bir metottur (Özkan, 2007).

2.2.3. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi (AHP), Thomas L. Saaty'in 1970'lerde geliştirmiş olduğu yöntemdir. Karar vericilerin; karar verme sürecinde hangi yöntemin kullanılma gerekliliğini ortadan kaldırıp, bu sürece karar vericinin kendi ihtiyaçları ve kendi irade mekanizmasını ifade etme imkânı sağlayan ve doğanın ikilikler prensibinden yararlanılarak oluşturulan yöntemdir. Bu yöntem sayesinde karmaşık olarak belirlenen karar verme problemlerini; karar, alternatifler ve kriterlere göre başlıklar oluşturup bu başlıkları hiyerarşik yapıda gösterip, öncelik değerleri belirtilerek sayısallaştırılır. Bu metot ile karar vericinin, nicel ve nitel yöntemler kullanarak sonuç elde etmesi sağlanır.

AHP, karar verme problemlerini; bağlantılı ve hiyerarşik şekilde betimleyerek, küçük parçalar halinde ele alarak çözüme götürür. Hiyerarşik yapıyı problemin amacı başlığı oluşturur, kriterler ile bağlantılar sonucunda alternatiflere ulaşılır ve çözüm elde edilir (Water ve Vries, 2006).

AHP problemleri en az üç katmanlı süreç halinde tanımlanabilir (Sharma ve diğerleri, 2008):

- Hiyerarşik yapıların oluşturulması süreci
- Kriterlerin üstünlüklerinin belirlenme süreci
- Sonuçların hesaplanma süreci

Hiyerarşik model oluştururken ki süreç:

- Amacın belirlenmesi
- Amaca yönelik kriterlerin belirlenmesi
- Amaç için gerekli alternatiflerin belirlenmesi

2.2.3.1. AHP' nin Teorik Aksiyomları

AHP metodunun çözüm üretebilmesi için dört aksiyomun kısıt değerlerinden faydalanmaktadır. Bu teorik aksiyomların tanımı şu şekildedir (Saat, 2000):

- 1. Terslik Aksiyomu:** Karar verici, kriterlerin kendi içinde değerlendirebilmesi için alternatifleri kendi arasında karşılaştırabilmeli ve tercihlerin önem derecelerini tespit edebilmelidir. Belirlenen tercihlerin öncelik değerleri terslik aksiyomunu yerine getirebilmelidir. Örnek olarak; hiyerarşik yapıda T elemanı Y elemanına göre x katı derecede tercih ediliyor ise Y elemanında T elemanına göre 1/x katı derecede tercih edilmelidir. Bu terslik aksiyomunun uygulanamaması halinde değerlendirme için kullanılan ikili karşılaştırma değerlerinin doğru bir şekilde ifade edilemediğini göstermektedir.
- 2. Homojenlik Aksiyomu:** Benzer kriterlerin karşılaştırılabilmesi için önem arz etmektedir. Birbirlerinden bağımsız farklı kriterlerin kıyaslanmasında büyük hataların ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Örnek olarak bir betonarme bina ile bir atomu büyüklük bakımından birbirleri ile karşılaştıramayız. Bu açıdan kriterler homojen olmadığı takdirde kriterler kendi içinde gruplandırılmalıdır.
- 3. Bağımsızlık Aksiyomu:** Hiyerarşide gösterilen kriterlerin, alt basamaktaki alternatiflerden bağımsız olduğu kabulüne dayanmaktadır.
- 4. Beklentiler Aksiyomu:** Karar verme eyleminin, hiyerarşik yapı içerisinde sonlandığı varsayımı yapılır. Başka bir ifade ile beklentilerle uyumlu sonuçlar için

tüm kriterlerin ve tüm alternatiflerin hiyerarşide bulunması gerekmektedir. Aksi durumda karar verici, amaçladığı sonucu elde edemez.

2.2.3.2. AHP' nin Uygulama Alanları

Literatür taramasında AHP metodunun kullanıldığı alanlar Tablo 2.1' de listelenmiştir.

Tablo 2.1: Analitik Hiyerarşi Proses Yönteminin Uygulama Alanları (Eryalçın, 2014)

Ekonomi/Yönetim Problemleri	Politik Problemler	Sosyal Problemler	Teknolojik Problemler
Maliyet denetimi Taşeron seçimi Tasarım ve Mimarlık Çalışan Seçimi Yatırım Alan Seçimi Tedarikçi Seçimi Üretim Bandı Karar Verilmesi Mali Planlama Reklam Yatırımı Seçimi Pazar seçimi Tüketici Seçimi Ürün Geliştirme Reklam Stratejisi Portföy seçimi Risk Alanları Değer Tespiti Grup halinde karar verme Kaynak Yönetimi seçimi Kaynak Tahsisi Firma politikası Firma Stratejisi Ulaştırma Su araştırma	Savunma Sanayi Çatışma Analizi Politik Aday Seçimi Güvenilirlik analizi Ağır Silah Yatırım Seçimi Ağır Silah Kaynak Yönetimi	Rekabet ortamının davranış şekli Eğitimdeki Davranış şekli Sağlık Alanındaki Problem ve çözüm Tespitleri Çevresel kararlar Kanun Düzenlemeleri Nüfusun İhtiyaçları Doğrultusunda Yatırımlar Kamusal Alanların Yatırımları	Teknoloji Yatırım Kararları Teknoloji Hamleleri için Karar Verilmesi Bilgisayar Donanımı Seçimi Bilgi İşlem seçimi Uzay araştırmaları

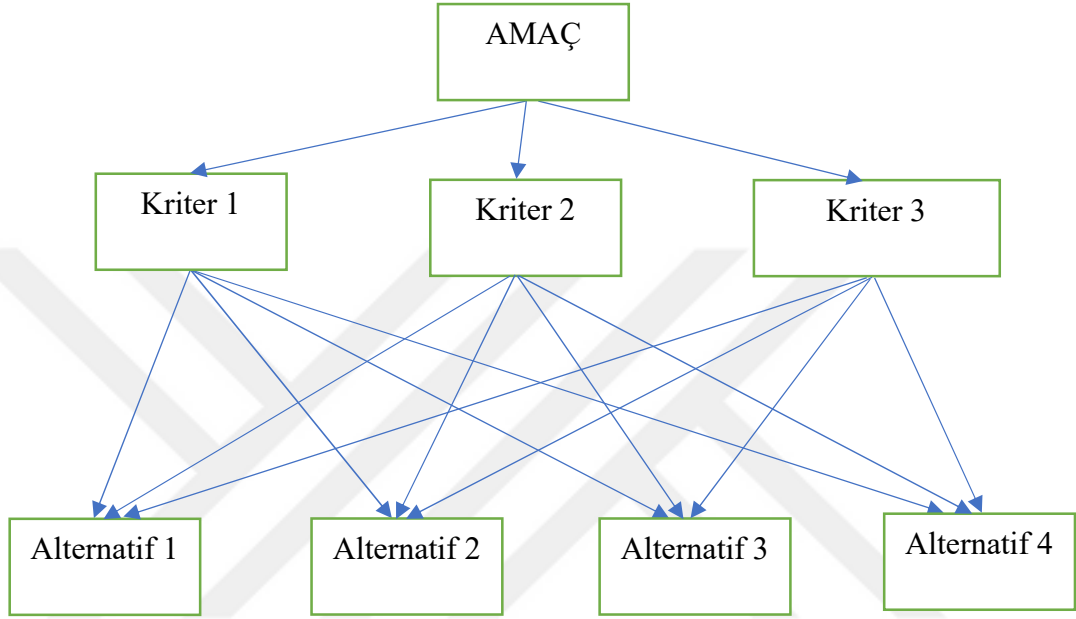
2.2.3.3. AHP' nin Uygulama Adımları

AHP yöntemi aşamaları aşağıda adım adım ele alınmıştır;

- 1. Adım:** Karar verme probleminin tanımının yapılması, amacın net ifade ile belirlenmesi
- 2. Adım:** Karar probleminin amacını gerçekleştirebilmek için gerekli olan karar kriterlerinin listelenmesi
- 3. Adım:** Olası karar alternatiflerinin oluşturulması
- 4. Adım:** Karar probleminin hiyerarşik yapısının oluşturulması

AHP yönteminin ilk adımı; hiyerarşiye neden ihtiyaç olduğunu belirten problem veya amaç tanımıyla başlanır. Bu süreci etkileyecek olan başlıklar ve hedef

belirlenir, daha sonra hedefe bağlantılı kriterler belirlenir, varsa kriterlerin bağlı olduğu alt kriterler oluşturulur. Son olarak ise alternatiflerle olan bağlamlar hiyerarşik bir yapıda gösterilir. Hiyerarşik yapı oluşturulurken kullanılan veriler daha önce literatürde yapılmış olan araştırmalar, anket uygulamalarının verileri, uzman tecrübeleri, farklı veri toplama uygulamalarından faydalanabilir (Özden,2008).



Şekil 2.1: AHP Modelinin genel Hiyerarşik Yapısı (Saaty ve Vargas, 2012)

5. Adım: Hiyerarşik yapının her seviyesi için tespit edilen kriterlerin, ikili karşılaştırılmasıyla kriterlerin önem dereceleri belirlenmektedir. Bu aşamaya göre A karşılaştırma matrisi oluşturulur.

ÇKKV' de alternatifler ve kriterler arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Bu bağlantıyı sayısallaştırabilmek için alternatifler için kriterler; ağırlık, önem veya üstünlükler dikkate alınarak belirlenir.

Karar verme problemini hiyerarşik bir yapıyla ifade ettikten sonra bu bilgileri sayısallaştırabilmek için 1-9 arasında verilen ölçeklendirme değerlerinin problemin amacına, katkısına göre göreceli önem katsayıları ve her bir hedefin göreceli üstünlük değerleri, karar vericinin karar verme sürecindeki deneyimlerine ve beklentilerine göre, ikili karşılaştırma yolu ile belirlenir (Saaty, 1990).

Üstünlük ifadelerini sayısallaştırılabilmek adına Saaty tarafından geliştirilen ve Tablo 2.2’ de belirtilen önem ölçeği kullanılmaktadır.

Tablo 2.2: AHP Önem Ölçeği (Saaty ve Vargas, 2012)

Skala Değerleri	Tanımları	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki kriter kendi içinde eşit derecede önemli
3	Orta derecede önemli	Bir kriterin diğer kritere göre biraz daha önemli
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir kriterin diğer bir kritere göre oldukça üstün olması
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriterin diğer bir kritere göre daha fazla üstün olması
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğer bir kritere göre kuvvetli derecede üstün olması
2,4,6,8	Ara değerler	İki ardışık kriter arasında kararsız kalırsa yakın değer olarak kullanılır

Tabloyu AHP açısından değerlendirmesini bir örnek ile açıklayalım. 3 alternatifimiz olsun ve bu alternatifleri kendi arasında değerlendirelim:

A alternatifini, B alternatifine göre ‘‘kuvvetli derecede önemli’’ tercihi yapıldığını varsayalım; bu tercihin AHP’ deki sayısal anlamı 5 değeridir. A alternatifinin, C alternatifine göre ‘orta derecede önemli’ olduğu seçildiği durumda; AHP’ deki sayısal değeri 3’ü ifade etmektedir. B alternatifinin C alternatifine göre ‘kesin önemli’ yorumu AHP’ de 9 değerine denk gelmektedir. Bu değerleri AHP formatında aldığımızda şöyle ifade ederiz:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1 / a_{12} & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{mn} = 1 / a_{nm} & a_{m2} = 1 / a_{m2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

6. Adım: Kritere göre alternatiflerin ikili karşılaştırılması ve önceliklerin hesaplanması, Saaty (1990)’ nin özvektör denklemi ile elde edilir. Karar verici pozisyonunda bulunan grup veya bireylerin karar verme problemindeki önceliklerinin değerlendirilerek nicel ve nitel etkenleri hiyerarşik yapıdan sayısal bir zemine taşınmasıyla oluşturulur. Kurulan hiyerarşideki seçenekleri matris haline

getirerek o kriterlerin birbirleri üzerindeki önem dereceleri karşılaştırılarak değerlendirilir ve bu süreçte diğer kriterlerin işleme alınmadan tüm kriterler kendi içinde ayrı ayrı karar alınmasını sağlayabilen bir yöntemdir (Keçek ve Yıldırım, 2010).

Yukarıdaki örnekte göstermiş olduğumuz; AHP önem ölçeği kullanarak önceliklerini belirlediğimiz A, B ve C alternatiflerinin göreceli ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla, karar verici birey veya grupların ikili karşılaştırmalarının yapılması ve karşılaştırma matrisinin oluşturulmasıdır. Karşılaştırma matrisi oluşturulurken n adet kriter var ise, i kriterinin j kriterine göre önemini belirlemek üzere bir matris oluşturulur. Matris elemanları arasında; $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ve $a_{ii} = 1$ eşitliği bulunmaktadır. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler ($i=j$ olduğundan) 1 değerini alır. Örnekteki değerlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo2.3' de gösterilmiştir.

Tablo 2.3: İkili Karşılaştırma Matrisine Bir Örnek

	A	B	C
A	1	5	3
B	1/5	1	9
C	1/3	1/9	1

AHP problemi bilgisayar destekli paket programlar ile çözülebilir. Az verinin olduğu işlemlerde Saaty 'nin özvektör formülü kullanılarak veriler elde edilebilir.

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

7. Adım: Tutarlılık oranının hesaplanması temel değer aritmetik ortalaması karşılaştırmaya ilişkin temel değer olan (λ) değerini verir. λ hesaplandıktan sonra A karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığı aşağıdaki formülle irdelenir.

$$\text{Tutarlılık İndeksi (TI): } \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (TO): } \frac{TI}{RI}$$

RI değeri ise Tablo 2.4’de sunulan her n boyuttaki matris değerleri için rassal olarak Saaty tarafından geliştirilen ve matrislerin ortalama tutarlılık indeksini gösteren rassal indeks değerleridir. Bu adımda AHP yönteminin ilk adımlarında bahsetmiş olduğumuz önceliklerin belirlenme sürecinde, elde edilen veriler ile ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu oluşturulan ikili karar matrisindeki öncelik değerlendirilmelerinin, tutarlı olup olmadığı irdelenir.

Tablo 2.4: Tutarlılık İndeksi (Saaty, 1990)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

8. Adım: Göreceli öncelik değerlerinin elde edilmesine istinaden alternatiflerin sıralanması ve karar verme probleminin hedeflenen amaç doğrultusunda en optimal öncelik değerine sahip alternatifin seçilmesiyle sonlandırılır. Nihai sıralama yapılırken, dikkat edilmesi gereken bir husus; kriterlere ait önem ağırlıklandırmaları ile alternatiflere ait önem ağırlıklarının çarpılmasıyla her bir alternatif için öncelik değeri bulunur. Elde edilen alternatif değerlerin toplamı 1’e eşittir. Alternatifler içinde karar verme probleminin yapısına göre en optimal değere götüren alternatif, karar problemi için en optimal alternatif olarak belirlenir (Dağdeviren ve Eren,2013).

9. Adım: Bu değerlendirme metodunun önemli bir elemanı olan alternatif sıralamalarının ve nihai kararın yargılardaki değişimlerinin duyarlılığını analiz edebilmektir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

2.2.4 TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to ideal Solution) yöntemi karmaşık karar problemlerinin analizinde çokça tercih edilen karar verme metodudur. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen bu teknik, pozitif ideal çözüme olan en yakınsak mesafe ve negatif ideal çözümden en ıraksak mesafe belirlenen alternatiflerinin seçilmesi ilkesine dayanmaktadır. Pozitif- ideal çözüm ise ulaşılabilir bütün en iyi kriterlerin birleşimidir. Negatif ideal çözüm ise ulaşılabilir en kötü ölçüt değerlerinin bütünüdür (Kutlu ve diğerleri, 2012).

2.2.4.1. TOPSIS Yönteminin Uygulama Alanları

Literatürde en çok tercih edilen ÇKKV tekniklerinden biridir. Karar verme problemlerine yaklaşımı kolay ve anlaşılabilir yapıya sahip olması tercih edilme nedenlerindedir. Karar problemine subjektif bir perspektif olarak ele alması karar vericinin, karar sürecinde kendini rahat bir şekilde ifade etmesini de sağlamaktadır. Bu başlıkları kapsayan TOPSIS yöntemine ait literatürdeki çalışmalar Tablo 2.5’de sıralanmıştır.

Tablo 2.5: TOPSIS Yönteminin Uygulama Alanları (Özer, 2010)

Konular	Çalışmalar	Konular	Çalışmalar
Kuruluş Yer Seçimi	Lojistik Köy Kuruluş Yeri Seçiminde TOPSIS Yöntemiyle Merkezlerin Değerlendirilmesi (Aşıkoğlu ve Elgün,2018)	Risk Analizi	TOPSIS Yöntemi ile Türk Katılım Bankalarının Performans Analizi ve Bankacılıkta Risk Yönetim Politikalarının Önemi (Yetiz,2021)
Finansal Performans Değerlendirmeleri	Havayolu Taşımacılığı Sektöründe TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirmesi (Kınay ve Ömürbek, 2013)	Başvuru Değerlendirme	Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi: AHP,ELECTRE ve TOPSIS Örneği, (Özkan, 2007)
Taşeron Seçimi	Türkiye İnşaat Endüstrisinde Risk Tabanlı Alt Yüklenici Seçiminde TOPSIS Metodolojisi ve Değerlendirme (Erdoğan, 2019)	Bilişim Sektörü	TOPSIS ve ELECTRE Yöntemleri ile Finansal Performansın Sıralanması:BIST Bilişim sektörü Uygulaması(Değer ve Başdar, 2018)
Finansal Yatırımlar	TOPSIS Yöntemi ile Finansal Performans Değerlendirmesi: XUTEK Üzerinde Bir Uygulama, (Eren ve Orçun, 2017)	Politika Kararlarının Etki alanları	TOPSIS Yöntemi ile Avrupa Birliğine Üye ve Aday Ülkelerin Ekonomik Göstergelere Göre Sıralanması, (Özden, 2011)
Tedarikçi Seçimi	Tedarikçi Seçimi için Bir Karar Destek Sistemi(Şahin ve Supçiller, 2015)	Ulaşım Kararları	İstanbul Kentinde Silivri-Sabiha Gökçen Havalimanı Arası Ulaşım Alternatiflerinin AHP-TOPSIS Yöntemleri ile Analizi (Görçün,2019)
Üretim Alanının Geliştirilmesi	Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, (Çınar, 2010)	Sağlık alanı	Sağlık Yönteminde TOPSIS Yöntemi Uygulamaları: İçerik Analizi (Aslan, 2021)
		Performans değerlendirme	Kurumsal Yönetim ve Firma Performansı: TOPSIS yöntemi ile BIST 30 Firmaları Üzerine Bir Uygulama(Ünlü ve diğerleri, 2017)

2.2.4.2. TOPSIS Yönteminin Adımları

Bu bölümde TOPSIS yönteminin uygulama adımları, öncelik sıralamasıyla alt başlıklar halinde açıklanacaktır.

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarındaki değerler; üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarındaki değerler ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörlerini içermektedir. Denklem 2.1' de karar matrisi verilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisinin elemanları r_{ij} değerleri aşağıdaki denklem 2.2 kullanılarak hesaplanarak denklem 2.3' de verilen R_{ij} normalleştirilmiş karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum x_{ij}^2} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (2.2)$$

Normalleştirilmiş Karar Matrisi

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

İlk olarak değerlendirme faktörlerine ait ağırlık değerleri w_i belirlenir. Sonra Normalleştirilmiş Karar Matrisi (R) 'nin sütunda bulunan eleman değerleri ilgili w_i değerleri çarpılır. Sonucunda ortaya çıkan yeni matris Normalize edilmiş Karar matrisini (V) oluşturur. Denklem 2.4' de gösterilmiştir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 * r_{11} & w_1 * r_{12} & \dots & w_n * r_{1n} \\ w_2 * r_{21} & w_2 * r_{22} & \dots & w_n * r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_m * r_{m1} & w_m * r_{m2} & \dots & w_n * r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Adım 4: İdeal ve Negatif-İdeal Çözümlerin Belirlenmesi

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ait değerlendirmeler, o karara ait değerin ideal çözüm ve negatif ideal çözüm kümesinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır.

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

M boyutlu Euclidian uzaklık yaklaşımı kullanarak ayırım ölçümler hesaplanır. İdeal ayırım ölçüsünün hesaplanmasında aşağıdaki formüllerden yararlanılmaktadır. Pozitif ideal çözüm denklem 2.5' de, negatif ideal çözüm denklem 2.6 yardımıyla hesaplanır.

$$S_{ij}^* = \sqrt{\sum (v_j^* - v_{ij})^2} \quad (2.5)$$

$$S_{ij}^- = \sqrt{\sum (v_j - v_{ij})^2} \quad (2.6)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme göreli yakınlığın elde edilebilmesi için her bir karar noktasına ait ideal çözüme göreli yakınlığın (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. İdeal çözümde göreli yakınlık değerinin hesaplanabilmesi için denklem 2.7'den yararlanılır.

$$C_i^* = S_i' / (S_i^* + S_i') \quad (2.7)$$

2.2.5. AHP ve TOPSIS Metodunun Birlikte Kullanıldığı Alanlar

Bu bölümde AHP ve TOPSIS metodlarının birlikte kullanıldığı alanlardan bahsedilecektir. Literatürde bu yaklaşım hibrit yöntem olarak ele alınmıştır. Birkaç aşamadan oluşan bir yapıya sahiptir. Karar vericinin seçmiş olduğu kriterlerin belirlenmesiyle başlayan aşama, seçilen kriterlerin sayısal olarak yapılandırılması takip eder ve sonuç aşamasında TOPSIS yöntemiyle nihai sıralama elde edilip karar

verilir. Genellikle grup olarak alınacak kararlarda; karar verme, malzeme, ekipman, personel ve tedarikçi seçim problemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılmaları için AHP kullanılmış ve karar aşamasında TOPSIS metodu kullanılmıştır. Kriterlerin çok olduğu ve her bir kriterin, karar matrisinde önem değerlerinin olduğu durumlarda AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak kriterlerin ağırlıkları sayısal değerler ile elde edilmiş olur. Birlikte kullanıldığı çalışmalar tablolaştırılmış ve Tablo 2.6’ da gösterilmiştir.

Tablo 2.6: AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Yapılan Bazı Çalışmalar (Özer, 2010)

YAZAR/YAZARLAR	YIL	ÇALIŞMANIN KONUSU
Alp ve Engin	2011	AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak trafik kazalarının neden ortaya çıktığı ve trafik kazalarının sonuçları arasındaki ilişkileri sayısal olarak ifade edip, analiz edilmiştir.
Rao	2006	AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak çalışma malzemelerinin işlenebilirliğini üzerine çalışmıştır.
Karahan vd.	2014	AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak kamp yerinin seçimi üzerine çalışmışlardır.
Çavuşoğlu	2012	AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak imkb’ de işlem gören doküman sanayi şirketlerinin finansal performanslarını karşılaştırmıştır.
Ömürbek vd.	2015	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılarak kurumsal proje yönetim için yazılım seçimi üzerine çalışmışlardır.
Rao ve Davim	2006	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı belirli bir mühendislik tasarımı için malzeme seçimi üzerine çalışmışlardır.
Tavana ve Marbini	2011	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı uzay uçuşu görev planlamasında çalışmışlardır.
Kutlu vd.	2012	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı, seçmeli ders seçimi üzerine çalışmışlardır ve çalışmanın kriterlerini balık kılıcı ile belirlemişlerdir.
Satapathy vd.	2010	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla birlikte malzeme tasarımı hakkında çalışmışlardır.
Eryalçın	2014	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla performans değerlendirme yöntemlerinin eleştirel gözden geçirilmesi ve en uygun yöntemin tespiti üzerinde çalışmıştır.
Joshi vd.	2011	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla birlikte perakende sektöründe performans değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır.
Zolfani ve Antucheviciene	2012	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla takım üyesi seçimi üzerinde çalışmışlardır.
Lin vd.	2008	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla müşteri odaklı ürün tasarım süreci üzerine çalışmışlardır.
Arıbaş	2015	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla birlikte akademik araştırma projelerinin değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır.
Ünal	2008	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla birlikte lojistikte hizmet sağlayıcısı seçimi üzerine çalışmıştır.
Surpçiller ve Çapraz	2011	AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılarak tedarikçi seçimi uygulaması üzerine çalışmışlardır.

3. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ ve UYGULAMA TEKNİKLERİ

3.1. Güçlendirme Kavramı ve Özellikleri

Güçlendirme kavramı; 1999 yılında Türkiye’ de yaşanan yıkıcı depremden sonra önem kazanmıştır (Yılmaz,2016). Güçlendirme projesi yapılacak olan yapının, taşıyıcı hasarları ve hasar tipleri iyi analiz edilmelidir. Bu analizler doğrultusunda söz konusu yönetmeliğin belirlemiş olduğu ilkeler kapsamında uygun yöntemler seçilmelidir. Deprem yönetmeliğinde, güçlendirme biçimi iki şekilde ele alınmıştır. Sistem ve eleman güçlendirmelerinin çalışma prensipleri; güçlendirilecek betonarme yapıyı maliyet, süre ve m² kayıpları başlıklarında etkilediği için yöntemlerin çalışma prensibi ve kavramsal yapılarının anlaşılabilmesi önem arz etmektedir.

3.2. Güçlendirme Yöntemleri

Betonarme yapılardaki taşıyıcı elemanların, çeşitli nedenlerle deprem performansını kaybetme şekline ve hasar durumlarına göre güçlendirme yöntemleri bulunmaktadır (Erdel, 2019). Güçlendirilmesi yapılan yapıdan beklenen; yapının deprem kuvveti karşısında sünekliliğinin artması, burulma etkisi varsa bunun azalması ve yapının deprem kuvveti altında performansının artmasıdır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY) güçlendirme türleri iki şekildedir: Eleman güçlendirmesi ve sistem güçlendirilmesi olarak tanımlanmıştır. Bu kavramlar şu açıklayabiliriz:

Eleman Güçlendirmesi TBDY’ de, binanın yapısal elemanlarının arasındaki mesnet noktalarının yönetmelik kapsamında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin artırılmasına ilişkin olarak uygulanan yöntemler olarak tanımlanmaktadır (TBDY, 2018).

Sistem Güçlendirmesi TBDY’ de, binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılmasını ve deprem kuvveti etkisiyle meydana gelecek iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanabilmesini, yapıya yeni taşıyıcı elemanlar eklenmesini, mesnet bölgelerinin güçlendirilmesini, deprem kuvvetinin etkilerinin azaltılması için yapı kütlelerini azaltma işlemlerini kapsayan güçlendirme yöntemidir (TBDY, 2018).

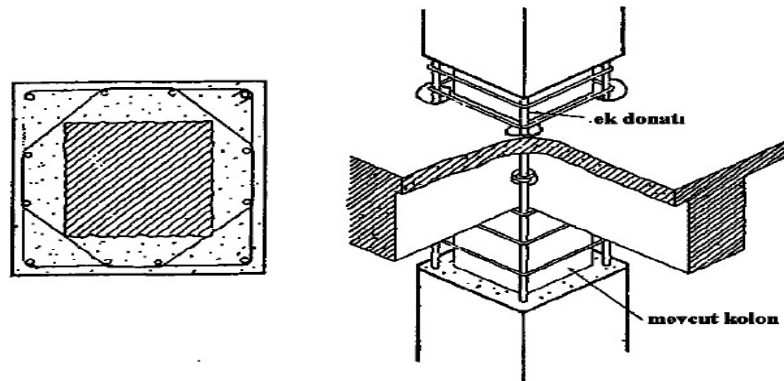
Mevcut yapıların deprem performansı değerlendirilirken

- Yapının mimari röleve hazırlanması
- Yapının taşıyıcı sistem rölevelerinin hazırlanması
- Yapının beton kalite sınıfının belirlenmesi
- Yapının donatı kalite sınıfının ve donatı geometrik düzeninin tespit edilmesi
- Geoteknik bilgilerin belirlenmesi gerekmektedir (TBDY, 2018).

3.3. Güçlendirme Uygulama Teknikleri

TBDY'2018 bölüm 15'de güçlendirme yöntemlerini ve sınır değerleri hakkındaki bilgileri kapsamaktadır. Kolonların sarılma yöntemi; betonarme sargı, çelik sargı ve lifli polimer sargı ile sınıflandırılmıştır. Kirişlerin sarılma yöntemi; dıştan etriye ekleme ve lifli polimer ile sarılma olarak sınıflandırılmıştır. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme perdeler ile güçlendirilmesi yöntemini çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi, çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi olarak sınıflandırılmıştır.

1. **Betonarme Sargı:** Literatürde karşımıza çıkan en yaygın kullanılan güçlendirme tekniklerinden biri olan, kolon mantolamadır. Bu uygulama kolonun taşıma kapasitesini arttırmak için uygulanır. Mevcut kolonun beton örtüsü sıyrılarak veya yüzeyleri pürüzlendirilerek uygulanan yöntemdir. Mantolama kalınlığı 150 mm'den az olmaması ideal durumdur. Sarılmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarını arttırmaktadır (TBDY, 2018). Şekil 3.1' de ve Şekil 3.2'de örnekleri verilmiştir.



Şekil 3.1: Kolonun Mantolama Tekniği ile Güçlendirilmesi(TBDY, 2018)



Şekil 3.2: Kolon Mantolama Uygulaması

- 2. Çelik Sargı:** Mevcut kolonun köşelerine çelik köşebentlerin yerleştirilmesi ve köşebentlere yatay çelik plakalarla kaynaklanması ile oluşturulmuş güçlendirme tekniğidir. Mevcut kolona gelen aksel basıncı kuvvetini karşılamak için uygulanır (TBDY, 2018). Şekil 3.3' de çelik sargı uygulamasına örnek verilmiştir.



Şekil 3.3: Çelik Sargı Uygulaması

- 3. Lifli Polimer (LP) Sargı:** Mevcut kolon paspayına kadar sıyrılıp mukavemeti yüksek tamir harçları ile tekrar onarılıp, lifler enine donatılara

paralel şekilde kolon sargılaması yapılır. Betonarme yapının süneklik kapasitesini, kesme ve basınç dayanımlarını arttırmak hedeflenmektedir (TBDY, 2018).

4. **Dıştan Etriye Eklenmesi:** Kesme dayanımı kapasite değerini kaybetmiş olan kiriş için güçlendirme, mesnet bölgelerinde kirişin iki yüzüne dıştan ekleyerek yapılır. Uygulanan teknikle kirişin kesme dayanımı artırılır (TBDY, 2018).
5. **Perde Güçlendirmesi:** Yapı içerisine, çekirdek bölgesi oluşturulup perde eklenmesiyle güçlendirme tekniğidir. Perde ile güçlendirmeye ait Şekil 3.4' de uygulama örneği verilmiştir (TBDY, 2018).



Şekil 3.4: Perde Ekleme Uygulaması

İnşaat proje yöneticileri; hedeflenen proje süresini, hedeflenen bütçe kaynaklarını hedeflenen kalite içerisinde tutarak projeyi istenilen amaçlar doğrultusunda hayata geçirmeyi hedeflemektedirler.

3.3.1. Kolon Güçlendirme

Betonarme yapıların iskeletini oluşturan kolonlar deprem etkisi altında kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. İncelemeler doğrultusunda deprem etkisi altında yapısal güvenilirliğini kaybetmiş olan kolonlarda ani gevrek kırılmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu durumlar göz önüne alınarak kolon güçlendirme tekniklerinde; kolon uçlarının sarılması, kesit boyutlarının büyütülmesi

gerekmektedir (TBDY, 2018). Türkiye Deprem Yönetmeliği, kolonların sarılması ile ilgili üç metot belirlenmiştir. Metotlar şu şekildedir:

1. **Betonarme Sargı:** Betonarme sargı, hesap çözümleri doğrultusunda; yatay ve düşey donatı eklenmesidir. Bu uygulamanın gerçekleştirilmesi için yeterli kalınlıkta beton örtüsüne ihtiyaç duyulur. Sargı imalatı, kat döşemesinin üstünde başlar ve üst döşemede sonlandırılarak yapılmaktadır. Bu teknikle kolonun aksenal basınç dayanımı artırılmaktadır (TBDY, 2018).
2. **Çelik Sargı:** Kolonun çevresine düşey ve yatay çelik köşebentlerden iskelet oluşturulup birbirlerine kaynaklanarak oluşturulan güçlendirme tekniğidir. Bu teknik yardımıyla kolonun eğilme aksenal yük kapasitesini arttırmak amaçlanmıştır (TBDY, 2018).
3. **Lifli Polimer (LP) Sargı:** Mevcut kolon paspayına kadar sıyırılarak tamir harçları ile düzgün bir yüzey hazırlanır ve LP tabakası kolonların çevresine mevcut kolonun enine donatılarına paralel şekilde sarılır. Bu güçlendirme tekniğiyle kolonun; süneklik kapasitesini, kesme ve basınç dayanımını arttırması sağlanmaktadır(TBDY, 2018).

3.3.2. Kiriş Güçlendirme

Deprem performansını kaybetmiş kirişlerin güçlendirme amacı, güçlü kolon zayıf kiriş ilkesine dayandırılarak yapılmaktadır. Kirişlerin kesme dayanımını ve süneklik kapasitesinin arttırılması hedeflenmiştir. İki alternatif yöntem belirlenmiştir (TBDY, 2018). Bunlar:

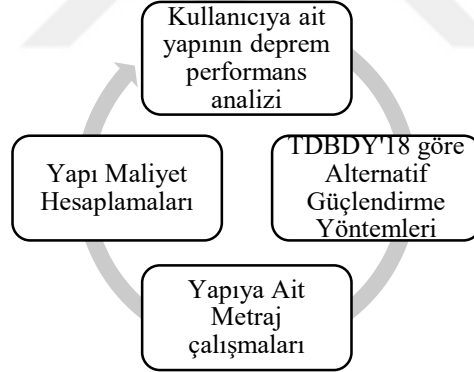
- 1- **Dıştan Etriye Ekleme:** Kesme dayanımını kaybetmiş kirişlere mesnet bölgelerinde etriye çubukları iki yüze dıştan uygulanır. Fakat dıştan eklenen etriyeler kirişin sünekliğini arttırmamaktadır (TBDY, 2018).
- 2- **Lifli Polimer (LP) ile Sarma:** Yüzey hazırlığı tamamlanan kirişe LP sargılama ile kiriş elemanın sünekliğinin ve kesme dayanımının arttırılmasında uygulanır (TBDY, 2018).

3.3.3. Perde Güçlendirme

Deprem performansını kaybeden betonarme yapının, yanal rijitliğini ve dayanımı arttırmak için yapının deprem performansını arttırmak amaçlanıp alternatifler oluşturulmuştur (TBDY, 2018).

- 1- Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi:** Betonarme yapıya ilave yapılacak olan perdeler, çerçeve ekseninin içinde düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst seviyesine kadar sürekli olacaktır. (TBDY, 2018) Mevcut yapı ile eklenecek perde, ankrajlar yardımıyla birbirlerine bağlanacaktır. Bu uygulama deprem kuvvetlerine karşı betonarme yapının kayma gerilmelerini karşılayabilmesi için oluşturulmuştur.
- 2- Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi:** Perdeler, mevcut dış çerçeve ekseninin dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst seviyesine kadar süreklilik sağlanması hedeflenmiştir. (TBDY, 2018).

Tez kapsamında Şekil 3.5’de verilmiş olan kapsam şemasından yararlanılmıştır.



Şekil 3.5: Kapsam Şeması

3.4. Deprem Performans Analiz Yöntemleri

Deprem güvenilirliğini kaybetmiş betonarme yapılar iki kapsam içerisinde incelenmektedir. Yapı hakkında bilgi düzeylerine göre sınırlı bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyi başlıkları içinde değerlendirilerek paket programlar yardımıyla yapının modellenmesi yapılır ve yapının deprem etkisi altında deprem performansı analiz edilir. Betonarme yapıların, deprem performansını tespit edebilmek için doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile statik çözümleri yapılır

(TBDY, 2018). Paket programların bir avantajı da uygulanacak güçlendirme metoduna göre deprem yönetmeliğinin belirlemiş olduğu sınır değerler doğrultusunda çözümlenebilmesidir. Bu çalışma kapsamında Sta4Cad paket programı kullanılmıştır. Uygulanacak metoda dair malzeme özellikleri statik hesap için kullanmış olduğumuz paket programa entegre edilmiştir

3.5. Güçlendirme Projelerinde Deprem Performansının- Süresinin- Maliyetinin Saptanması

Bu başlık altında güçlendirilme kararı alınan betonarme yapıya ait; deprem performans tespiti, uygulama süreleri, proje maliyeti ve alan kayıpları hakkında bilgiler açıklanmıştır.

3.5.1. Güçlendirme Projelerinde Deprem Performansının Saptanması

Güçlendirilmesi talep edilen yapının öncelikle bu işleme ihtiyaç duyup duymadığı tespit edilir.

Bu aşamaları şöyle sıralayabiliriz (TBDY, 2018):

- Mevcut yapının mimari rölevesi hazırlanır
- Mevcut yapının sistem rölevesi hazırlanır
- Mevcut yapının malzeme özellikleri tespit edilir

Bu veriler bilgisayar destekli programlara işlenir ve yapının mevcut durumu hakkında sonuçlar elde etmemizi sağlar. Çıkan sonuçlar doğrultusunda yapının taşıyıcı sistemlerinin deprem etkisi altında neye ihtiyaç duyduğu belirlenmiş ve bu ihtiyaca cevap verebilecek güçlendirme metodu uygulanabilir duruma gelmiş olur.

3.5.2. Güçlendirme Projelerinde Sürenin Tanımı ve Önemi

Projeler için en önemli başlıklardan biri olan süre, mevcut yapının deprem kuvveti etkisindeki davranışını tespit ettikten sonra güçlendirme projesine ait iş programı hazırlanarak hesaplanır. Hazırlanan iş programı sayesinde güçlendirme projesindeki uygulama süre değerleri elde edilmektedir.

Birinci bölümde bahsetmiş olduğumuz proje planlama ve teknikleri kullanılarak belirlenir.

3.5.3. Güçlendirme Projelerinde Maliyetin Tanımı ve Önemi

Proje maliyetleri, projenin yapılmasına karar verildiği andan itibaren başlar. İnşaat projelerinde maliyet ise; proje tasarım evresiyle başlar, proje kaynaklarını ve proje amacını etkileyen tüm aktivitelerin toplamını kapsamaktadır. İnşaat projelerinde yapı maliyeti oluşturulurken birim imalat yöntemi en çok tercih edilen yöntemdir.

Güçlendirme için Birim İmalatlar:

- İskele kurulumu
- Taşıyıcı elemanların Paspayı Sıyırılması
- Taşıyıcı elemanların yüzey hazırlığı
- Taşıyıcı elemanlarının güçlendirme tekniğine göre uygulama safhası (Mantolama, CFRP sargı, çelik sargı, ...vb.)
- Donatı işleri
- Kalıp işleri
- Beton işleri

Gözlemlendiği gibi güçlendirme projesinin hayata geçirilebilmesi için birbirinden farklı ve öncelikli birçok aktivitenin gerçekleşiyor olması gerekmektedir.

Bir inşaat projesi kullanıcıya teslim edilinceye kadar yapılacak olan imalatların birim miktarları, proje üzerinden takipli ölçümleme yapılması suretiyle belirlenir. Bu belirlemeye imalat metrajı, kısaca metraj denilir. Metraj değerlerinin her imalat için o yıla ait birim fiyatları ile çarpılıp toplamı alınmak suretiyle yapım maliyeti hesaplanır.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı uygulamalarına göre güncel imalat fiyatlarının adı birim fiyatlar ve bu şekilde bulunan yapımı maliyetinin adı da 1. keşiftir. Bu yöntem aynı zamanda “Birim Fiyat Yöntemi” olarak da bilinir (Altın, 2008).

3.6. Güçlendirme Tekniklerinin Uygulanabilirlikleri

Her imalat tekniği kendi içinde kısıt değerlere sahiptir. Bu kısıt değerlerden malzeme kısıtları: Malzemenin teknik özelliklerini, malzemenin uygulanabilecek bir alt zemine sahip olup olmaması, bu alt zeminin istenilen mukavemette olup olmaması ve malzemenin mevcut proje alanında uygulanabilir olup olmaması

başlıkları genel olarak sıralanabilir. Diğer kısıtlar ise güçlendirme tekniklerinin mevcut yapıda uygulanabilirliği üzerinedir. Beton ve donatı takviyeli güçlendirme tekniklerinin ihtiyaç duyduğu gereksinimler ile karbon fiber takviyeli güçlendirme tekniğinin ihtiyaç duyduğu gereksinimler farklıdır (Atay, 2010). Betonarme takviyesi ile hayata geçirilecek güçlendirme tekniklerinin avantaj ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Alan kayıpları fazladır
- Uygulanabilirliği zordur
- İmalatların tamamlanma süresi uzundur
- Hava şartlarından etkilenmez
- Çok fazla kırım ve moloz tahliye işlerini ortaya çıkarır

Karbon fiber takviyesi ile güçlendirme tekniklerinin avantaj ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Alan kayıplarını minimuma indirir.
- Uygulanabilirliği kolaydır
- İmalatlar daha hızlı tamamlanır
- Hava şartlarından etkilenir.
- Malzeme tedarik işlemi kolaydır
- Çok fazla kırım işlemlerine ihtiyaç duymaz (Atay,2010)

Tez kapsamında ele alınan uygulanabilirlik başlığı bu alandan faydalanılarak eklenmiştir.

4. AHP ve TOPSIS YÖNTEMİ İLE EN UYGUN GÜÇLENDİRME ALTERNATİF SEÇİMİNE İLİŞKİN UYGULAMA

Uygulamanın gerçekleştirildiği proje İstanbul ilinde kurulmuş bir mühendislik firmasından temin edilmiştir. Bugüne kadar İstanbul ilinde birçok yapıya ait statik çalışmaları hayata geçirmiş ve faaliyetlerine devam etmektedir.

Projeye ait güçlendirme yöntemleri firma yetkilisi tarafından statik hesapları ve raporları yapıldığı şekliyle sunulmuştur. Yapımı tamamlanmış bir proje olmasına rağmen teze konu olan alternatif dört güçlendirme projesi olarak tekrar statik analizleri yapılmıştır. İmalatların yapım süreleri, geleneksel yöntem olan adam/saat baz alınarak inşaat yapım süresi olarak hesaplara etki ettirilmiştir. Malzeme ve işçilik fiyatları inşaat piyasasında faaliyet gösteren firmalardan alınarak hesaplara dahil ettirilmiştir. Gerçek bir projenin tamamlanma süresinin analiz edilmesi, maliyetlerinin hesaplanması ve alan kayıplarının bilinmesi uygulamacı firmaların ve kullanıcıların karar verebilmeleri için benzer projelerde ön çalışma niteliğinde olacaktır. Böylece karar vericinin beklentilerine karşılık veren en efektif projeyi elde etmesine olanak sağlayacaktır.

Çözüm aşamasında öncelikle ele alınan projeye ait bilgiler verilecektir. Ardından görüşmeler ve literatür taramasıyla elde ettiğimiz 4 güçlendirme alternatif projesinin statik çözümleri incelenecektir. İncelenen statik çözümlere ilişkin toplam imalat metrajları elde edilip güçlendirme alternatiflerine yönelik iş programları hazırlanacaktır. Elde edilen bu bilgilerin her güçlendirme alternatifi için maliyet değerleri elde edilecektir. İnşaat sektöründe faaliyet gösteren firmalar ile yapmış olduğumuz görüşmelerde elde ettiğimiz proje süresi, proje maliyeti, alan kayıpları ve uygulanabilirlik kriterlerini kendi aralarında değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirme çalışmasıyla gelen değerlerin geometrik ortalamaları alınarak AHP yardımıyla sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Ağırlıklandırılan kriterler ve güçlendirme alternatiflerinin değerleri matris haline getirilerek TOPSIS yöntemi yardımıyla efektif güçlendirme alternatifi elde edilmiştir. TOPSIS metodunun anlaşılabilmesi için adım adım çözüm sunulacaktır. Daha sonra TOPSIS metoduyla çözüm yapılarak sonuçlar bölümünde değerlendirilecektir. Tüm hesaplamalar belirtilerek güçlendirme alternatifi seçimi yapılacaktır.

4.1. Uygulama Projesine Ait Bilgiler

Çalışmaya konu olan proje, İstanbul ili Güngören ilçesinde bir konutun güçlendirme projesidir. Bir zemin ve üç normal kata sahip konut projesinde katlara çift daire konumlandırılmıştır. Sta4CAD' e girilen binaya ait bilgiler Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Proje toplam konut alanı 150,93 m², toplam ortak kullanım alanları 41,4 m², toplam inşaat alanı 603,72 m² dir.

Tablo 4.1: Sta4CAD kullanılan veriler

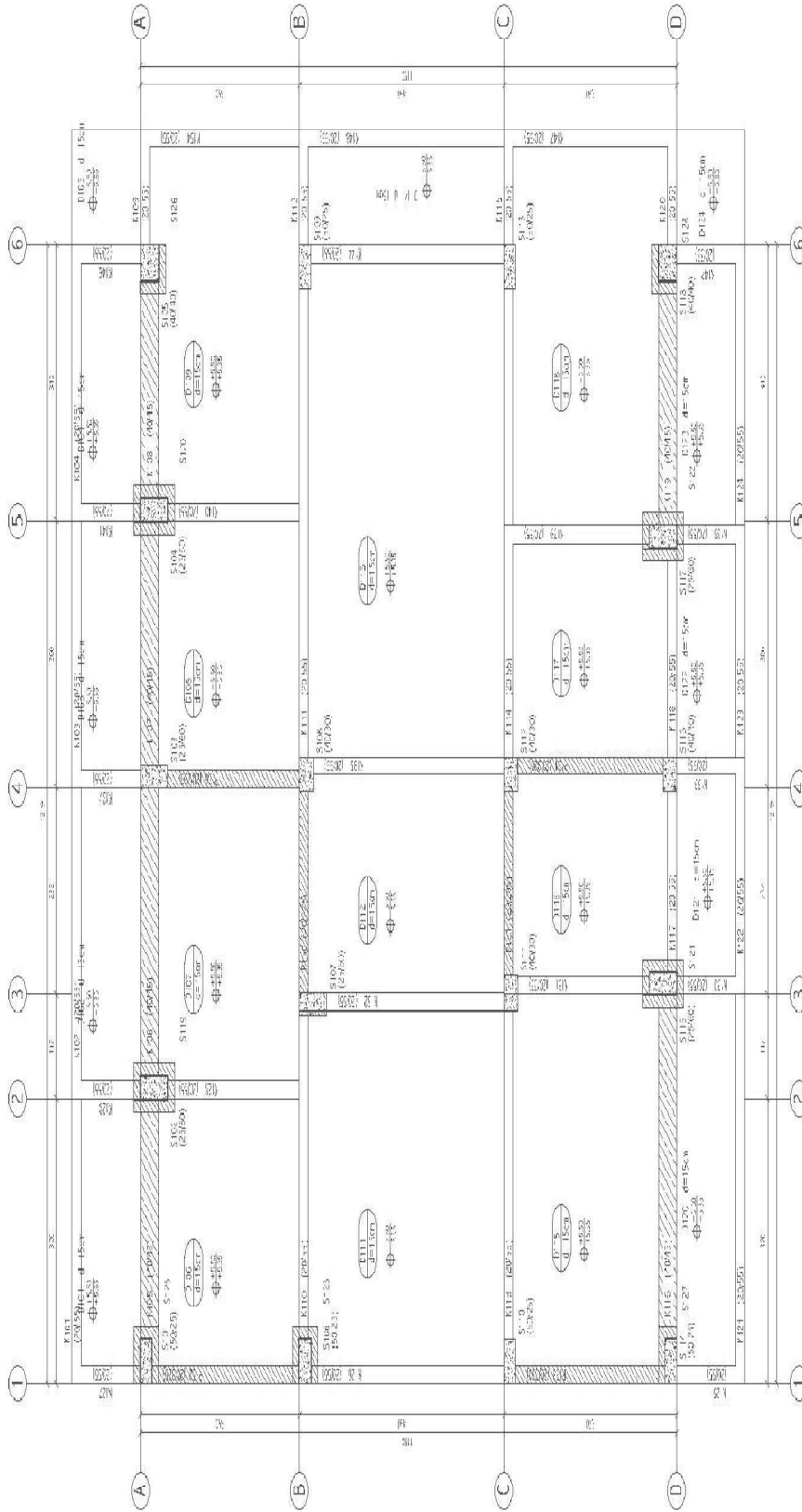
Proje ismi	Güngören Güneştepe
Kat Adedi	4
Bir Kattaki Kolon Sayısı	29
X yönü aks sayısı	41
Y yönü aks sayısı	22
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD2
Zemin Sınıfı	ZC
Bina Koordinatı (Enlem/Boylam)	41.02236/ 28.86196
Yerel Spectral İvme Katsayısı S _s /S ₁	0.998/ 0.277
Yapı Davranış Katsayısı R	4.00
Sistem Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	2.5
Spektrum Karakteristik Peryodu (T _a /T _b)	0.103 / 0.516
Hareketli Yük Katsayısı (n)	0.3
Sıfır Rölatif Hareket Yüksekliği (m)	0.00
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı C _z	1.0
Zemin Taşıma Gücü Tasarım Gerilmesi (t/m ²)	16.0
Zemin Yatak Katsayısı (t/m ³)	1800.0
Beton Yoğunluğu (t/m ³)	2.5
Genleşme Isı Farkı (°C)	0.0
Statik Analiz Yöntemi	Frame3d lineer analiz
Deprem Standardı	TBDY2018 CODE
Betonarme Hesap Yöntemi	Taşıma gücü yöntemi TS500-2000
Betonarme Kesit Donatı Hesap Yöntemi	Brüt kesite göre
Deprem Hesabı Yöntemi	Mod Süperpozisyonu ile dinamik analiz
Temel Analiz Opsiyonu	Temeller dikkate alınmadan
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değeri	0.95
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı	Düşey Deprem Analizi
Kiriş & kolon rijitlik bölgesi opsiyonu	Yarı sonsuz rijit davranış
Kiriş uçlarında elastik ankastrelik opsiyonu	Rijit bağlantı

Tez kapsamında irdelenen dört güçlendirme alternatifi, literatür taramaları ve en çok tercih edilen uygulamalar doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen bu güçlendirme alternatifleri bilgisayar ortamında doğrusal olmayan hesap yöntemiyle çözülmüştür. Bu alternatifler;

- 1- Alternatif 1:** Mantolama + Perde ekleme+ Kirişlere Dıştan etriye eklenmesi
- 2- Alternatif 2:** Perde ekleme+ LP ile sargı + Kirişlere Dıştan etriye eklenmesi
- 3- Alternatif 3:** Mantolama + Perde ekleme+ Çelik Sargı + Kirişlere Dıştan etriye eklenmesi
- 4- Alternatif 4:** Mantolama + Perde ekleme+ LP sargı + Çelik Sargı + Kirişlere Dıştan etriye eklenmesi

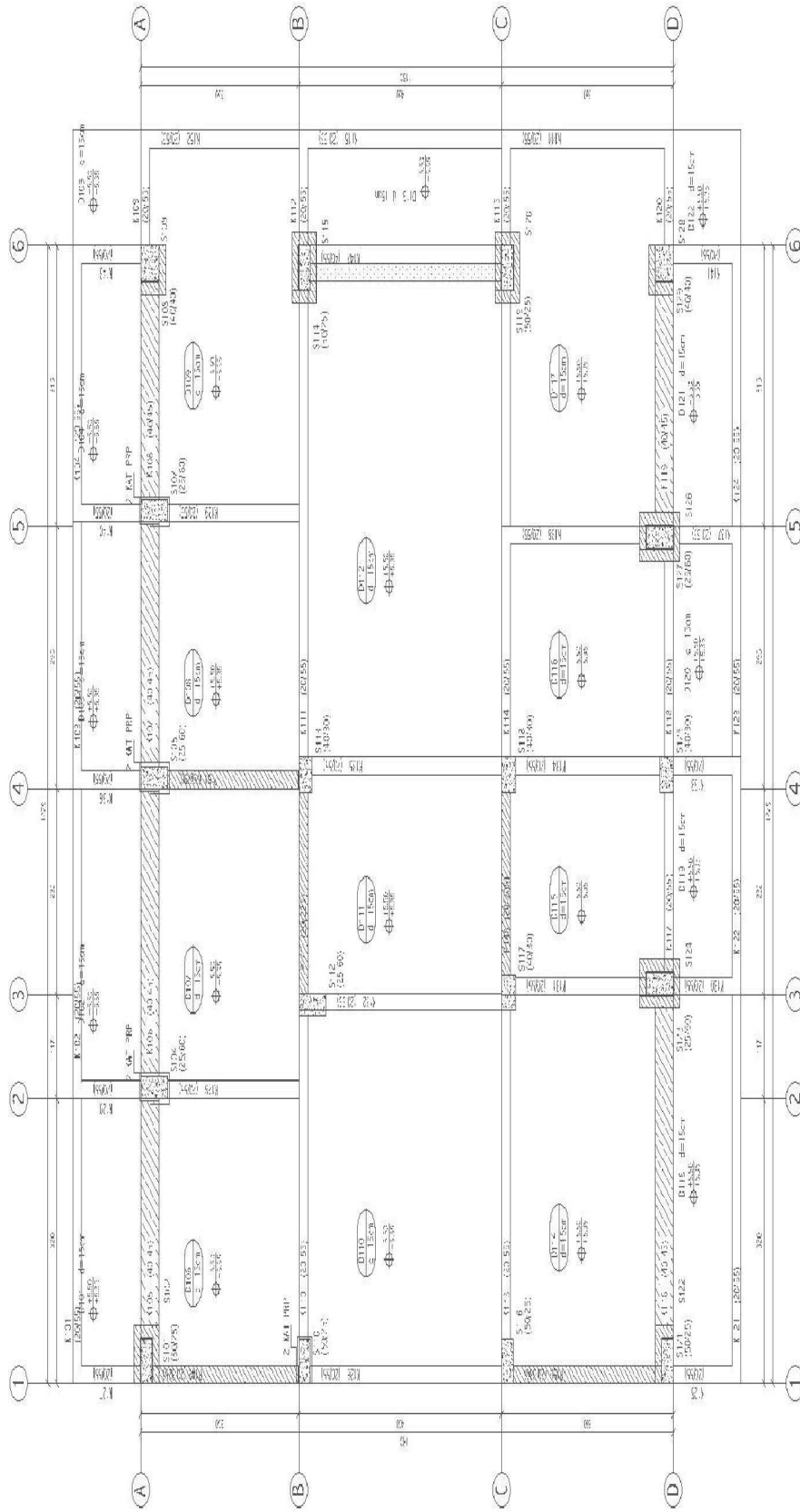
şeklinde güçlendirme alternatifleri olarak belirlenmiş olup, paket program yardımıyla çözülmüştür.

Mevcut betonarme yapı tez kapsamında incelenen dört güçlendirme alternatif ile Sta4CAD programında çözümlenerek 50 yılda aşılması planlanan deprem etkisi altında güçlendirilmiştir. Sta4CAD programı malzeme tanımında diğer bilgisayar destekli programlardan daha elverişli olduğu için seçilmiştir. Bu dört alternatife ait güçlendirme projelerinin kalıp planları Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de gösterilmiştir.



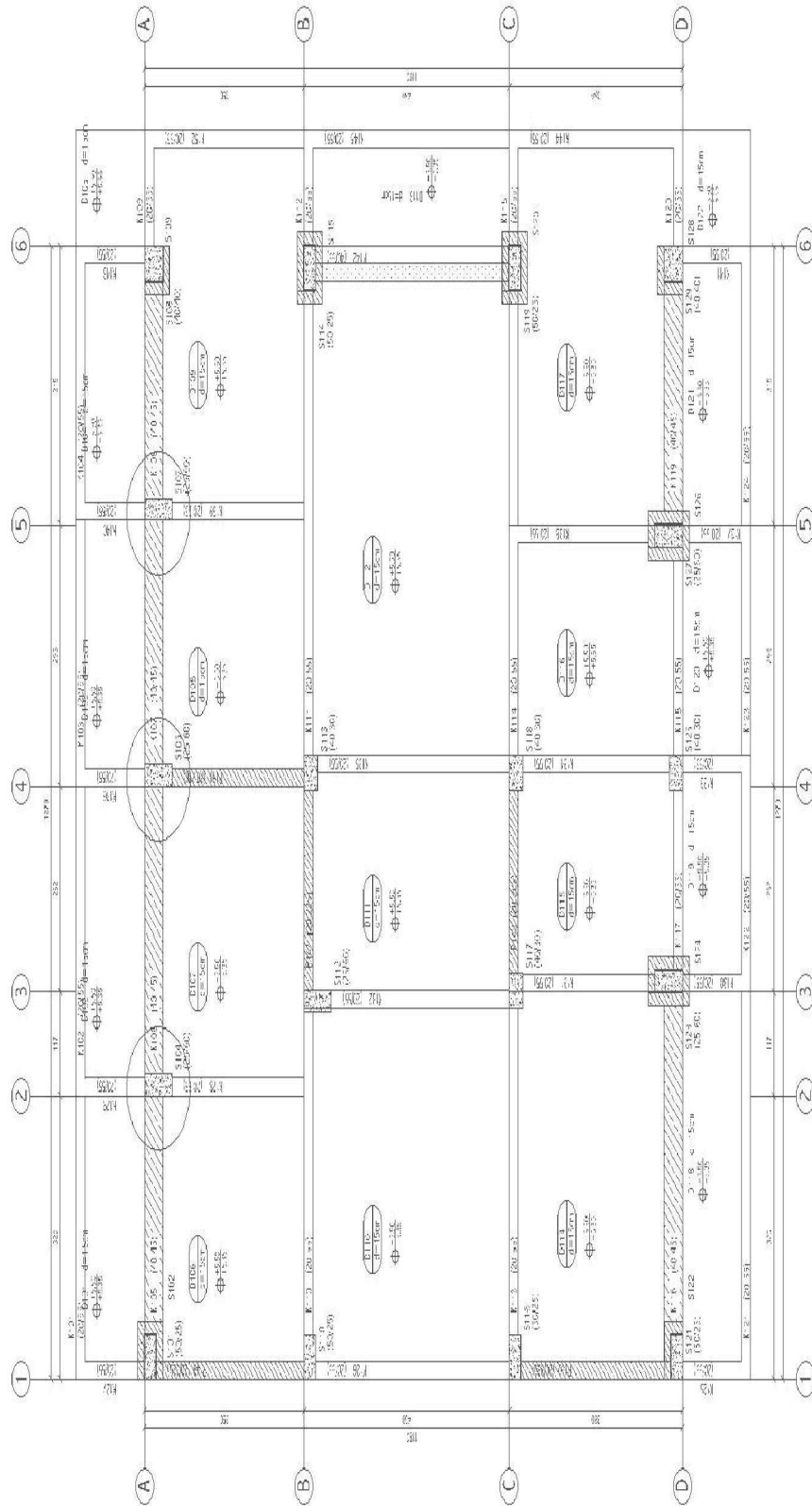
(1. YÖNTEM PERDE EKLEME + KOLON MANTOLAMA + YENİ KİRİS EKLEME)
 1. NORMAL KAT KALIP PLANI (1/50)

Şekil 4.1: Alternatif 1 Kalıp Planı



(2. YÖNTEM PERDE EKLEME+KOLON MANTOLAMA+YENİ KİRİŞ EKLEME+FRP+KİRİŞ GÜÇLENDİRME)
 1. NORMAL KAT KALIP PLANI (1/50)

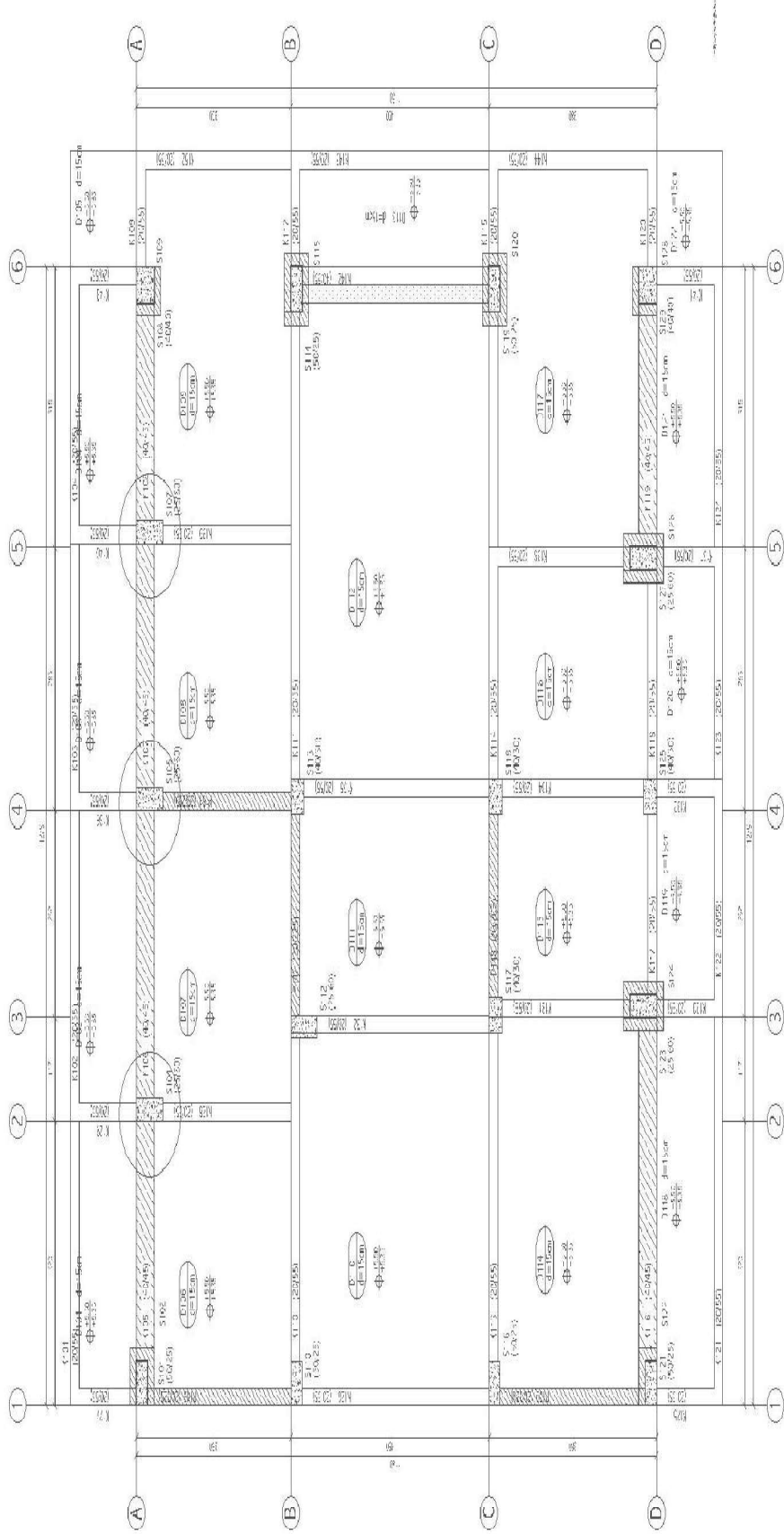
Şekil 4.2: Alternatif 2 Kalıp Planı



(3. YÖNTEM PERDE EKLEME+KOLON MANTOLAMA+YENİ KİRİŞ EKLEME+ÇELİK SARGI+KİRİŞ GÜÇLENDİRME)

1. NORMAL KAT KALIP PLANI (1/50)

Şekil 4.3: Alternatif 3 Kalıp Planı



Şekil 4.4: Alternatif 4 Kalıp Planı

(4. YÖNTEM PERDE EKLEME+KOLON MANTOLAMA+YENİ KİRİŞ EKLEME+FRP+KİRİŞ GÜÇLENDİRME)
 1. NORMAL KAT KALIP PLANI (1/50)

4.2. Uygulama Güçlendirme Proje Alternatiflerinin Süresinin Hesaplanması

Güçlendirme alternatiflerine göre statik çözümleri elde edilen projelerin, güçlendirme yöntemlerine ait iş programı hazırlanır. Bu tez kapsamında Tablo 4.2 'de genel hatlarıyla verilen imalatlar iş programının temelini hazırlanmasına yardımcı olmuştur. Güçlendirme alternatiflerine ait uygulama süresini belirleyen iş kalemleri Tablo 4.3 'de gösterilmiştir. Belirlenen imatların faaliyet sayıları ve arasındaki ilişkileri az olduğu için Gantt diyagramı tercih edilerek hazırlanmıştır. Alternatif güçlendirme yöntemlerine ait gantt diyagramları Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 'de sırasıyla verilmiştir.

Tablo 4.2: Alternatif güçlendirme yöntemlerine ait genel yapım işleri

YAPIM İŞLERİ
Donatı imatları
Kalıp imatları
CFRP imatları
Beton işleri
Çelik sargı imatları

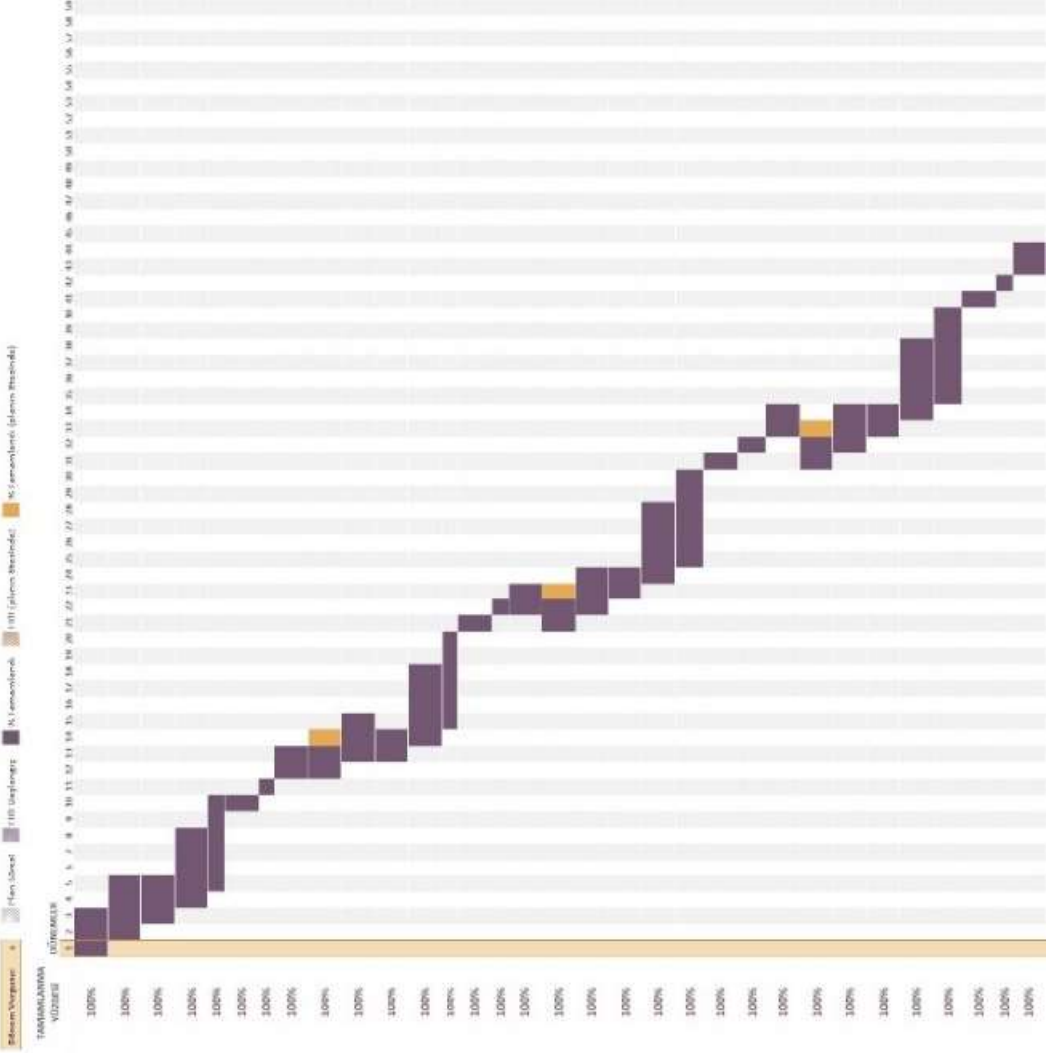
Tablo 4.3: Alternatif güçlendirme yöntemlerine ait iş kalemleri

ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2	ALTERNATİF 3	ALTERNATİF 4
İskele Kurulumu	İskele Kurulumu	İskele Kurulumu	İskele Kurulumu
Paspayı Sıyırılması	Paspayı Sıyırılması	Paspayı Sıyırılması	Paspayı Sıyırılması
Epoxy Donatı Filiz Ekimi	Kolon Silim	Kolon Silimi	Kolon Silimi
Donatı İmalatı	Kolon Yüzeyinin Hazırlığı	Kolon Yüzeyinin Hazırlığı	Kolon Yüzeyinin Hazırlığı
Kalıp İmalatı	CFRP Sargı	Çelik Sargı	CFRP Sargı
Beton Dökümü	Epoxy Donatı Filiz Ekimi	Epoxy Donatı Filiz Ekimi	Çelik Sargı
Kalıp Sökümü	Donatı İmalatı	Donatı İmalatı	Epoxy Donatı Filiz Ekimi
İskele Demontajı	Kalıp İmalatı	Kalıp İmalatı	Donatı İmalatı
-	Beton Dökümü	Beton Dökümü	Kalıp İmalatı
-	Kalıp Sökümü	Kalıp Sökümü	Beton Dökümü
-	İskele Demontajı	İskele Demontajı	Kalıp Sökümü
-	-	-	İskele Demontajı

ALTERNATİF 1 İŞ AKIŞI

Projedeki işi gerçekleştirme için alternatif iş akışları göstermektedir. Çizimdeki iş akışları, projedeki iş akışlarının bir kısmını göstermektedir.

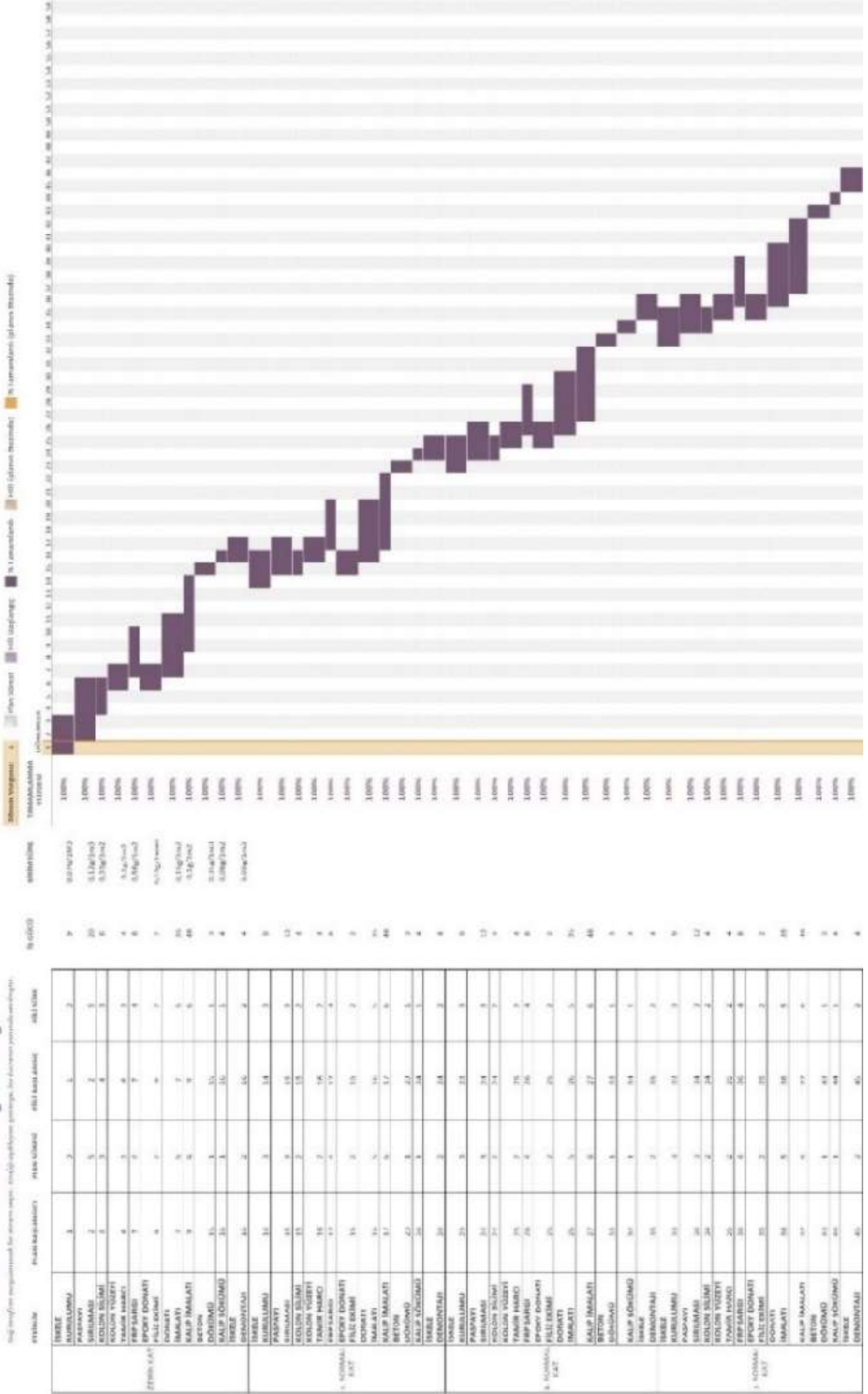
ETİKİT	PLAN BAŞLANGIÇ	PLAN SONUŞ	FİJİ BAŞLANGIÇ	FİJİ SONUŞ
İŞİLE KURULUMU	1	3	1	3
PASPAYI SİRLİMESİ	3	4	3	4
EPOKY DÖNÜŞ FİJİ EKİMİ	3	3	3	3
DÖNÜŞ İMALATI	4	8	4	8
KALIP İMALATI	5	8	5	8
BETON DÖKÜMÜ	10	1	10	1
KALIP SÖKÜMÜ	11	1	11	1
İŞİLE DEKONTAJI	12	2	12	2
İŞİLE KURULUMU	12	2	12	2
PASPAYI SİRLİMESİ	13	3	13	3
EPOKY DÖNÜŞ FİJİ EKİMİ	13	2	13	2
DÖNÜŞ İMALATI	14	5	14	5
KALIP İMALATI	15	6	15	6
BETON DÖKÜMÜ	21	1	21	1
KALIP SÖKÜMÜ	22	1	22	1
İŞİLE DEKONTAJI	22	2	22	2
İŞİLE KURULUMU	23	2	23	2
PASPAYI SİRLİMESİ	22	3	22	3
EPOKY DÖNÜŞ FİJİ EKİMİ	23	2	23	2
DÖNÜŞ İMALATI	24	5	24	5
KALIP İMALATI	25	8	25	8
BETON DÖKÜMÜ	31	1	31	1
KALIP SÖKÜMÜ	32	1	32	1
İŞİLE DEKONTAJI	33	2	33	2
İŞİLE KURULUMU	34	3	34	3
PASPAYI SİRLİMESİ	35	3	35	3
EPOKY DÖNÜŞ FİJİ EKİMİ	35	2	35	2
DÖNÜŞ İMALATI	36	5	36	5
KALIP İMALATI	37	8	37	8
BETON DÖKÜMÜ	41	1	41	1
KALIP SÖKÜMÜ	42	1	42	1
İŞİLE DEKONTAJI	43	2	43	2



Şekil 4.5: Güçlendirme alternatifi 1 'e ait Gantt Diyagramı

ALTERNATİF 2 İŞ AKIŞI

İşin her aşamasında bir sonraki aşamaya geçiş için gerekli süreler aşağıdaki gibidir.

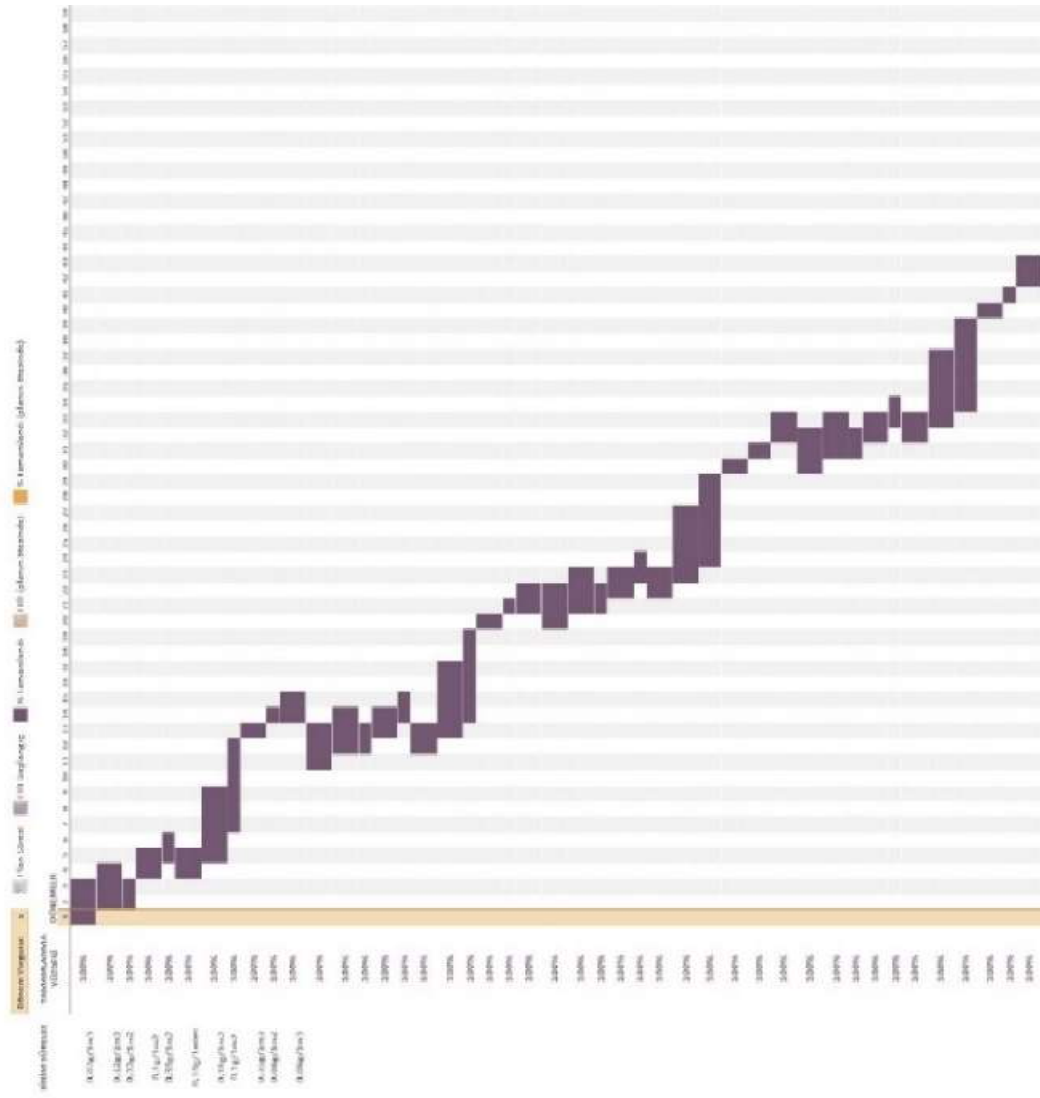


Şekil 4.6: Güçlendirme alternatifi 2 'e ait Gantt Diyagramı

ALTERNATİF 3 İŞ AKIŞI

Göçümlenmiş ve ölçeklendirilmiş bir alternatif iş akışı. En güçlü alternatifleri belirlemek için Alternatifler Analizine (ANALİZ) girin.

İş Akışı	Planlanılan Süre	Planlanılan Başlangıç	Planlanılan Bitiş	İstisna
1. KAT				
KURULUMLU	1	1	1	1
PAZARLATMA	2	2	2	2
YERİNDİRME	3	3	3	3
ACTION SİSTEMİ	4	4	4	4
YERİNDİRME	5	5	5	5
PAZARLATMA	6	6	6	6
YERİNDİRME	7	7	7	7
PAZARLATMA	8	8	8	8
YERİNDİRME	9	9	9	9
PAZARLATMA	10	10	10	10
YERİNDİRME	11	11	11	11
PAZARLATMA	12	12	12	12
YERİNDİRME	13	13	13	13
PAZARLATMA	14	14	14	14
YERİNDİRME	15	15	15	15
PAZARLATMA	16	16	16	16
YERİNDİRME	17	17	17	17
PAZARLATMA	18	18	18	18
YERİNDİRME	19	19	19	19
PAZARLATMA	20	20	20	20
YERİNDİRME	21	21	21	21
PAZARLATMA	22	22	22	22
YERİNDİRME	23	23	23	23
PAZARLATMA	24	24	24	24
YERİNDİRME	25	25	25	25
PAZARLATMA	26	26	26	26
YERİNDİRME	27	27	27	27
PAZARLATMA	28	28	28	28
YERİNDİRME	29	29	29	29
PAZARLATMA	30	30	30	30
YERİNDİRME	31	31	31	31
PAZARLATMA	32	32	32	32
YERİNDİRME	33	33	33	33
PAZARLATMA	34	34	34	34
YERİNDİRME	35	35	35	35
PAZARLATMA	36	36	36	36
YERİNDİRME	37	37	37	37
PAZARLATMA	38	38	38	38
YERİNDİRME	39	39	39	39
PAZARLATMA	40	40	40	40
YERİNDİRME	41	41	41	41
PAZARLATMA	42	42	42	42
YERİNDİRME	43	43	43	43
PAZARLATMA	44	44	44	44
YERİNDİRME	45	45	45	45
PAZARLATMA	46	46	46	46
YERİNDİRME	47	47	47	47
PAZARLATMA	48	48	48	48
YERİNDİRME	49	49	49	49
PAZARLATMA	50	50	50	50

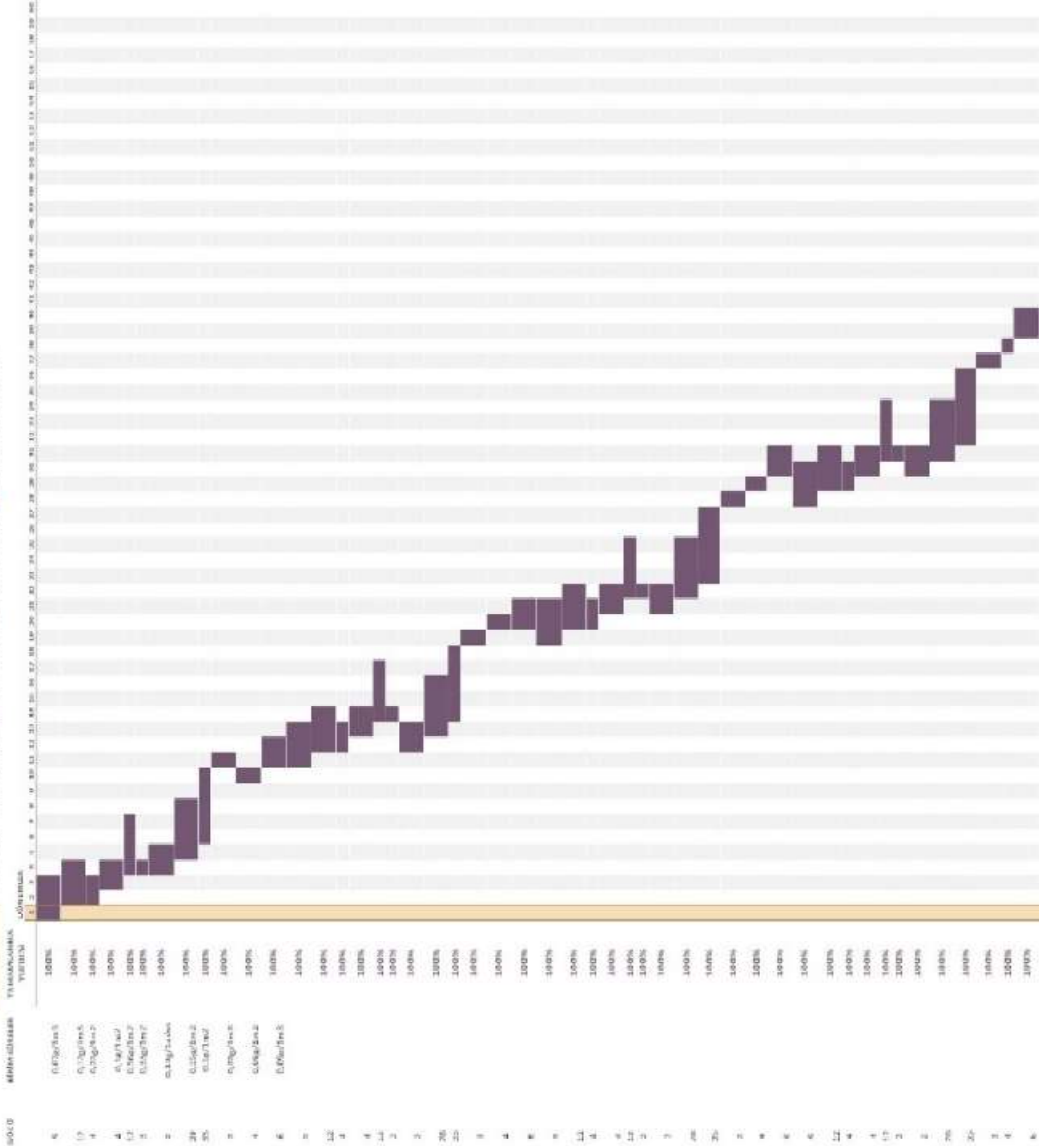


Şekil 4.7: Güçlendirme alternatifi 3 ‘e ait Gantt Diyagramı

ALTERNATİF 4 İŞ AKIŞI

Alt yapıya ilgili işler için özet bilgi. Herhangi bir işin başlangıcı veya sonu, ilgili işin başlangıcı veya sonu ile aynıdır.

İşin No	İşin Adı	İşin Çatısı	İşin Başlangıç Tarihi	İşin Bitiş Tarihi
1	İŞİLEME	1	1	3
2	PAZAR	2	4	5
3	KOLONLAMA	3	2	3
4	KOLON YÜZLEŞİ	4	2	3
5	TAMİR HARBİ	5	5	7
6	ÇİFT HARBİ	6	5	7
7	İKİNCİ HARBİ	7	1	3
8	İKİNCİ HARBİ	8	4	7
9	İKİNCİ HARBİ	9	4	7
10	İKİNCİ HARBİ	10	4	7
11	İKİNCİ HARBİ	11	4	7
12	İKİNCİ HARBİ	12	4	7
13	İKİNCİ HARBİ	13	4	7
14	İKİNCİ HARBİ	14	4	7
15	İKİNCİ HARBİ	15	4	7
16	İKİNCİ HARBİ	16	4	7
17	İKİNCİ HARBİ	17	4	7
18	İKİNCİ HARBİ	18	4	7
19	İKİNCİ HARBİ	19	4	7
20	İKİNCİ HARBİ	20	4	7
21	İKİNCİ HARBİ	21	4	7
22	İKİNCİ HARBİ	22	4	7
23	İKİNCİ HARBİ	23	4	7
24	İKİNCİ HARBİ	24	4	7
25	İKİNCİ HARBİ	25	4	7
26	İKİNCİ HARBİ	26	4	7
27	İKİNCİ HARBİ	27	4	7
28	İKİNCİ HARBİ	28	4	7
29	İKİNCİ HARBİ	29	4	7
30	İKİNCİ HARBİ	30	4	7
31	İKİNCİ HARBİ	31	4	7
32	İKİNCİ HARBİ	32	4	7
33	İKİNCİ HARBİ	33	4	7
34	İKİNCİ HARBİ	34	4	7
35	İKİNCİ HARBİ	35	4	7
36	İKİNCİ HARBİ	36	4	7
37	İKİNCİ HARBİ	37	4	7
38	İKİNCİ HARBİ	38	4	7
39	İKİNCİ HARBİ	39	4	7
40	İKİNCİ HARBİ	40	4	7
41	İKİNCİ HARBİ	41	4	7
42	İKİNCİ HARBİ	42	4	7
43	İKİNCİ HARBİ	43	4	7
44	İKİNCİ HARBİ	44	4	7
45	İKİNCİ HARBİ	45	4	7
46	İKİNCİ HARBİ	46	4	7
47	İKİNCİ HARBİ	47	4	7
48	İKİNCİ HARBİ	48	4	7
49	İKİNCİ HARBİ	49	4	7
50	İKİNCİ HARBİ	50	4	7
51	İKİNCİ HARBİ	51	4	7
52	İKİNCİ HARBİ	52	4	7
53	İKİNCİ HARBİ	53	4	7
54	İKİNCİ HARBİ	54	4	7
55	İKİNCİ HARBİ	55	4	7
56	İKİNCİ HARBİ	56	4	7
57	İKİNCİ HARBİ	57	4	7
58	İKİNCİ HARBİ	58	4	7
59	İKİNCİ HARBİ	59	4	7
60	İKİNCİ HARBİ	60	4	7



Şekil 4.8: Güçlendirme alternatifi 4 ‘e ait Gantt Diyagramı

4.3. Güçlendirme Alternatiflerinin Proje Maliyetlerinin Hesaplanması

Öncelikle güçlendirme alternatiflerinin statik projelerinden elde edilen metraj değerleri hesaplanır. Elde edilen metraj değerlerine göre adam/saat yöntemi ile gantt diyagramları elde edilmiştir. Alternatiflere ait metraj değerleri Tablo 4.4’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Güçlendirme Proje Alternatiflerinin Metrajları

Güçlendirme Projelerinin Metrajları	Beton (M ³)	Cfrp (M ²)	Donatı (Kg)	Çelik Sargı (kg)	Proje Süreleri (Gün)	Toplam İş Gücü (Adam/Saat)	Alan Kayıpları (M ²)
Alternatif 1	78.58	-	12119.10	-	44.00	472.00	5.83
Alternatif 2	68.15	24.60	10505.20	-	46.00	542.00	3.88
Alternatif 3	63.22	-	11087.20	10,66	43.00	524.00	3.88
Alternatif 4	79.44	36.40	13071.50	3,62	40.00	607.00	3.88

İnşaat piyasasından alınan güncel imalat fiyatlarının metraj değerleri ile çarpımı sonucunda güçlendirme alternatiflerinin metraj değerleri ile çarpılarak maliyetler bulunmuştur. Bulunan değerler Tablo 4.5’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Piyasalardan alınan güncel imalat fiyatlarının metrajlar ile çarpımı sonucu

Güçlendirme Projelerinin Maliyetleri (TL)	Beton Maliyeti	CFRP Maliyeti	Donatı Maliyeti	Çelik Sargı Maliyeti	İş Gücü Maliyetleri	Toplam Maliyetler
Alternatif 1	₺58,935.00	-	₺193,905.60	-	₺200,600.00	₺453,440.60
Alternatif 2	₺51,112.50	₺32,373.60	₺168,083.20	-	₺230,350.00	₺481,919.30
Alternatif 3	₺47,415.00	-	₺177,395.20	₺28,971.00	₺222,700.00	₺476,481.20
Alternatif 4	₺59,580.00	₺47,902.40	₺209,144.00	₺9,831.00	₺257,975.00	₺584,432.40

4.4. Güçlendirme Projeleri için Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması

AHP yöntemi ile ağırlık değerleri hesabına etki eden başlıklar ve bilgiler şu şekildedir;

1. Proje Kriterlerinin Belirlenme Süreci
2. Görüşülen Şirketlerin Bilgileri
3. Görüşmeler Sonucunda Belirlenen Kriterler

4.4.1. Proje Seçim Kriterleri Belirleme Süreci

Alternatif güçlendirme tekniklerinin, kısıt değerlerinin belirlenmesinde inşaat sektöründe direk ve dolaylı yoldan faaliyet gösteren beş şirket ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

4.4.1.1. Görüşülen birinci şirket

➤ Şirket bilgileri

Görüşmenin gerçekleştirildiği taahhüt firması 2003 yılında ticari faaliyetlerine başlamıştır. Faaliyet gösterdiği sektörler: inşaat, gayrimenkul, inşaat taahhüt projeleridir.

➤ Görüşme sonucunda belirlenen kriterler

Şirketin teknik yönetim kadrosu ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenen başlıklar hiyerarşik bir yapı olmadan listelenmiştir. Ana ve alt kriterler aşağıdaki gibidir:

- Finansal
 - Beklenen kar
 - Yatırım beklentileri
 - Başa-baş noktası
 - Finansman maliyeti
- Deprem performansı

- Güçlendirilmesi hedeflenen betonarme yapının deprem performansını maksimum seviyede sağlaması.
- Teknik
 - Yapının kalitesi
 - Uygulanabilirlik
- Müşteri beklentileri
 - Hedeflenen beklentiye sağlaması
 - Müşteriye kazancı
 - Bölgedeki rayiç değerler

4.4.1.2. Görüşülen ikinci şirket

➤ Şirket bilgileri

Görüşmenin gerçekleştirildiği müteahhitlik firması 2017 yılında ticari faaliyetlerine başlamıştır. Faaliyet gösterdiği sektörler: inşaat, gayrimenkul, taahhüt projeleridir. İstanbul ili Anadolu Yakası'nda aktif faaliyet gösteren bir firmadır.

➤ Görüşme sonucunda belirlenen kriterler

- Yıkıp- yeniden yapma maliyetleri
- Teknik yeterlilik
- Güçlendirme projelerinin uygulanabilirliği
- Proje süresi
- Güçlendirme projesinden dolayı oluşacak kesitlerden dolayı alan kayıpları

4.4.1.3 Görüşülen üçüncü şirket

➤ Şirket Bilgileri

Görüşmenin gerçekleştirildiği müteahhitlik firması 1981 yılında ticari faaliyetlerine başlamıştır. Faaliyet gösterdiği sektörler, mimarlık-mühendislik, inşaat, restorasyon, taahhüt projeleridir.

➤ Görüşme sonucunda belirlenen kriterler

- Finansman maliyetleri
- Proje süresi
- Alan kayıpları

- Deprem performansı

4.4.1.4 Görüşülen dördüncü şirket

➤ Şirket Bilgileri

Görüşmenin gerçekleştirildiği müteahhitlik firması 2018 yılında ticari faaliyetlerine başlamıştır. Faaliyet gösterdiği sektörler, mimarlık-mühendislik, inşaat, taahhüt projeleridir.

➤ Görüşme sonucunda belirlenen kriterler

- Proje maliyeti
- Proje süresi
- Katlanılması gereken alan kayıpları

4.4.1.5 Görüşülen beşinci şirket

➤ Şirket Bilgileri

Görüşmenin gerçekleştirildiği müteahhitlik firması 2011 yılında ticari faaliyetlerine başlamıştır. Faaliyet gösterdiği sektörler, mimarlık-mühendislik, inşaat, taahhüt projeleridir.

➤ Görüşme sonucunda belirlenen kriterler

- Proje maliyeti
- Proje süresi

4.4.2 Kriterlere dair literatür taraması

Yapının deprem güvenliğine ait çözümlerin değerlendirilmesi için yapının yaşam döngü maliyeti ve fayda/maliyet analizleri vb. kriterleri değerlendirilip en optimal çözüm dair nihai karar verilir. (Yılmaz,2016)

Van ilimizin, Erciş ilçesinde iş merkezi olarak tasarlanıp inşa edilen betonarme yapı Van depreminde ciddi hasar almış ve deprem güvenilirliğini kaybetmiştir. Güçlendirme çözümleri doğrultusunda tekrar tasarlanmış ve otopark girişi kapatılarak iç ve dış cepheden 15cm kalınlığında mantolama tekniği ile

güçlendirilmiştir. (Bikçe, 2017) Deprem güvenilirliğini kaybetmiş ticari bir yapının maruz kaldığı alan kayıpları ve işlevsiz hale gelen mahalleri bulunmaktadır.

Güçlendirme teknikleri kullanılırken: Betonarme yapıya ait taşıyıcı elemanların fiziksel yapısı (beton basınç dayanımı, donatı çeliği sınıfı, binanın yaşı, binanın kalitesi, gibi) uygulanacak güçlendirme tekniği için önem arz etmektedir (Yılmaz, 2016). Fiziksel yapısında onarılamaz deformasyonlar olması durumunda kullanılacak malzemelerden performans beklenememekte ve yapı elemanına uygulanamamaktadır (Atay,2010).

➤ **Görüşme sonucunda belirlenen kriterler**

Görüşmeler ve literatür taramalarından sonra elde edilen ve bu tez kapsamında incelenecek olan kriterler sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

- **Proje maliyeti:** Güçlendirme projesini etkileyen faaliyetlerin parasal değeri.
- **Proje imalat süreleri:** Güçlendirme projesindeki faaliyetlerin proje süresindeki gün olarak değeri.
- **Alan kayıpları:** Güçlendirme projesi uygulandıktan sonra betonarme yapının maruz kaldığı brüt alan kayıplarıdır.
- **Uygulanabilirlik:** Güçlendirme tekniklerinin yapı elemanının fiziksel özelliklerine göre uygulanabilir veya uygulanamaz olduğu durumların değerlendirmesidir.

4.4.2.1. Proje Kriterlerinin Ağırlıklandırılması

Belirlenen proje seçim kriterleri; anket formatında hazırlanıp, AHP önem ölçeği kullanılarak inşaat sektöründe faaliyet gösteren 5 firmadan değerlendirmeleri istenmiştir. Ek1- Ek2- Ek3- E4-Ek5'te şirketlerin ikili karşılaştırma değerleri verilmiştir. Her anket sonucunun tutarlılık oranı hesaplanmış ve değerler tutarlı çıkmıştır. Ek6-Ek7-Ek8-Ek9-Ek10 'da anket değerlerinin tutarlılık hesapları verilmiştir. Anket sonuçlarının elde edilen değerlerinin geometrik ortalamaları alınarak AHP metoduyla ağırlıkları elde edilmiştir. Sürece ait adımlar aşağıdaki gibidir:

Geometrik ortalaması alınan kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.6' da gösterilmiştir.

Tablo 4.6: İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	n=4			Uygulanabilirlik
	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	
Proje Maliyeti	1	5,50	9,00	9,43
Proje Süresi	0,167	1	4,50	5,80
Alan Kayıpları	0,111	0,222	1	1,17
Uygulanabilirlik	0,111	0,167	0,857	1

Elde edilen ikili karşılaştırma matrisinin her değerinin bulunduğu sütundaki değerlerin toplamına bölünerek her değeri normalize edilir. Her satırın aritmetik ortalamalarının alınması ile o kriterin ağırlıkları elde edilir. Normalizasyon değerleri ve kriter ağırlıkları Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7: İki Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

NORMALİZE MATRİS	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik	Ağırlıklar
Proje Maliyeti	0.72	0.80	0.59	0.54	0.66
Proje Süresi	0.13	0.14	0.29	0.33	0.22
Alan Kayıpları	0.08	0.03	0.07	0.07	0.06
Uygulanabilirlik	0.08	0.02	0.06	0.06	0.05

İkili karşılaştırma matrisi ile kriter ağırlıklar matrislerinin matris çarpımları yapılarak normalize matris değerleri elde edilir. Uygulamaya ait normalize matris Tablo 4.8 'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Normalize Matrisi

NORMALİZE MATRİS	A*Wtranspoze
Proje Maliyeti	2.961
Proje Süresi	0.927
Alan Kayıpları	0.246
Uygulanabilirlik	0.215

Ağırlıkları ve normalize matrisi hesaplanan ikili karşılaştırma matrisimizin tutarlı olup olmadığı irdelenmelidir. İkili karşılaştırma matrisimiz tutarlı değilse ağırlık matrisindeki değerler kullanılamaz ve adımlar baştan ele alınarak işlem adımları tekrarlanır. Tablo 4.9’da hesap değerleri verilmiştir.

Tablo 4.9: Ağırlıkları ve normalize matrisi

$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}$	4.479
	4.128
	4.051
	4.009
ORTALAMA	4.167

Tutarlılık İndeksi (TI) : $\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$

Tutarlılık Oranı (TO): $\frac{TI}{RI}$

TI= 0,056

TO= 0,89

CR= TI/TO= 0,063 <0,1 ikili karşılaştırma matrisimize ait değerlerin tutarlı olduğu hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan kriter ağırlık değerleri kullanılabilir.

4.5. TOPSIS Yöntemi ile Güçlendirme Alternatifinin Seçimi

İnşaat sektöründe aktif rol alan şirketler ve literatür araştırmaları sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda güçlendirme alternatifleri belirlenmiştir. Elde edilen seçim kriterinden oluşan proje değerlendirme anketi İnşaat sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin ilgili sorumlu kişileri tarafından değerlendirilmesi istenmiştir.

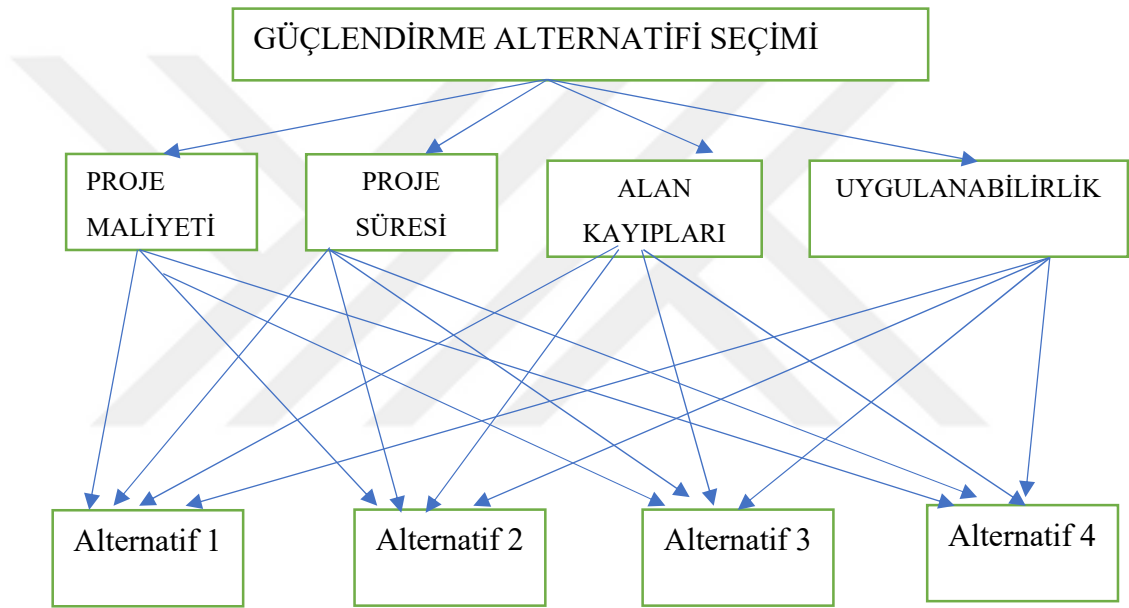
Değerlendirmeler sonucunda ortaya konan proje seçim kriterleri aşağıda listelenmiş olup hiyerarşik yapısı Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.

K1: Proje Maliyeti

K2: Proje Süresi

K3: Alan Kayıpları

K4: Uygulanabilirlik



Şekil 4.9: Proje Seçim Kriterlerinin Hiyeraşik Yapısı

TOPSIS yöntemi kullanılarak verilecek karar için işlem aşamalarını kapsayan hesaplamalar aşağıda özetlenmiştir.

4.5.1. Karar Matrisinin oluşturulması

İnşaat şirketleri tarafından değerlendirilen anket sonuçlarından elde edilen değerler ve literatür taraması sonucu elde edilen güçlendirme alternatifleri sayılaştırılıp karar matrisi halinde Tablo 4.10' da gösterilmiştir.

Tablo 4.10: Karar Matrisi

Ağırlıklar	0.66	0.22	0.06	0.05
	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF1	499,340.00	110	5.83	5
ALTERNATİF 2	527,819.00	150	3.88	3
ALTERNATİF 3	525,781.00	140	3.88	4
ALTERNATİF 4	579,332.00	145	3.88	4

4.5.2. Normalize edilmiş karar matrisi

Karar matrisi oluşturulmasından sonraki adım normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Bu matris elde edilirken (2.2) ve (2.3) no'lu denklemlerden yararlanılmıştır. Proje detaylarına ait normalleştirilmiş karar matrisi Tablo 4.11' de verilmiştir.

Tablo 4.11: Normalleştirilmiş Karar Matrisi

	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF1	0.4677	0.401	0.655	0.615
ALTERNATİF 2	0.494	0.547	0.436	0.369
ALTERNATİF 3	0.492	0.511	0.436	0.492
ALTERNATİF 4	0.543	0.529	0.436	0.492

4.5.3. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

Bu aşamaya gelindiğinde; normalize edilmiş olan karar matrisinin ağırlıklar matrisiyle çarpılması sonucunda elde edilir. Bu değerleri (3.4) numaralı denklemden yararlanılarak hesaplanır. Örnek uygulama projesine ait ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Tablo 4.12' de verilmiştir.

Tablo 4.12: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu

	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF1	0.309	0.090	0.039	0.033
ALTERNATİF 2	0.327	0.123	0.026	0.019
ALTERNATİF 3	0.325	0.115	0.026	0.026
ALTERNATİF 4	0.358	0.119	0.0265	0.026

4.5.4. Pozitif ve ideal- negatif çözümlerin belirlenmesi

Bu aşamada hesaplanan değerlerin optimal çözüme uzaklıkların sayısal değerleri (2.5) ve (2.6) numaraları denklemler kullanılarak değerler hesaplanır. S_{ij}^* optimal çözüme pozitif uzaklığı, S_{ij}^- optimal çözüme negatif uzaklığa olan mesafeleri göstermektedir. Örnek uygulamamıza ait alternatiflerin optimal çözüme pozitif uzaklık değerleri Tablo 4.13' de, alternatiflerin optimal çözüme negatif uzaklık değerleri Tablo 4.14' de gösterilmiştir.

Tablo 4.13: S_{ij}^* Matrisi Tablosu

	S_{ij}^*
ALTERNATİF1	0.013
ALTERNATİF 2	0.039
ALTERNATİF 3	0.033
ALTERNATİF 4	0.058

Tablo 4.14: S_{ij}^- Matrisi Tablosu

	S_{ij}^-
ALTERNATİF1	0.061
ALTERNATİF 2	0.035
ALTERNATİF 3	0.037
ALTERNATİF 4	0.015

4.5.5. Yakınlık hesaplamaları

Son olarak, alternatiflerin yakınlık hesaplamaları yapılır. Ağırlıklandırıp normalize ettiğimiz karar matrisinden yararlanılarak ideal çözüm ve ideal-negatif çözümlerin birbirlerine olan uzaklıkları hesaplanır. Bu aşamada amaçlanan, optimal çözüme görece yakınlığın hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılmaktadır. Bu değerlerin hesaplanmasında (2.7) numaralı denklem kullanılmıştır. Örnek uygulamamızda elde etmiş olduğumuz değerlerin yakınlık hesapları yapılarak Tablo 4.15’ de gösterilmiştir. Karar vericilerin belirlemiş olduğu ağırlıklar doğrultusunda kriterlerden beklentiler; minimum maliyet, minimum süre, minimum alan kaybı ve maksimum uygulanabilirlik kapsamı içinde en efektif güçlendirme alternatif seçimi yapılmıştır. Karar probleminde hedeflenmiş amaç doğrultusunda ve hesaplamalar açısından en optimal güçlendirme alternatif çözümünün Alternatif 1 olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.15: C_i^* Matrisi Tablosu

C_i^*	
ALTERNATİF 1	0.820
ALTERNATİF 2	0.467
ALTERNATİF 3	0.552
ALTERNATİF 4	0.211

5. ALTERNATİF SENARYO ÇALIŞMALARI

Bu başlık altında karar vericinin değerlendirmelerinin değişmesi durumunda güçlendirme alternatif sonucunun değişip değişmediği irdelenecektir.

5.1. Ağırlıklar Eşit Öneme Sahip Olduğu Durumda

Karar verici için kriterler eşit öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatif seçimine ilişkin işlem adımları Tablo 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Karar Matrisi

AĞIRLIKLAR	0.25	0.25	0.25	0.25
	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF1	499,340.00	110	5.83	5
ALTERNATİF 2	527,819.00	150	3.88	3
ALTERNATİF 3	525,781.00	140	3.88	4
ALTERNATİF 4	579,332.00	145	3.88	4

Tablo 5.2: Normalize edilmiş karar matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.468	0.401	0.655	0.615
ALTERNATİF 2	0.494	0.547	0.436	0.369
ALTERNATİF 3	0.492	0.511	0.436	0.492
ALTERNATİF 4	0.543	0.529	0.436	0.492

Tablo 5.3: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF1	0.117	0.101	0.164	0.154
ALTERNATİF 2	0.124	0.137	0.109	0.092
ALTERNATİF 3	0.123	0.128	0.109	0.123
ALTERNATİF 4	0.136	0.132	0.109	0.123
V+	0.117	0.101	0.109	0.154
V-	0.136	0.137	0.164	0.092

Kriterler eşit öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatiflerinde incelemiş olduğumuz projede Alternatif 3'ün optimal bir çözüm olduğu ortaya çıkmaktadır. Tablo 5.4 'de üçüncü sırada C_i^* değeridir.

Tablo 5.4: Pozitif ve ideal-negatif çözümlerin belirlenmesi

S_i^*	S_i	C_i^*
0.054795311	0.073946112	0.574377
0.071844892	0.05610711	0.438501
0.04162997	0.064728674	0.608589
0.048120194	0.063010054	0.566993

5.2. Proje Maliyeti En Önemli Olduğu Durumda

Karar verici için kriterlerden proje maliyeti %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatif seçimine ilişkin işlem adımları Tablo 5.5, 5.6, 5.7 ve 5.8 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Karar Matrisi

AĞIRLIKLAR	0.70	0.10	0.10	0.10
BAŞLIKLAR	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	499,340.00	110	5.83	5
ALTERNATİF 2	527,819.00	150	3.88	3
ALTERNATİF 3	525,781.00	140	3.88	4
ALTERNATİF 4	579,332.00	145	3.88	4

Tablo 5.6: Normalize edilmiş Karar matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.468	0.401	0.655	0.615
ALTERNATİF 2	0.494	0.547	0.436	0.369
ALTERNATİF 3	0.492	0.511	0.436	0.492
ALTERNATİF 4	0.543	0.529	0.436	0.492

Tablo 5.7: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.327	0.040	0.066	0.062
ALTERNATİF 2	0.346	0.055	0.044	0.037
ALTERNATİF 3	0.348	0.051	0.044	0.049
ALTERNATİF 4	0.380	0.053	0.044	0.049
V+	0.327	0.040	0.044	0.062
V-	0.380	0.055	0.066	0.037

Kriterlerden proje maliyeti %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatiflerinde incelemiş olduğumuz projede Alternatif 1'in optimal bir çözüm olduğu ortaya çıkmaktadır. Tablo 5.8 'de birinci sırada C_i^* değeridir.

Tablo 5.8: Pozitif ve İdeal-negatif çözümlerin belirlenmesi

S_i^*	S_i^-	C_i^*
0.022	0.060	0.732
0.034	0.040	0.541
0.024	0.043	0.644
0.055	0.025	0.313

5.3. Uygulama Süreleri En Önemli Olduğu Durumda

Karar verici için kriterlerden uygulama süresi %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatif seçimine ilişkin işlem adımları Tablo 5.9, 5.10, 5.11 ve 5.12 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.9: Karar matrisi

AĞIRLIKLAR	0.10	0.70	0.10	0.10
	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	499,340.00	110	5.83	5
ALTERNATİF 2	527,819.00	150	3.88	3
ALTERNATİF 3	525,781.00	140	3.88	4
ALTERNATİF 4	579,332.00	145	3.88	4

Tablo 5.10: Normalize edilmiş karar matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.468	0.401	0.655	0.615
ALTERNATİF 2	0.494	0.547	0.436	0.369
ALTERNATİF 3	0.492	0.510	0.436	0.492
ALTERNATİF 4	0.543	0.529	0.436	0.492

Tablo 5.11: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.047	0.281	0.066	0.062
ALTERNATİF 2	0.049	0.383	0.044	0.037
ALTERNATİF 3	0.049	0.357	0.044	0.049
ALTERNATİF 4	0.054	0.370	0.044	0.049
V+	0.048	0.281	0.044	0.062
V-	0.054	0.383	0.06553	0.037

Kriterlerden uygulama süresi %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatiflerinde incelemiş olduğumuz projede Alternatif 1'in optimal bir çözüm olduğu ortaya çıkmaktadır. Tablo 5.12 'de birinci sırada C_i^* değeridir.

Tablo 5.12: Pozitif ve İdeal-negatif çözümlerin belirlenmesi

S_i^*	S_i^-	C_i^*
0.022	0.105	0.828
0.105	0.022	0.176
0.078	0.037	0.318
0.091	0.028	0.238

5.4. Alan Kayıpları En Önemli Olduğu Durumda

Karar verici için kriterlerden alan kayıpları %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatif seçimine ilişkin işlem adımları Tablo 5.13, 5.14, 5.15 ve 5.16 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.13: Karar matrisi

AĞIRLIKLAR	0.10	0.10	0.70	0.10
	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	499,340.00	110	5.83	5
ALTERNATİF 2	527,819.00	150	3.88	3
ALTERNATİF 3	525,781.00	140	3.88	4
ALTERNATİF 4	579,332.00	145	3.88	4

Tablo 5.14: Normalleştirilmiş Karar Matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.468	0.401	0.655	0.615
ALTERNATİF 2	0.494	0.547	0.436	0.369
ALTERNATİF 3	0.492	0.510	0.436	0.492
ALTERNATİF 4	0.543	0.529	0.436	0.492

Tablo 5.15: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.047	0.040	0.459	0.062
ALTERNATİF 2	0.049	0.055	0.305	0.040
ALTERNATİF 3	0.049	0.051	0.305	0.049
ALTERNATİF 4	0.054	0.053	0.305	0.049
V+	0.048	0.040	0.305	0.062
V-	0.054	0.055	0.459	0.037

Kriterlerden alan kayıpları %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatiflerinde incelemiş olduğumuz projede Alternatif 3'ün optimal bir çözüm olduğu ortaya çıkmaktadır. Tablo 5.16 'de üçüncü sırada C_i^* değeridir.

Tablo 5.16: Pozitif ve İdeal-Negatif Çözümlerin Belirlenmesi

S_i^*	S_i	C_i^*
0.153	0.030	0.162
0.029	0.154	0.842
0.017	0.154	0.903
0.019	0.154	0.889

5.5. Uygulanabilirlik En Önemli Öneme Sahip Olduğu Durumda

Karar verici için kriterlerden uygulanabilirlik %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatif seçimine ilişkin işlem adımları Tablo 5.17, 5.18, 5.19 ve 5.20 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.17: Karar Matrisi

AĞIRLIKLAR	0.10	0.10	0.10	0.70
	PROJE MALİYETİ (TL)	UYGULAMA SÜRESİ (GÜN)	ALAN KAYIPLARI (M ²)	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	499,340.00	110	5.83	5
ALTERNATİF 2	527,819.00	150	3.88	3
ALTERNATİF 3	525,781.00	140	3.88	4
ALTERNATİF 4	579,332.00	145	3.88	4

Tablo 5.18: Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.468	0.401	0.655	0.615
ALTERNATİF 2	0.494	0.547	0.436	0.369
ALTERNATİF 3	0.492	0.510	0.436	0.492
ALTERNATİF 4	0.543	0.529	0.436	0.492

Tablo 5.19: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	PROJE MALİYETİ	UYGULAMA SÜRESİ	ALAN KAYIPLARI	UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 1	0.047	0.040	0.066	0.431
ALTERNATİF 2	0.049	0.057	0.044	0.258
ALTERNATİF 3	0.049	0.051	0.044	0.345
ALTERNATİF 4	0.054	0.053	0.044	0.345
V+	0.047	0.040	0.044	0.431
V-	0.054	0.055	0.066	0.258

Kriterlerden alan kayıpları %70 öneme sahip olduğu durumda güçlendirme alternatiflerinde incelemiş olduğumuz projede Alternatif 1'in optimal bir çözüm olduğu ortaya çıkmaktadır. Tablo 5.20 'de birinci sırada C_i^* değeridir.

Tablo 5.20: Pozitif ve ideal Negatif Çözümlerin Belirlenmesi

S_i^*	S_i^-	C_i^*
0.022	0.173	0.887
0.173	0.022	0.115
0.087	0.089	0.506
0.087	0.089	0.504

Karar vericinin güçlendirme alternatiflerinden beklentileri değiştiği durumda optimal çözümlerin değiştiği ortaya çıkmaktadır. Tablo 5.21'de karar vericinin kriter ağırlıklarını değiştirdiği durumda ortaya çıkan alternatif güçlendirme yöntemleri gösterilmiştir.

Tablo 5.21: Önem Durumlarına Göre Alternatif Güçlendirme Seçimleri

AĞIRLIKLAR EŞİT OLDUĞUNDA	EN ÖNEMLİ PROJE MALİYETİ	EN ÖNEMLİ UYGULAMA SÜRESİ	EN ÖNEMLİ ALAN KAYIPLARI	EN ÖNEMLİ UYGULANABİLİRLİK
ALTERNATİF 3	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 3	ALTERNATİF 1

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışmanın amacı, deprem güvenilirliğini kaybetmiş betonarme yapı sahiplerinin yapıya dair beklentileri doğrultusunda belirlemiş olduğu kriterleri ve deprem güvenilirliğini kaybetmiş yapının ihtiyaç duyduğu güçlendirme alternatifini sağlayabilecek en efektif çözümü sunabilmektir. Bu bilgiler kapsamında karar vericilerin değerlendirdiği karşılaştırma değerleri üzerinden optimal güçlendirme alternatifi seçimidir. Değerlendirmeler sonucunda proje yapım maliyetinin en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Güçlendirilmesi talep edilen betonarme yapının mevcut durumunun incelenmesi için kapsamlı bilgi edinilmiş, deprem performans analizi tamamlanmıştır. Yapının deprem performansını sağlamadığı ve göçme riski taşıdığı tespit edilmiştir. Deprem yönetmeliğinin on beşinci bölümünde bahsi geçen sistem değerlendirilmeleri ve güçlendirilmesi yapılacak yapının tasarımı için özel kurallar belirlenmiştir. Bu sınır koşullar doğrultusunda betonarme yapı, bu tez kapsamında dört güçlendirme alternatifi olarak belirlenen alternatiflere göre tekrar statik hesapları çözülmüştür. Bu alternatiflerle yapıda uygulanması düşünülen güçlendirme tekniklerinin mantolama tekniğini, CFRP ile sargılama tekniğini, çelik ile sargılama tekniğini ve betonarme perde tekniğini kapsamaktadır. Duvar güçlendirmesi ve döşeme güçlendirmesi bu tez kapsamında incelenmemiştir. Güçlendirme maliyetlerine etki ettirilen başlıklar şu şekildedir; kaba inşaat maliyeti (malzeme maliyeti ve işçilik maliyeti) dir. Güçlendirme süre hesapları, imalat metrajlarının adam/saat metodu ile belirlenmiş olup birim olarak hesaplara eklenmiştir. Güçlendirme alternatiflerinin Sta4CAD paket programı ile çözüldükten sonra elde edilen kalıp planlarına göre imalat metrajları elde edilmiştir ve bununla birlikte uygulanan güçlendirme tekniğinin ne kadar bir alan kaybına neden olduğu belirlenebilmiştir. Bu tez kapsamında irdelenen optimizasyon probleminin çözümü olarak, çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılarak minimizasyon problemi altında çözüme gidilmiştir. Aşamalar ise: Alternatif güçlendirme tekniklerinden elde edilen metraj değerleri, proje uygulama süresi, proje maliyet değerleri, imalatların tamamlanmasıyla kaybolan alan kayıpları ve uygulanabilirlikleri veri olarak alınarak matris formatına getirilmiştir. Karar matrisi değerleri standart karar matrisi değerine çevrilip, karar verici için dört başlık altında incelemiş olduğumuz kriterler AHP kriter önem derecelerine göre değerlendirip sayısallaştırdıktan sonra ağırlık matrisi elde edilmiştir. İşlenen bu veriyle birlikte;

ağırlıklı matris değerleri elde edilmiştir. TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaydığından dolayı; ideal ve negatif değerlerle ideal çözüm setinin oluşturulması gerekmektedir. Ardından her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmaların bulunabilmesi için Euclidian uzaklık yaklaşımından yararlanılarak ideal ayırım ve negatif ideal ayırım değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasıyla, en efektif güçlendirme alternatif seçilmiştir.

Güçlendirme projelerinin seçilmesinde etkin olan rol aslında yapının deprem güvenlik düzeyinin iyi hesaplanması ve güçlendirilmesidir. Yapıda meydana gelen hasarların tespiti seçilecek olan yöntemin en etkin başlığıdır (Çetinkaya, 2003). Örneğin; yapı elemanının hasar seviyesi ve durumu seçilecek güçlendirme alternatifinin uygulanabilirliğini etkilemektedir (Atay,2010). Unutmamak gerekirken yeni yapının statik hesabı ile eski bir yapının statik hesabı için aynı efor sarf edilmemektedir. Statik hesabın sınır koşullarını ve uygulama metodunun belirlendiği; yönetmelik ve teknik şartnameler bulunmaktadır. Bu sınırlar dikkate alınmadığı takdirde statik çözümü yapan mühendisin veya firmanın hukuki yükümlülükleri olduğu unutulmamalıdır. Güçlendirme projelerinde yüksek nitelikli işçilik ile sıkı bir denetim gerekmektedir. Uygulama metodunda en ufak işçilik hatası sistem çözümünü ve davranışını etkilemektedir (Çetinkaya, 2003).

Literatür taramasında karşımıza çıkan bulgular doğrultusunda; deprem kuvveti etkisi altında yapıların hasar gören taşıyıcı elemanlarının güçlendirme metotlarına ihtiyaç duyduğunu ve bu durumu aşabilmek için güçlendirme yöntemini tercih etmek yönünde kararlar verildiği üzerinde durulmuştur. Bina güçlendirme maliyetleri üzerine çalışmaları incelediğimizde, oldukça az güçlendirme tekniği üzerinde spesifik çalışma mevcuttur. Bu durum ile literatürün, alternatifli güçlendirme metotları açısından eksik olduğu gözlemlenmiştir (Yılmaz,2016).

Araştırmada, bina güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenlerin imalat miktar hesaplarının tespiti yapılmıştır, metraj değerleri hesaplanmıştır ve maliyet hesaplarına geçilmiştir. Birim fiyata dayalı bu yöntem, keşif çıkarma ve benzer işlemlerle karşılaştırma imkânı sağlamasından dolayı tercih edilmiştir. Elde edilen bu bilgiler karar matrisimizin değerlerini oluşturmuştur.

Veriler işlendikten sonra ortaya çıkan sonuç olarak; bu ağırlıklı değerler ışığında Alternatif 1 'in minimum maliyet, minimum süre, minimum alan kaybını sağlayan çözüm olduğudur. Bu sonuç bize şunu söylemektedir: Aradığımız minimum maliyet, minimum süre ve minimum alan kaybı olduğu durumlarda hasar düzeyi yıkılma kararını vermeye neden olmayacak betonarme yapılarda çözümün; yönetmelikte, güçlendirme metotlarından mantolama ve perde ilavesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Beşinci bölümde ele aldığımız senaryolar başlığı ile de eğer karar vericinin güçlendirme projesinden beklentisi değişmesi durumunda güçlendirme alternatifleri önerisinde değişiklik olup olmadığı irdelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ağırlık değerleri değiştiği durumlarda güçlendirme alternatifleri de değişmektedir. Ağırlıkların eşit öneme sahip olduğu durumda ve alan kayıpları önemli değere sahip olduğunda Alternatif 3'ün optimal çözüm olduğu gözlemlenmiştir. Proje maliyetinin, uygulama süresinin ve uygulanabilirlik kriterlerinin önemli olduğu durumlarda ise Alternatif 1'in optimal çözüm olduğu görülmüştür. Bu durum bize ek olarak şöyle bir sonuç daha vermektedir: Hasarlı yapı elemanına güçlendirme tekniği uygulanırken, eleman güçlendirmesi ve sistem güçlendirmesinin ihtiyaç duyduğundan fazla dayanımını arttırmak verimli bir çözüm olmayacaktır.

Bu kapsamda uygun alternatif güçlendirme yöntemi seçiminde ilk olarak mevcut betonarme yapı iyi bir şekilde incelenmelidir. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların ve yapı sisteminin deprem kuvveti etkisi altında ihtiyaç duyduğu kapasite değerleri tespit edilmelidir. Yapıya ait bilgi düzeyi ne kadar fazla ise maliyet, süre ve alan kayıplarını birebir etkilemektedir. Süre gelecek araştırmalarda, bu çalışmada önerilen yaklaşım ve yöntemlerden farklı olarak, taşıyıcı eleman hasarlarının tespit edilmesi ve tespit edilen hasarların (hasar şekli, hasar tipi, hasar miktarı, vs.. gibi) değerleri ortak bilgi havuzunda toplanıp, birim fiyat ve birim süre başlıklarının da genel hatlarıyla oluşturup, genetik kodlama yardımıyla da bu tez kapsamında problem olarak irdelediğimiz konuya güven düzeyi daha yüksek, daha gerçekçi ve risk düzeyi düşük maliyet tahminlerini yapma imkânı vereceğini söyleyebiliriz. Bu alternatifler kullanılarak çalışmalar ve kapsamaları genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- Altın, M. (2008).** Betonarme Perde Duvar İlavesi ve Kolon Mantolama Yöntemiyle Güçlendirilen Eğitim Yapılarında Maliyet Analizi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Alp, S., Engin, T., (2015),** “Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin TOPSIS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 10, Sayı 19, 2011, s.65-87.
- Arıbaş, M. (2015),** “Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara
- Aslan, Ş., (2021),** Sağlık Yönteminde TOPSIS Yöntemi Uygulamaları: İçerik Analizi, VI. International European Conference on Social Sciences
- Aşıkoğlu, N., Elgün, M., (2016).** ‘Lojistik Köy Kuruluş Yeri Seçiminde Topsis Yöntemiyle Merkezlerin Değerlendirilmesi’, Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18 (1), 0-0. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akuiibfd/issue/24314/257668>
- Atay, H., (2010),** Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Aytürk, S. (2006)** ‘Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi’, Ankara, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bayraktar, E. ve Tatoğlu, E. (2007)** “Süreç Yönetim Stratejilerinin Saptanması”, Üretim ve Hizmet Süreçlerinin Yönetimi, (Ed.) Dr. Erkan Bayraktar, S.11-20, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Bikçe, M., (2017),** Van Depreminde Ağır Hasar Alan Yapının Güçlendirme Önce ve Sonrasının Analitik İncelenmesi, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Bilim Dergisi, 29(1), 341-347
- Chankong, V., Haimes, Y.Y., (1983),** “Multiobjective Decision Making: Theory And Methodology”, North-Holland Series In System Science And Engineering, Andrew Psage. Editor.
- Cleland, D. I., 1999.** Project Management: Strategic Design And Implementation, Mcgraw Hill, New York.
- Coşkun, O., Ekmekçi, İ. (2012).** Bir İnşaat Projesinin Evreleri ile Zaman ve Maliyet Analizinin Proje Yönetim Teknikleri Vasıtasıyla İncelenmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10 (20), 39-53.

- Çavuşoğlu, A., (2012),** İmkb’de İşlem Gören Dokuma Sanayi Şirketlerinin Finansal Performanslarının AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Karşılaştırılması, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Çetinkaya, N., Kaplan, H., ve Şenel, M., (2003),** Betonarme Kirişlerin Lifli Polimer (frp9 Malzemeler Kullanılarak Onarım ve Güçlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:10, Sayı:3, Sy:291-298
- Çınar, N. T., (2010),** Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık Topsıs Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 12 (18): 37-45. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kmusekad/issue/10218/125604>
- Dağdeviren, M. ve Eren, T., (2013),** ‘Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması’. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Vol:16, Ss.41-52.
- Değer, A., Başdar, C., (2018),** Topsıs ve Electre Yöntemleri ile Finansal Performansın Sıralanması: Bist Bilişim Sektörü Uygulaması, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Dikbaş, A., Ünlü, A., (2001).** Olay Komuta Sistemi, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları,150 Sf., İTÜ. Press, İstanbul.
- Erdel, B., (2019),** Deprem Dayanımı Yetersiz Bir Yapının Tbdy’2018’e Göre İncelenmesi ve Bir Güçlendirme Önerisi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Erdoğan, O., (2019),** Türkiye İnşaat Endüstrisinde Risk Tabanlı Alt Yüklenici Seçiminde Topsıs Metodolojisi ve Değerlendirmesi, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Cilt 2, Sayı 1, Ss. 1-16
- Eren, S., Orçun, Ç., (2017),** Topsıs Yöntemi ile Finansal Performans Değerlendirmesi: Xutek Üzerinde Bir Uygulama, Volume, Issue 75, 139 – 154.
- Eryalçın, S.A., (2014),** “Performans Değerlendirme Yöntemlerinin Eleştirisel Gözden Geçirilmesi ve En Uygun Yöntemin Tespiti İçin Ahp-Topsis Uygulaması”, İstanbul, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Görçün, Ö. (2019),** İstanbul Kentinde Silivri- Sabiha Gökçen Havalimanı Arası Ulaşım Alternatiflerinin Ahp-Topsis Yöntemleri ile Analizi, Issn: 1307-9905 E-Issn: 2602-2133 Sayı Issue 27, Cilt Volume 10 Year 2019-2, 800-823 Doi: 10.31198/İdealkent.423837
- Hacaloğlu, S.E., (2007),** Iso 9001:2000 Kalite Yönetim Sisteminin Kurumsal Kaynak Planlaması Sürecine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.

- Joshi, R., Banwet, D.K., Shankar, R.,(2011)**, ‘A Delphi-AHP-TOPSIS Based Benchmarking Framework for Performance Improvement of a Cold Chain’, *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10170-10182
- Kamit, R., (2005)** ‘İnşaat Sektöründe İş Almanın Yönetimi’, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Kitapevi, Ankara
- Karahan, B., Vd., (2014)**, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Ahp ve Topsis ile Kamp Yeri Seçimi, Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği.
- Karahan, M., Ezin, Y. (2014)**. Pert-Cpm Tekniğiyle Bir İnşaat Yapım Süresi ve Maliyetlerinin Optimizasyonu. *Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*,5(10),73-89
- Karaman, H., Erden T. (2014)**. Net Earthquake Hazard and Elements At Risk (Near) Map Creation For City Of Istanbul Via Spatial Multi-Criteria Decision Analysis, *Nat Hazards*, 73, S. 685-709.
- Keçek, G., Yıldırım, E., (2010)** Kurumsal Kaynak Planlama (Erp) Sisteminin Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) ile Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:15, Sayı:1, Pp.193-211.
- Kent, S., (2014)**, “İnşaat Sektöründe Ahp (Analytic Hierarchy Process) Yöntemiyle Malzeme Tedarik Zinciri Yönetimi”, Eskişehir, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kerzner, H., 2000**. *Applied Project Management: Best Practices On Implementation*, John Wiley & Sons. New York.
- Kılıç, İ., Ural, A., (2006)**, ‘Bilimsel Araştırma Süreci ve Spss ile İstatistiksel Analiz’, Detay Yayıncılık, Ankara.
- Kınay, B., Ömürbek, V., (2013)**, Havayolu Taşımacılığı Sektöründe Topsis Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Y.2013, C.18, S.3, S.343-363.
- Konakçı, E., (2006)**, ‘Sağlık Kuruluşlarında Fizibilite: İzmir’ de Bir Geriatrik Hastane Kuruluş Örneği’, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Kuruüzüm, A., Atsan, N., (2001)**, ‘Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları’, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* (1), Ss.83-105
- Kutlu, B.S., Abalı, Y.A., Eren, T., (2012)** ‘Çok Ölçütlü Karar Verme ile Seçmeli Ders Seçimi’, *Sosyal Bilimler*, Cilt:2, Sayı:2, Ss.5-25
- Lin, M.-C., Wang, C.-C., Chen, M.-S., Alec Chang, C., (2008)**, “Using AHP and TOPSIS Approaches In Customer-Driven Product Design Process”, *Computers in Industry* 59(1), 17–31

- Mazlum, Ö., Mazlum, F. (2014)**, ‘Sigara Paketlerinin Üzerindeki Görsel ve Sözel Uyarı Mesajlarının Üniversite Öğrencileri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi ve Yeni Öneriler’, Cilt:9, Sayı:1
- Ömürbek, N., Makas, Y., Ömürbek, V., (2015)**, AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı:21
- Özden, Ü. (2011)**, ‘Topsis Yöntemi ile Avrupa Birliğine Üye Aday Ülkelerin Ekonomik Göstergelere Göre Sıralanması’, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Aralık 2011 Cilt 13 Sayı 2 (215-236)
- Özden, Ü., (2008)**, Analitik Hiyerarşi ile İlkokul Seçimi, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, XXIV (1):299-320
- Özer, M., 2010**, Taşınmaz Değerlemesinde Kullanılan Finansal ve Sayısal Yöntemler: Topsis ve Yeni Çoklu Kriter Modelleriyle Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Ss:197
- Özkan, Ö., (2007)**, ‘Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi: Ahp, Electre ve Topsis Örneği’, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özköse, H., Gencer, C. (2019)**. Proje Planlama ve Çizelgelemede Genetik Algoritma Tabanlı Bir Yöntem ile Kritik Yolun-Proje Tamamlanma Zamanının Tespiti ve Zaman-Maliyet Analizi. Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10 (20), 278-300. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bartiniibf/issue/50408/593168>
- Peşkircioğlu, S., Nurettin, (1989)**, Kalitesizliğin Maliyeti, (Ankara: M.P.M. Yayınları, No:316, İkinci Baskı,
- Rao R.V., (2006)**, “Machinability Evaluation of Work Materials Using A Combined Multiple Attribute Decision-Making Method”, The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 28 (3-4), 221-227
- Rao, R.V., Davim, J.P.,(2006)**, “A Decision-Making Framework Model for Material Selection Using A Combined Multiple Attribute Decision-Making Method”, The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 35 (7- 8), 751-760
- Rouhani, S. (2013)**. “Review Of Epc Projects Cost Estimation And Minimum Error Technique Introduction.” International Journal Of Science And Engineering Investigations 2 (12): 1-7
- Ryteie,(2019)**, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Saat, M., (2000)**, “Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi”, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: 2, Ss. 149-162.

- Saaty, T.L., (1990)**, How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process , European Journal of Operational Research, 48, p.9-26
- Saaty, T.L. And Vargas, L.G. (2012)**, Models, Methods, Concepts & Applications Of The Analytic Hierarchy Process. Springer Science & Business Media, New York, 10.1007/978-1-4614-3597-6
- Satapathy, B.K., Majumdar, A., Tomar, B.S. (2010)**, ‘Optimal Design of Flyash Filled Composite Friction Materials Using Sombined Analytical Hierarchy Process and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions Approach’, Materials & Design, 31(4),1937-1944
- Sharma, M.J., Moon, I., Bae, H., (2008)**, Analytic Hierarchy Process to Asses and Optimize Distibution Network, Applied Mathematics and Computation,202,256-265
- Srivannaboon, S., Milosevic, D.Z., (2006)**, A Two-Way İnfluence Between Business Strategy And Project Management, International Journal Of Project Management, 24, 493-505
- Supçiller, A. A., Çapraz, (2011), O.** “AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması”, Ekonometri ve İstatistik Dergisi, (13), 1
- Şahin, Y., Supçiller, A., (2015)**, Tedarikçi Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3(2), 91-104, 2015 Issn: 1308-6693.
- Tavana, M. And Marbini, H., (2011)**, ‘A group AHP-TOPSIS framework for Human Spaceflight Mission Planning at NASA,’Expert Syst. Appl., Apr. 2011, doi:10.1016/j.eswa.2011.04.108
- Tbdy’2018**, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar, Ankara.
- Tekin, M., Ersoy, A., Gençtürk, M. (2010)**, ‘Muhasebe Eğitiminin Değerlendirilmesi: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi’ne Bağlı Meslek Yüksekokulları Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma’, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 46,100-112
- Ünal, G. (2008)**, “Lojistikte Hizmet Sağlayıcısı Seçiminde AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Ünlü, U., Yalçın, N., Yağlı, İ., (2017)**, Kurumsal Yönetim ve Firma Performansı: Topsis Yöntemi ile Bıst 30 Firmaları Üzerine Bir Uygulama, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayına Kabul Tarihi: 01.08.2016 Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Online Yayın Tarihi: 07.07.2017 Cilt: 19, Sayı: 1.
- Wang, J., Yang, J.B., Ve Sen, P. (1996)**. Multi-Person And Multi-Attribute Design Evaluations Using Evidential Reasoning Based On Subjective Safety And Cost Analyses. Reliability Engineering And System Safety, 52(2), Pp: 113–129.

- Water, H., Vries, J., (2006),** Choosing A Quality İmprovement Project Using Analytic Hierarchy Process, International Journal Of Quality& Reliability Management, Vol. 23, No.4, Pp. 409-425.
- Wysocki, R. K., (2007).** Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme, Wiley Publishing, Indiana
- Yetiz, F., (2021),** Topsis Yöntemi ile Türk Katılım Bankalarının Performans Analizi ve Bankacılıkta Risk Yönetim Politikalarının Önemi, Volume 3, Issue 1, Pp: 121 – 138.
- Yıldırım, A., (1999),** Nitel Araştırma Yöntemlerinin Temel Özellikleri ve Eğitim Araştırmalarında Yeri ve Önemi, Eğitim ve Bilim, Cilt: 23, Sayı: 112.
- Yılmaz, Z., (2016),** Güçlendirme/Yıkım Kararının Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi
- Zolfani, S. H., Antucheviciene, J. (2012),** “Team Member Selecting Based On AHP And TOPSIS Grey”, Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics, 23(4): 425-434.

EKLER

Ek 1: Şirket 1' e ait ikili karşılaştırma değerleri

Şirket 1 Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	UYGULANABİLİRLİK
Proje Maliyeti	1	3	5	7
Proje Süresi	1/3	1	3	5
Alan Kayıpları	1/5	1/3	1	3
UYGULANABİLİRLİK	1/7	1/5	1/3	1

EK 2: Şirket 2' ye ait ikili karşılaştırma değerleri

Şirket 2 Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	UYGULANABİLİRLİK
Proje Maliyeti	1	5	3	9
Proje Süresi	1/5	1	3	5
Alan Kayıpları	1/3	1/3	1	3
UYGULANABİLİRLİK	1/9	1/5	1/3	1

EK 3: Şirket 3' e ait ikili karşılaştırma değerleri

Şirket 3 Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	UYGULANABİLİRLİK
Proje Maliyeti	1	3	7	5
Proje Süresi	1/3	1	3	5
Alan Kayıpları	1/7	1/3	1	3
UYGULANABİLİRLİK	1/5	1/5	1/3	1

EK 4: Şirket 4' e ait ikili karşılaştırma değerleri

Şirket 4 Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	UYGULANABİLİRLİK
Proje Maliyeti	1	3	7	5
Proje Süresi	1/3	1	5	3
Alan Kayıpları	1/7	1/5	1	1/5
UYGULANABİLİRLİK	1/5	1/3	5	1

EK 5: Şirket 5' ye ait ikili karşılaştırma değerleri

Şirket 5 Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	UYGULANABİLİRLİK
Proje Maliyeti	1	7	9	5
Proje Süresi	1/7	1	3	3
Alan Kayıpları	1/9	1/3	1	1/3
UYGULANABİLİRLİK	1/5	1/3	3	1



EK 6: Şirket 1 e ait değerlerin tutarlılık hesapları

	n= 4			
Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik
Proje Maliyeti	1	3	5	7
Proje Süresi	1/3	1	3	5
Alan Kayıpları	1/5	1/3	1	3
Uygulanabilirlik	1/7	1/5	1/3	1

NORMALİZE MATRİS	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik	WEİGHT
Proje Maliyeti	0.60	0.66	0.54	0.44	0.56
Proje Süresi	0.20	0.22	0.32	0.31	0.26
Alan Kayıpları	0.12	0.07	0.11	0.19	0.12
Uygulanabilirlik	0.09	0.04	0.04	0.06	0.06

NORMALİZE MATRİS	A*Wtranspose
Proje Maliyeti	2.355519481
Proje Süresi	1.099376114
Alan Kayıpları	0.491902215
Uygulanabilirlik	0.229881953

	4.222174676
	4.174659294
	4.036199804
ORTALAMA	4.118465665

CI	0.039488555
RI	0.89
CI/RI	0.044369163

0.1

EK 7: Şirket 2 e ait değerlerin tutarlılık hesapları

	n= 4			
Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik
Proje Maliyeti	1	5	3	9
Proje Süresi	1/5	1	3	5
Alan Kayıpları	1/3	1/3	1	3
Uygulanabilirlik	1/9	1/5	1/3	1

NORMALİZE MATRİS	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik	WEİGHT
Proje Maliyeti	0.61	0.77	0.41	0.50	0.57
Proje Süresi	0.12	0.15	0.41	0.28	0.24
Alan Kayıpları	0.20	0.05	0.14	0.17	0.14
Uygulanabilirlik	0.07	0.03	0.05	0.06	0.05

NORMALİZE MATRİS	A*Wtranspose
Proje Maliyeti	2.638308
Proje Süresi	1.021066
Alan Kayıpları	0.558919
Uygulanabilirlik	0.207674

	4.623531
	4.247575
	4.015558
	4.170374
ORTALAMA	4.264259

CI	0.088086
----	----------

RI	0.89
----	------

CI/RI	0.098973
-------	----------

0.1

EK 8: Şirket 3 e ait değerlerin tutarlılık hesapları

	n= 4			
Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik
Proje Maliyeti	1	3	7	5
Proje Süresi	1/3	1	3	5
Alan Kayıpları	1/7	1/3	1	3
Uygulanabilirlik	1/5	1/5	1/3	1

NORMALİZE MATRİS	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik	WEİGHT
Proje Maliyeti	0.60	0.66	0.62	0.36	0.56
Proje Süresi	0.20	0.22	0.26	0.36	0.26
Alan Kayıpları	0.09	0.07	0.09	0.21	0.12
Uygulanabilirlik	0.12	0.04	0.03	0.07	0.07

NORMALİZE MATRİS	A*Wtranspose
Proje Maliyeti	2.476843
Proje Süresi	1.122724
Alan Kayıpları	0.480057
Uygulanabilirlik	0.268231

	4.43651
	4.312776
	4.162844
	4.059861
ORTALAMA	4.242998

CI	0.080999
----	----------

RI	0.89
----	------

CI/RI	0.09101
-------	---------

0.1

EK 9: Şirket 4 e ait değerlerin tutarlılık hesapları

Kriterler	n= 4			Uygulanabilirlik
	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	
Proje Maliyeti	1	3	7	5
Proje Süresi	1/3	1	5	3
Alan Kayıpları	1/7	1/5	1	1/5
Uygulanabilirlik	1/5	1/3	5	1

NORMALİZE MATRİS	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik	WEİGHT
Proje Maliyeti	0.60	0.66	0.39	0.54	0.55
Proje Süresi	0.20	0.22	0.28	0.33	0.26
Alan Kayıpları	0.09	0.04	0.06	0.02	0.05
Uygulanabilirlik	0.12	0.07	0.28	0.11	0.14

NORMALİZE MATRİS	A*Wtranspose
Proje Maliyeti	2.400939
Proje Süresi	1.13118
Alan Kayıpları	0.210032
Uygulanabilirlik	0.597942

	4.383829
	4.421621
	4.065666
	4.128573
ORTALAMA	4.249922

CI	0.083307
----	----------

RI	0.89
----	------

CI/RI	0.093604
-------	----------

0.1

EK 10: Şirket 5 e ait değerlerin tutarlılık hesapları

	n= 4			
Kriterler	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik
Proje Maliyeti	1	7	9	5
Proje Süresi	1/7	1	3	3
Alan Kayıpları	1/9	1/3	1	1/3
Uygulanabilirlik	1/5	1/3	3	1

NORMALİZE MATRİS	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Alan Kayıpları	Uygulanabilirlik	WEİGHT
Proje Maliyeti	0.69	0.81	0.56	0.54	0.65
Proje Süresi	0.10	0.12	0.19	0.32	0.18
Alan Kayıpları	0.08	0.04	0.06	0.04	0.05
Uygulanabilirlik	0.14	0.04	0.19	0.11	0.12

NORMALİZE MATRİS	A*Wtranspose
Proje Maliyeti	2.980699
Proje Süresi	0.786089
Alan Kayıpları	0.224756
Uygulanabilirlik	0.467384

	4.596865
	4.351647
	4.218885
	3.972166
ORTALAMA	4.284891

CI	0.094964
----	----------

RI	0.89
----	------

CI/RI	0.106701
-------	----------

0.1

EK 11: Örnek Uygulamaya Dair Metraj ve Birim Fiyatlar

	Birim Maliyetler (TL)	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Beton (m3)	750	78,58	68,15	63,22	79,44
CFRP (m2)	1316		24,60		36,4
Donatı (kg)	16000	12119,1	10505,2	11087,2	13071,5
Çelik Sargı (mt)	435			66,60	22,6
Proje Süreleri (gün)		44	46	43	40
Toplam İş Gücü (adam/saat)	425	472	542	524	607
Alan Kayıpları		5,83	3,88	3,88	3,88
Beton Maliyeti		58935	51112,5	47415	59580
CFRP Maliyeti			32373,60		47902,4
Donatı Maliyeti		193905,6	168083,2	177935,2	209144
Çelik Sargı Maliyeti				28971	9831
İş Gücü Maliyeti		200600	230350	222700	257975
Toplam Maliyetler		453440,6	481919,3	476481,2	584432,4