

**BİNALARIN DEPREM RİSK DURUMLARININ BULANIK MANTIK
YAKLAŞIMI İLE BELİRLENMESİ**

LÜBEYNE NURDOĞAN

YÜKSEK LİSANS

MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

PROF. DR. ERCAN ÖZGAN

DÜZCE, 2024

T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİNALARIN DEPREM RİSK DURUMLARININ BULANIK MANTIK

YAKLAŞIMI İLE BELİRLENMESİ

Lübeyne Nurdoğan tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ercan ÖZGAN

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ercan ÖZGAN

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet CELAL APAY

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gülçin KAHRAMAN

Sabahattin Zaim Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 15/03/2024

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

15 Mart 2024

Lübeyne NURDOĞAN



TEŞEKKÜR

Çok sevdiğim değerli hocam, danışmanım Sayın Prof. Dr. Ercan ÖZGAN'a tez çalışmam ve tüm lisansüstü eğitimim boyunca gösterdiği yakın ilgi, harcadığı zaman ve emek, akademik ve bireysel gelişimim için sağladığı imkânlar ve tüm desteği için en içten dileklerle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen, sevinç ve üzüntülerimi paylaşan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, ilk kalem tuttuğum günden bugünlere gelmemde büyük emekleri olan, haklarını asla ödeyemeyeceğim canım annem Ülkü Ayşe, canım babam Nurullah ve kardeşlerime, bunlardan ötürü her zaman yanımda oldukları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında sonsuz sevgi ve desteklerini bana sunan, varlıklarını hissettiren, çok kıymetli annem ve babama minnetlerimi sunarım.

15 Mart 2024

Lübeyne NURDOĞAN

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
KISALTMALAR.....	xii
SİMGELER	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3. DEPREM VE DEPREMİN YAPILAR ÜZERİNDE Kİ ETKİLERİ..	10
3.1. DEPREM TÜRLERİ	11
3.2. DEPREMİN TEMEL PARAMETRELERİ.....	12
3.3. DEPREM RİSKİ	14
3.4. YAPI VE ZEMİN ETKİLEŞİMİ	16
3.5. YAPILARA ETKİ EDEN YÜKLER	18
3.6. BİNALARIN DEPREM KUVVETİNE TEPKİSİ	18
3.7. DEPREM AÇISINDAN MİMARİ TASARIM İLKELERİ VE TAŞIYICI SİSTEM GEREKLİLİKLERİ.....	19
3.8. YAPILARIN TASARIMI SÜRECİNDE DİSİPLİNLER ARASI İLİŞKİLER	21
3.9. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIM SÜRECİ.....	22
3.10. DEPREM RİSKİNİ ARTTIRAN PROJE DIŞI UYGULAMALAR.....	24
4. BİNALARDA DEPREM RİSKİNİ ARTTIRAN DÜZENSİZLİKLER.....	26
4.1. BİNALARDA GÖRÜLEN YATAY DÜZENSİZLİKLER.....	27
4.2. DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİKLER	31
5. YÖNETMELİKLERE GÖRE YAPILARIN RİSK DURUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	33
5.1. TDY-2007'YE GÖRE MEVCUT BİNALARIN RİSK ANALİZİ.....	33
5.1.1. Kapsam	34
5.1.2. Mevcut Binalardan Bilgi Toplanması.....	34

5.1.3. Mevcut Yapı Elemanlarının Hasar Bölgeleri ve Hasar Sınırları	35
5.1.4. Genel İlke ve Kurallar	35
5.1.5. Mevcut Binanın Performans Düzeyinin Belirlenmesi	36
5.2. RBTE-2013'E GÖRE MEVCUT BİNALARIN RİSK ANALİZİ	37
5.2.1. Riskli bina	38
5.2.2. Riskli bina tespitine ilişkin yöntemler	38
5.3. TDY-2018'E GÖRE MEVCUT BİNALARIN RİSK ANALİZİ	41
5.3.1. Mevcut binalardan bilgi toplanması	41
5.3.2. Mevcut Yapı Elemanlarının Hasar Bölgeleri ve Hasar Sınırları	42
5.3.4. Genel ilke ve kurallar	43
5.3.5. Mevcut Binanın Performans Düzeyinin Belirlenmesi	44
6. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME SÜREÇLERİ	47
6.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	49
6.1.1. Basit Toplamalı Ağırlıklandırma	51
6.1.2. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi	52
6.1.3. TOPSIS	52
6.1.4. Analitik Şebeke Süreci (ANP)	53
6.2. BULANIK MANTIK	53
6.3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ (BAHP)	55
7. BİNALARIN RİSK DURUMLARINI HIZLI DEĞERLENDİRME METODLARI	58
7.1. SIFIR CAN KAYBI YAKLAŞIMI	58
7.2. KOLON VE DUVAR İNDEKSLERİ YÖNTEMİ	58
7.3. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMELERE DAYALI YAKLAŞIM	60
7.4. SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ	60
7.5. KAPASİTE İNDEKSİ YÖNTEMİ	61
7.6. SOKAK TARAMASI YÖNTEMİ, ABD	61
7.7. SOKAK TARAMASI YÖNTEMİ, TÜRKİYE	62
7.8. P25 METODU	62
7.8.1. Yapısal Düzeltme Faktörleri	62
7.8.2. Temel ve Zemin Düzeltme Faktörleri	69

8. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP)

YÖNTEMİ İLE BİNA DEPREM RİSK

DURUMLARININ BELİRLENMESİ 73

8.1. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP)

YÖNTEMİNİN UYGULAMASI 76

8.1. BULANIK MANTIK UYGULAMASI 90

8.2.1. Girdilerin ve Çıktının Üyelik Fonksiyonları 93

8.2.3. Mamdani Modelin Kuralları ve Kural Görselleri 95

8.2.4. Model Sonuçları 96

SONUÇ 99

KAYNAKLAR..... 101

ÖZGEÇMİŞ..... 105

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa Numarası

Şekil 3.1. Merkez Üssü, Odak Noktası, Deprem Dalgası, Fay, Fay Hattı kavramları	13
Şekil 3.2. Türkiye’deki Toplam Yapı Stok Dağılımı	24
Şekil 3.3. Proje Dışı Uygulamalar ile İlgili Örnek	25
Şekil 3.4. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarını Kullanımı	25
Şekil 4.1. Burulma Etkisi.....	29
Şekil 4.2. Paralel Olmayan Sistem	29
Şekil 4.3. Esnek İlk Kat Örneği	31
Şekil 4.4. Süreksiz Perde Örneği	31
Şekil 5.1. Şekil Değiştirme ile İç Kuvvet Eğrisi İlişkisi.....	35
Şekil 5.2. RBTE-2013’e Göre İç Kuvvet ile Şekil Değiştirme Eğrisi İlişkisi	41
Şekil 5.3. TDY-2018’e Göre İç Kuvvet ile Şekil Değiştirme Eğrisi İlişkisi	43
Şekil 6.1. ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması	51
Şekil 6.2. Üçgen Bulanık Sayı.....	55
Şekil 7.1. Hassan ve Sözen (1997) Tarafından Geliştirilen Yöntemin Sonuç Grafiği	59
Şekil 8.1. P-25 Metodunda Yer Alan ve Bulanık Mantıkta Analizinde Kullanılan 5 Ana Faktör ve Alt Faktörler	78
Şekil 8.2. Burulma Düzensizliği.....	92
Şekil 8.3. Döşeme Süreksizliği.....	92
Şekil 8.4. Planda Çıkıntılar Bulunması	93
Şekil 8.5. Girdi “Burulma Düzensizliği”	93
Şekil 8.6. Girdi “Döşeme Süreksizliği”	94
Şekil 8.7. Girdi “Planda Çıkıntılar”	94
Şekil 8.8. Çıktı “Bina Risk Durumu”	95
Şekil 8.9. Yazılan Kurallar	95
Şekil 8.10. Kuralların Görseli.....	96
Şekil 8.11. Modelin Uygulanması ile İlgili Ara Yüzey Görüntüsü	96
Şekil 8.12. Input 1. Burulma ve Input 2 Döşeme Süreksizliğinin Bina Risk Durumuna Etkisi.....	97
Şekil 8.13. Input 1. Burulma ve Input 3 Planda Çıkıntıların Bina Risk Durumuna Etkisi.....	98

Şekil 8.14. İntut 2. Döşeme Süreksizliğı ve İntut 3 Planda Çıkıntılarının

Bina Risk Durumuna Etkisi..... 98



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa Numarası

Çizelge 1.1. ÇKKV Yöntemleri ile Yapılan Bazı Çalışmalar.	3
Çizelge 2.1. Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler ve Bulanık Ölçek Karşılıkları	9
Çizelge 3.1. Richter Magnitudü, Depremin Etkisi	14
Çizelge 3.2. Richter Magnitudü, Depremin Etki Değerleri	14
Çizelge 3.3. Doğal Afetler Sonucu Tahrip Olan Konut Üniteleri	16
Çizelge 5.1. Eksenel Gerilme Ortalamasına Bağlı Etkili Kat Kesme Kuvveti Sınırları	41
Çizelge 5.2. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Performans Hedefleri ve Değerlendirme Yaklaşımları, $BYS \geq 2$	44
Çizelge 5.3. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Performans Hedefleri ve Değerlendirme Yaklaşımları, $BYS = 1$	45
Çizelge 6.1. ÇKKV Süreci	48
Çizelge 6.2. ÇAKV-ÇÖKV Karşılaştırma Tablosu.....	50
Çizelge 7.1. Burulma Düzensizlik Değerleri.....	62
Çizelge 7.2. Döşeme Süreksizlik Değerleri.....	63
Çizelge 7.3. Düşey Taşıyıcı Süreksizlik Değerleri.....	63
Çizelge 7.4. Kütle Düzensizlik Değerler	64
Çizelge 7.5. Taşıyıcı Eleman Korozyon Değerleri.....	64
Çizelge 7.6. Kısa Kolon Bulunması Değerleri	65
Çizelge 7.7. Ağır Cephe Eleman Değerleri	65
Çizelge 7.8. Asma Kat Değerleri.....	65
Çizelge 7.9. Çarpışma Olasılığı Değerleri.....	66
Çizelge 7.10. Katlarda Seviye Farkı ve Kısmi Bodrum Değerleri	66
Çizelge 7.11. Beton Kalitesi Değerleri.....	66
Çizelge 7.12. Yapı Önem Katsayı Değerleri	68
Çizelge 7.13. Etkin Yer İvme Katsayıları.....	69
Çizelge 7.14. Zemin Tipi-Yapı Değerleri.....	70
Çizelge 7.15. Zemin Oturma Değerleri	70
Çizelge 7.16. Zemin Sıvılaşma Değerleri.....	70
Çizelge 7.17. Heyelan Değerleri.....	71

Çizelge 7.18. Zemin Büyütme Değerleri.....	71
Çizelge 7.19. Topografik Etki Değerleri	71
Çizelge 7.20. Temel Tip Değerleri	72
Çizelge 7.21. Temel Derinlik Değerleri	72
Çizelge 7.22. Yeraltı Su Seviyesi Değerleri	72
Çizelge 8.1. Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler ve Bulanık Ölçek Karşılıkları.....	75
Çizelge 8.2. Ana ve Alt Kriterler ve Gösterim Şekilleri	77
Çizelge 8.3. Elde Edilen Verilerin Tamamı	79
Çizelge 8.4. Yapısal Düzeltme Faktörleri İçin Elde Edilen Veriler	81
Çizelge 8.5. Ana Kriterler Bulanık Karar Matrisi	83
Çizelge 8.6. Ana Kriterler Bulanık Sentetik Mertebe Değerleri	83
Çizelge 8.7. Birinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	83
Çizelge 8.8. İkinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları.....	84
Çizelge 8.9. Üçüncü Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları.....	85
Çizelge 8.10. Dördüncü Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	85
Çizelge 8.11. Beşinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	86
Çizelge 8.12. Altıncı Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları.....	86
Çizelge 8.13. Yedinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	86
Çizelge 8.14. Sekizinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	87
Çizelge 8.15. Dokuzuncu Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları.....	87
Çizelge 8.16. Onuncu Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	88
Çizelge 8.17. On birinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları.....	88
Çizelge 8.18. On ikinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları	89
Çizelge 8.19. Geometrik Ortalama	89
Çizelge 8.20. Ana Kriterler Önem Dereceleri	90
Çizelge 8.21. Düzensiz Binalar	91
Çizelge 8.22. Düzensiz Sayısal Değerlerine Göre Bina Risk Durumu	97

KISALTMALAR

DD	Deprem düzeyi
KH	Kontrollü hasar
SH	Sınırlı hasar
ŞGDT	Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım
GÖ	Göçme öncesi hasar
BH	Belirgin Hasar
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
	Deprem Düzeyi-1, Spektral Büyüklüklerin 50 Yılda Aşılma
DD-1	İhtimali %2 ve Buna Karşılık Gelen Yinelenme Aralığının 2475 Yıl Olduğu Çok Seyrek Deprem Hareketi
	Deprem Düzeyi-2, Spektral Büyüklüklerin 50 Yılda Aşılma
DD-2	İhtimali %10 ve Buna Karşılık Gelen Yinelenme Aralığının 475 Yıl Olduğu Seyrek Deprem Hareketi
	Deprem Düzeyi-3, Spektral Büyüklüklerin 50 Yılda Aşılma
DD-3	İhtimali %50 ve Buna Karşılık Gelen Yinelenme Aralığının 72 Yıl Olduğu Sık Deprem Hareketi
	Deprem Düzeyi-4, Spektral Büyüklüklerin 50 Yılda Aşılma
DD-4	İhtimali %68 (30 Yılda Aşılma Olasılığı %50) ve Buna Karşılık Gelen Yinelenme Aralığının 43 Yıl Olduğu Çok Sık Deprem Hareketi
DGT	Dayanıma Göre Tasarım

DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
EKO	TDY-2018'de Etki/Kapasite Oranı
(EKO) _i	TDY-2018'de i Kolonunda Hesap Edilen Etki/Kapasite Oranı
GB	Göçme Bölgesi
GÇ	Göçme Sınırı
GÖ	Göçme Öncesi Hasar/Göçme Öncesi Hasar Sınırı
GV	Güvenlik Sınırı
IH	İleri Hasar
MH	Minimum Hasar
MN	Minimum Hasar Sınırı
KH	Kontrollü Hasar/Kontrollü Hasar Sınırı
KK	Kesintisiz Kullanım
RBTE- 2013	Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar-2013
SH	Sınırlı Hasar / Sınırlı Hasar Sınırı
ŞGDT	Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TDY- 2007	Türk Deprem Yönetmeliği-2007
TDY- 2018	Türk Deprem Yönetmeliği-2018

SİMGELER

$(EI)_e$	Çatlamış kesitin etkin eğilme Rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesitin etkin eğilme Rijitliği
N_D	Deprem hesabındaki toplam kütlelere uygun düşey yükler altında perde veya kolonda oluşan aksenal kuvveti
A_c	Kolon veya perdenin brüt kesit alanını
f_{cm}	Mevcut betonun dayanım değerini
a_{ij}	i. Alternatifin j. Kriter Bazında Performans Değeri
w_j	j. Kriterin Önem Ağırlığı
$\otimes$	Bulanık Çarpma İşlemi
$\ominus$	Bulanık Çıkarma İşlemi
$\oplus$	Bulanık Toplama İşlemi
$\check{A}$	Üçgen Bulanık Sayı
$\mu(x)$	Üyelik Fonksiyonu
A_s	Dolgu (bölme) duvarı alanları
A_w	Kolon alanlarının yarısı
A_z	Zemin kat alanı
W_I	Duvar indeksi
C_I	Kolon indeksi

ÖZET

BİNALARIN DEPREM RİSK DURUMLARININ BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE BELİRLENMESİ

Lübeyne NURDOĞAN

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ercan ÖZGAN

Mart 2024, 104 sayfa

Bu çalışmada, binaların deprem risk durumlarının belirlenmesinde bulanık mantık ile Analitik Hiyerarşi Prosesi 'nin (AHP) entegrasyonu ile oluşturulan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yönteminin kullanılması ve bu yöntemin geleneksel yöntemlere göre avantajları vurgulanmıştır. Klasik yöntemlerin keskin sınırları ve belirgin geçişleri olabileceği, bu durumun belirsizlikleri ve karmaşıklığı tam olarak ele almakta zorlanabileceği belirtilmiştir. Bulanık mantık, belirsizlik ve insan yargısındaki bulanıklığı ifade etme konusunda oldukça etkilidir. Geleneksel mantık, genellikle kesin olan ya da olmayan, doğru ya da yanlış gibi net ifadeler kullanırken, bulanık mantık belirsizlik aralıklarını ifade ederek insan düşünme tarzına daha yakın bir sonuç ortaya koyar. Analitik Hiyerarşi Prosesi ise farklı parametreleri puanlama ve önceliklendirme konusunda kullanılan birçok kriterli karar verme yöntemidir. Bu yöntem, bulanık mantıkla birleştirildiğinde, binaların deprem risk durumlarını daha esnek bir şekilde değerlendirmeye olanak tanır. Önemli olan, bu tür bir yöntemin uygulanabilirliği ve gerçek hayattaki etkinliğidir. Elde edilen sonuçların pratikte ne kadar kullanışlı olduğu ve geleneksel yöntemlere göre ne kadar avantaj sağladığı, özellikle deprem gibi riskli durumlarda hayati önem taşır. Bu tarz çalışmalar, belirli bir yöntemin diğerlerine göre üstünlüklerini ve zayıflıklarını göstererek, daha sağlam ve insanın ihtiyaçlarına daha uygun çözümler geliştirmeye yardımcı olur. P25 metodu, binaların deprem risk değerlendirmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, binaların 25 faktöre bağlı olarak deprem risk puanları hesaplanmakta ve binaların risk durumları bu puanlara göre tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada P25 metodunda kullanılan 25 parametrenin 5 ana grupta toplanması ile ifade edilmiştir. Bu ana kriterler ve alt kriterler şunlardır; “K1 Binalarda ki Düzensizlik Faktörleri”: Burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, taşıyıcı süreksizliği, yumuşak/zayıf kat. “K2 Yapısal Düzeltme Faktörleri”: Kütle düzensizliği, kısa kolon, asma kat faktörü, zayıf kolon, enine donatı sıklığı, yapı önem derecesi, temel tipi, temel derinliği, “K3 Temel ve Zemin Faktörleri”: Deprem Bölgesi, zemin tipi, zemin oturması, zemin sıvılaşması, heyelan, zemin büyütmesi, Topografik etki, yer altı su seviyesi, “K4 Malzeme Faktörleri”: Korozyon, beton kalitesi, “K5 Yapısal Olmayan Faktörler”: Ağır cephe elemanları, çarpışma olasılığı, seviye farkı/kısmi bodrum durumlarını içermektedir. P25 metodun da bina risk durumunun değerlendirilmesinde kullanılan 5 ana faktörün bina risk puanı üzerinde ki etki düzeyleri belirlenmiştir. Buna göre; Yapıdaki düzensizlik faktörlerinin (K1) %16,56, Yapısal faktörlerinin (K2) %33,45, Zemin ve arazi faktörlerinin (K3) 30,19, Malzeme faktörlerinin (K4) %7,45 ve Yapısal olmayan faktörlerinin (K5) %12,36 oranında etkisi olduğu görülmüştür. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi ile bu 5 ana faktörün bina risk puanlarının belirlenmesinde ki etki düzeylerinin, yapıdaki düzensizlik faktörlerinin (K1) %29,22, yapısal faktörlerinin (K2) %34,57, zemin ve arazi faktörlerinin (K3) %15,82,

malzeme faktörlerinin (K4) %10,87 ve yapısal olmayan faktörlerinin (K5) %9,52 oranında etkisi olduğu görülmüştür. BAHP metodu, binaların deprem risk durumlarının belirlenmesinde kullanılabilir bir metot olup, her bir alt faktörler için yapılacak daha detaylı çalışmalarla geliştirilerek kullanılabilir. Bu yöntem, binaların deprem dayanıklılığını değerlendirerek riskli durumları tespit etme ve gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olabilir.

Anahtar Sözcükler: Deprem, Binaların Analizi, Bina Risk Durumu, Bulanık Mantık



ABSTRACT

DETERMINATION of EARTHQUAKE RISK SITUATIONS of BUILDINGS with FUZZY LOGIC APPROACH

Lübeyne NURDOGAN

Düzce University
Graduate School, Department of Architecture
Master's Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ercan OZGAN

March 2024, 104 pages

In this study, the use of the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (BAHP) method, created by the integration of fuzzy logic and the Analytic Hierarchy Process (AHP), in determining the earthquake risk status of buildings, and the advantages of this method over traditional methods are emphasized. It has been stated that classical methods may have sharp boundaries and distinct transitions, which may make it difficult to fully address uncertainties and complexity. Fuzzy logic is very effective in expressing uncertainty and blurriness in human judgment. While traditional logic generally uses clear statements such as certain or not, true or false, fuzzy logic expresses ranges of uncertainty and produces a result closer to the human way of thinking. Analytical Hierarchy Process is a multi-criteria decision-making method used to score and prioritize different parameters. This method, when combined with fuzzy logic, allows a more flexible evaluation of the earthquake risk status of buildings. What is important is the applicability and real-life effectiveness of such a method. How useful the results obtained are in practice and how much advantage they provide over traditional methods are of vital importance, especially in risky situations such as earthquakes. Such studies help develop more robust and more appropriate solutions to human needs by showing the advantages and weaknesses of a particular method over others. P25 method is a method used for the earthquake risk assessment of buildings. In this method, 25 parameters are used to determine the earthquake loads of buildings and to perform performance analyses. In this study, the 25 parameters used in the P25 method are grouped into 5 main categories. These main criteria and sub-criteria are as follows: **K1 Irregularity Factors in Buildings:** Torsional irregularity, floor diaphragm irregularity, structural irregularity, soft/weak storey **K2 Structural Correction Factors:** Mass irregularity, short column, hanging floor factor, weak column, transverse reinforcement spacing, structural importance category, foundation type, foundation depth **K3 Foundation and Soil Factors:** Seismic Zone, soil type, soil settlement, soil liquefaction, landslide, soil amplification, topographic effect, groundwater level **K4 Material Factors:** Corrosion, concrete quality **K5 Non-structural Factors:** Heavy façade elements, probability of collision, level difference/partial basement In the P25 method, it is seen that irregularity factors in the structure (K1) have an effect of 16.56%, structural factors (K2) have an effect of 33.45%, foundation and soil factors (K3) have an effect of 30.19%, material factors (K4) have an effect of 7.45% and non-structural factors (K5) have an effect of 12.36% on building risk assessment. With the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) method, it has been determined that the impact levels of these 5 main factors in determining the building risk conditions are 29.22% for irregularity factors in the structure (K1), 34.57% for structural factors (K2), 15.82% for foundation and soil factors (K3), 10.87% for material factors (K4), and 9.52% for non-structural factors (K5) in the study. The FAHP method is a usable method for determining the earthquake risk

conditions of buildings and can be further developed with more detailed studies for each sub-factor. This method can help evaluate the earthquake resistance of buildings, identify risky situations, and take necessary precautions.

Keywords: Earthquake, Analysis of Buildings, Building Risk Status, Fuzzy Logic



1. GİRİŞ

Deprem, yüzyıllardır var olan ve var olmaya devam edecek doğal bir olaydır. Yerküreyi oluşturan tabakalar arasında ki fayların zamanla yüklendikleri enerjiyi boşaltması ile depremler oluşmaktadır. Bu depremlerin bir kısmı derinlerde oluşurken bir kısmı ise yüzeye yakın olarak meydana gelmektedir. Depremler olduğunda meydana çıkan enerjinin büyüklüğü depremin büyüklüğü olarak ifade edilirken depremlerin yeryüzünde, binalarda vb meydana getirdiği hasarlar ise depremin şiddeti olarak ifade edilmektedir. Deprem kuvvetleri yerkürede dalgalanma hareketi ile ilerlemekte ve bu dalgalar yerküre içinde aşağı yukarı, ileri geri hareketler ile ilerlemektedir. Zeminde oluşan bu deprem dalgaları binalara ulaştığında yatay ve düşey kuvvetler olarak binalara etki etmektedir. Bu etki sonucunda binalar yıkılmakta, ağır hasar almakta, hafif hasarlı olmakta ya da hiçbir hasar almamaktadır. Binaların deprem etkisi ile yıkılmaları, ağır hasar almaları binalar için 'Binanın Deprem Riski' olarak tanımlanabilir. Ülkemizde olduğu gibi deprem kuşağında yer alan ülkeler depremlere karşı hazırlıklı olmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda binaların yapım standartlarında, yasa ve yönetmeliklerinde değişiklikler, revizyonlar yaparak önlemler alınmaya çalışılmaktadır. Deprem öncesi, deprem anında ve deprem sonunda oluşan durumlar için Afet Yönetim Sistemleri oluşturularak hiç can kaybının olmaması ve binaların yıkılmaması için çok yönlü çalışmalar yapılmaktadır. Bu tür felaketler kaçınılmaz olabilir, ancak önlem almak ve hazırlıklı olmak sonuçları hafifletebilir. Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde yapılaşmanın denetlenmesi, güçlendirme çalışmalarının yapılması ve yeni yapıların deprem normlarına uygun olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, deprem sırasında can ve mal kayıplarını en aza indirmek amacıyla toplumun deprem bilincinin artırılması, eğitim ve tatbikatlar düzenlenmesi de önemlidir. Depremde can kaybını azaltmak için binaların tasarımında, yapı malzemelerinde ve inşaat yöntemlerinde güvenlik standartlarına uyulmalıdır. Deprem anında hızlı müdahale ve kurtarma operasyonları için acil durum planları oluşturulmalı, toplumun bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi sağlanmalıdır. Depremin etkilerini en aza indirebilmek için kamu kurumları, sivil toplum örgütleri ve bireyler arasında iş birliği ve koordinasyon sağlanmalıdır. İnşa edilen binaların düzenli olarak denetlenmesi, depreme dayanıklılıklarının periyodik olarak test edilmesi, altyapı çalışmalarının sürekli gözden geçirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir.

Binaların Deprem Risk durumları yeni projelendirilen ve tasarlanan yapılar için belirlenebileceği gibi mevcut binaların Deprem Risk Durumları da belirlenebilir. Bu

alışmalar ilgili yasa, yönetmelik ve mevzuat kapsamında geliştirilen yaklaşımlarla yapılabilmektedir. Bu yaklaşımlardan biri de P25 Metodu olup binaya ait 25 faktöre bağlı olarak mevcut binaların Deprem Risk Durumları sahada yapılan çalışmalar, proje verileri, zemin verileri, imar durumları vb birçok faktöre bağlı olarak belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu metot ve yaklaşımlar dışında son zamanlarda Bulanık mantık yaklaşımı ile de Binaların Deprem Risk durumlarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar dikkat çekmektedir. İnaaat mühendisliği alanında özellikle bulanık yapı analizleri, akıllı analizler, veri işleme ve sistem analizleri gibi alanlarda bulanık mantık prensipleri uygulanmaktadır. Bu analizler, belirsizlik içeren verilerle çalışarak yapıların risk seviyelerini belirlemede yardımcı olmaktadır. Son zamanlarda, bulanık küme teorisi risk azaltma konusunda da kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum, belirsizliklerle dolu olan deprem gibi riskli durumların yönetimi ve azaltılmasında daha etkili stratejiler geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Yapılan bu tür analizler, belirsizlik içeren verilerle çalışırken daha kapsamlı bir perspektif sunmakta ancak, bu teorilerin uygulanması ve sonuçların yorumlanması uzmanlık gerektirmektedir.

Bulanık mantık, gerçek hayattaki belirsizlikleri ve karmaşıklıkları matematiksel olarak ifade etmek ve bu belirsizliklerle başa çıkmak için oldukça önemli bir araçtır. Geleneksel mantık genellikle kesinliği ve ikili doğayı vurgularken, bulanık mantık çok daha esnek bir yaklaşım sunar. Belirli bir durumun sadece doğru veya yanlış olmadığını, bir dereceye kadar her iki durum arasında bulunabileceğini kabul eder. Bulanık mantık, birçok alanda kullanılan ve kabul gören bir model olmuştur çünkü gerçek dünyada pek çok durum net sınırlar içinde gerçekleşmez. Örneğin, bir nesnenin büyüklüğü, sıcaklığı veya bir olayın hızı kesin bir "doğru" veya "yanlış" olarak tanımlanamaz. Bu tür durumlar için bulanık mantık, bir nesnenin veya olayın bir dereceye kadar büyük veya küçük, sıcak veya soğuk, hızlı veya yavaş olabileceğini ifade etmek için kullanılır. Bulanık mantığın başlangıçta batıda kabul görmemesinin sebebi, geleneksel ikili mantığın egemen olmasıdır. Ancak zamanla, bulanık mantığın gerçek dünya problemlerini çözmede ne kadar etkili olduğu anlaşılmış ve özellikle teknoloji alanında büyük bir kullanım alanı bulmuştur. Bu, olayların veya durumların sadece kesin iki değerle ifade edilemeyeceğini kabul etmenin önemli olduğunu göstermektedir. Bulanık mantık, sistemleri modellerken ve kararlar alırken belirsizlikleri ve karmaşıklıkları hesaba katarak daha gerçekçi sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadır. Bu yaklaşım, özellikle yapay zekâ, kontrol sistemleri, karar verme süreçleri gibi birçok alanda büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, deprem riski altındaki ülkelerde depremle başa çıkma stratejileri

geliştirilmesi ve uygulanması önemlidir. Bu stratejiler, bina güvenliği, toplum bilinci, acil durum hazırlıkları ve kurtarma operasyonları gibi bir dizi önlemleri içermelidir. Bu sayede depremin olumsuz etkileri en aza indirilebilir ve toplum daha güvenli bir şekilde yaşayabilir. Bulanık mantık ile Analitik Hiyerarşi Prosesi 'nin (AHP) entegrasyonu ile oluşturulan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi birçok alanda kullanılmaya başlanmış ve her geçen gün çok daha farklı alanlarda kullanılmaya devam edilmektedir. Bu kapsamda, Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kullanılarak yapılan bazı çalışmalar incelenmiş olup aşağıda Çizelge 1.1.'de kronolojik olarak verilmiştir (Kartal, 2021).

Çizelge 1.1. ÇKKV Yöntemleri ile Yapılan Bazı Çalışmalar.

YAZAR	YIL	AMAÇ	YÖNTEM
Usta Süleyman, Perçin	2007	Firmaların kuruluş yeri seçim kararı	ANP
Aksakal, Dağdeviren	2010	Personel seçim süreci	DEMATEL, ANP
Alptekin	2010	Türkiye'de beyaz sektöründe yer alan 3 firmanın Pazar paylarının tahmin edilmesi	ANP
Çelik, Murat	2010	Üniversitelerde strateji yapılandırma sürecine karar verme	SWOT analizi ile bütünlük ANP
Dağdeviren, Yüksel	2010	Bir örgütün sektörel rekabet düzeyinin ölçülmesi	FANP
Ersöz ve Kabak	2010	ÇKKV yöntemlerinin dayandığı teorik temelleri ve kullanım amaçlarının görmek hedeflenmektedir.	Hedef Programlama, AHP
Sevklı vd	2012	Türk havayolu sektöründe stratejik yönetim kararları alınması	SWOT FANP
Tayyar	2012	En iyi pet şişe tedarikçisinin belirlenmesi	AHP, Bulanık TOPSİS
Çiçekli, Karaçizmeli	2013	Öğrencinin başarısını etkileyen kriterlerin belirlenmesi	Bulanık AHS
Özbek, Eren	2013	Bir işletme için en uygun üçüncü parti lojistik (3PL) firma seçimi	ANP
Vatansever, Uluköy	2013	Üretim sektörü için en uygun ERP yazılımının seçilmesi	Bulanık AHP, Bulanık MOORA
Yıldız, Deveci	2013	Personel seçimi	Bulanık VIKOR
Ar vd.	2014	Kuruluş yeri seçimi	Bulanık AHS, VIKOR
Çelik, Ustasüleyman	2014	GSM operatörlerinin hizmet kalitesinin karşılaştırılması	AHS, ELECTRE I, PROMETHEE

Çizelge 1.1 (devam). ÇKKV yöntemleri ile yapılan bazı çalışmalar

Shahabi vd	2014	İran'ın hurda geri dönüşüm endüstrisinde SWOT analizi ile belirlenen stratejilerin sıralanması	AHP, ANP
Tadic vd	2014	Şehir lojistiği konseptinin seçimi-Belgrad şehrinde uygulama	DEMATEL, FANP, VIKOR
Tepe, Görener	2014	Personel seçimi	AHS, MOORA
Changa vd.	2015	ERP sisteminin uygulanmasında örgütsel kültürler ve farklı endüstriler için risk düzeyinin belirlenmesi	FANP
Najafinasab vd.	2015	Kıyı bölgelerinde sürdürülebilir arazi kullanımı planlaması kriterlerini seçmek	DEMATEL, FANP
Şimşek vd.	2015	Otel işletmesi için en uygun tedarikçi seçimi	TOPSİS, MOORA
Uyguntürk	2015	Bankaların internet şubelerine göre sıralanması	Bulanık MOORA
Uygun, Kaçamak, Kahraman	2015	Bir telekomünikasyon şirketi için dış kaynak sağlayıcılığının değerlendirilmesi ve belirlenmesi	DEMATEL, FANP
Yıldırım, Önay	2015	Bulut Teknolojisi Firmalarının sıralanması	Bulanık AHP, MOORA
Büyüközkan, Güleriyüz	2016	Türkiye için yatırım açısından en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının seçilmesi	DEMATEL, ANP
Karabıçak vd.	2016	Karayolu şantiye yeri seçimi	Bulanık AHP, TOPSİS
Nilashi vd.	2016	Malezya kamu hastanelerinde, hastane bilgi sisteminin benimsenmesi için etkili olan faktörlerin belirlenmesi	FANP
Sağır, Doğanalp	2016	Türkiye için enerji kaynakları alternatiflerinin sıralanması	Bulanık TOPSİS
Şişman, Doğan	2016	Finansal performans açısından Türk bankalarının değerlendirilmesi	Bulanık AHP, Bulanık MOORA
Uzun, Kazan	2016	Gemi inşada ana makine seçimi	AHP, TOPSİS, PROMETHEE
Wu vd.	2016	CNC takım tezgâhı seçimi	Bulanık VIKOR

Çizelge 1.1 (devam). ÇKKV yöntemleri ile yapılan bazı çalışmalar

Tunçel vd.	2017	Otomobil markalarının sıralanması	Bulanık ELECTRE I,
Arroyo, Molinos-Senante	2018	Yedi alternatif arasından en sürdürülebilir atık su arıtma teknolojisinin seçilmesi	AHP
Ebrahimi vd.	2018	Yenilenebilir enerji alanındaki teknolojilerden biri olan PV/T sisteminin verimlilik ve maliyetini etkileyen unsurların belirlenmesi	ANP

Wu vd. tarafından yapılan bu çalışma, çok kriterli bir grup karar verme tekniği olan bulanık VIKOR yöntemini kullanarak bir CNC takım tezgâhı seçim problemini çözmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, bulanık dilbilimsel yaklaşımla geliştirdikleri iki farklı algoritma üzerinde çalışmış ve önerdikleri modelin doğruluğunu test etmek için Pakistan’da takım tezgâhı fabrikasında bir uygulama gerçekleştirilmişlerdir. Yapılan karşılaştırmalar, her iki algoritmanın da farklı özelliklere sahip olduğunu ve bu algoritmaların her ikisinin de kullanılmasının çözümün daha iyi anlaşılmasına yardımcı olduğunu göstermiştir. Bu, her bir algoritmanın farklı açılardan değerli bilgi sağladığı ve bu bilgilerin birleştirilmesinin daha kapsamlı bir sonuç elde etmeye yardımcı olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, önerilen modelin gerçek bir endüstriyel ortamda uygulanarak doğrulandığı belirtilmiştir. Bu tür çalışmalar, endüstriyel süreçlerde karar verme süreçlerini iyileştirmek için kullanılabilecek tekniklerin geliştirilmesine ve uygulanmasına olanak tanır. Bu tür teknikler, özellikle çoklu değişkenlerin ve kriterlerin dikkate alındığı karmaşık karar verme problemlerinde faydalı olabilir.

Ersöz ve Kabak 2010'daki çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin teorik temellerini ve kullanım amaçlarını incelemişlerdir. Özellikle Türk Savunma Sanayii’nde kullanılan yöntemleri belirlemek için Hedef Programlama (GP) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi yöntemler üzerine odaklanmışlardır. Sonuçları, AHP'nin uzun süredir kullanılan bir yöntem olduğunu ancak Analitik Şebeke Süreci (ANP) yönteminin son yıllarda hem Türkiye’de hem de dünya genelinde tercih edildiğini göstermiştir.

Uygun, Kaçamak ve Kahraman 2015'teki çalışmalarında ise bir telekomünikasyon şirketi için dış kaynak sağlayıcılığını değerlendirmek amacıyla DEMATEL ve bulanık ANP yöntemlerini kullanmışlardır. İlk olarak DEMATEL yöntemini kullanarak ana kriterler arasındaki ilişkileri belirlemeye odaklanmışlardır. Ardından, bu ilişkileri baz alarak bulanık

ANP yaklaşımı ile alt kriterlerin yerel ağırlıklarını hesaplamışlardır. Çalışmanın sonunda önerdikleri modelin gerçek dünya karar süreçlerinde etkili olabileceğini göstermişlerdir.

Bu tür yöntemler, karmaşık karar verme süreçlerinde analiz ve değerlendirme için oldukça faydalı olabilir. Çalışmalarda, farklı yöntemlerin kombinasyonunu kullanarak daha kapsamlı ve doğru sonuçlar elde etmeye çalışmıştır. Bu çalışmalar, çeşitli karar verme yöntemlerinin farklı alanlarda nasıl kullanılabileceğini göstermiştir. Örneğin, gemi inşası için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin karşılaştırılması, hangi ana makinenin seçilmesi gerektiği konusunda faydalı olmuştur. Karabıçak ve ekibinin karayolu şantiye yeri seçimi için bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanması da benzer şekilde belirli kriterlere dayalı tercih yapmalarını sağlamıştır.

Tayyar'ın çalışması ise en iyi pet şişe tedarikçisini belirlemede AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini karşılaştırarak hangi yöntemin problem yapısına daha uygun olduğunu göstermiştir. Bu, hangi durumda hangi yöntemin daha etkili olduğunu anlamak için önemli bir örnektir.

Çiçekli ve Kara Çizmeli 'nin Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecini kullanarak başarılı öğrenci seçimi yapmaları da dikkat çekicidir. Bu çalışma, sadece sınav notları değil, farklı kriterlerinde etkili olduğunu göstererek daha kapsamlı bir değerlendirme yapılmasına imkân sağlamıştır.

Bu farklı çalışmalar, farklı karar verme süreçlerinde kullanılabilecek çok sayıda yöntemin olduğunu ve her birinin belirli bir duruma daha uygun olabileceğini göstermiş olup bu da karar verme süreçlerinde ki çeşitliliği ve esnekliği vurgulamaktadır.

Ar ve arkadaşlarının, otel yeri seçimi için bulanık AHS ve VIKOR yaklaşımlarını kullanması da kuruluş yerleri gibi karmaşık kararlar için bu yöntemlerin uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Kriter ağırlıklarının bulanık AHS ile belirlenmesi ve VIKOR yaklaşımıyla uzlaşık çözüm elde edilmesi karar sürecine katkı sağlamıştır.

Çelik ve Usta Süleyman'ın GSM operatörlerinin hizmet kalitesini karşılaştıran çalışması ise AHS ile kriterlerin önem derecelerini belirleyip ELECTRE I ve PROMETHEE teknikleriyle alternatifleri değerlendirerek, farklı tekniklerin nasıl kullanılabileceğini göstermiştir.

Dağdeviren ve Yüksel'in 2010'da yaptıkları çalışmada, sektörel rekabet düzeyini ölçmek için bulanık analitik ağ süreci (ANP) tekniği kullanılmıştır. Bu çalışma, rekabet düzeyini

etkileyen faktörleri ve bu faktörler arasındaki ilişkileri belirlemeyi amaçladı. Ayrıca, faktörlerin altında yer alan unsurların ağırlıklarını belirleyerek sektörel rekabet düzeyini belirleme amacıyla bir vaka çalışması yapılmıştır (Alyamaç ve Erdoğan, 2005).

Çelik ve Murat tarafından 2010 yılında geliştirilen Üniversite Dinamik Entegre Strateji Modeli (ÜDESM) oldukça ilgi çekicidir. Bu model, üniversitelerin strateji yapılandırma sürecinde karar vericilere destek sağlamak için tasarlanmıştır. Modelin Zonguldak Karaelmas Üniversitesinin 2008/2012 Stratejik Planı örneğiyle nasıl uygulandığını inceleyen bu çalışmada, ÜDESM'in dinamik SWOT analizi ile bütünleşik analitik ağ süreci yöntemi kullanılmıştır.

DEMATEL ve bulanık ANP gibi yöntemler, karmaşık sistemleri analiz etmek ve kriterleri belirlemek için etkili araçlardır. DEMATEL, kriterler arasındaki ilişkileri belirlemek ve önceliklendirmek için kullanılırken, bulanık ANP ise belirlenen kriterlerin ağırlıklarını ve önemini belirlemek için kullanılabilir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Sakarya İli, Akyazı İlçe merkezinde bulunan Ömercikler mahallesindeki 12 adet binanın deprem risk durumu bulanık mantık ile Analitik Hiyerarşi Prosesi 'nin (AHP) entegrasyonu ile oluşturulan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi ile belirlenmiştir. Ömercikler mahallesinde bulunan 12 adet binanın deprem risk durumları Özgan E. ve diğerleri tarafından P25 metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, belirlenen eski binaların deprem risk durumlarını belirlemek için çeşitli aşamalar izlenmiştir. İlk olarak, yerinde inceleme ve gözlem yapılarak riskli olan binalar öncelik sırasına göre tespit edilmiştir. Ardından, P25 metodu kullanılarak bu binaların değerlendirilmesi yapılmış ve ilk deprem risk puanları belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise, mimari ve statik projeleri incelenerek puanlandırılmış ve toplam deprem risk puanları elde edilmiştir. Elde edilen bu puanlar doğrultusunda yapılar “risksiz”, “şüpheli riskli” “riskli” ve “çok riskli” olarak sınıflandırılmıştır. P25 metodu ile bina risk durumlarının belirlendiği bu çalışmada 25 faktörün etkisi metoda dahil edilmeye çalışılmıştır. Ancak P25 metodunda kullanılan faktörlerin binaların deprem risk durumlarının belirlenmesinde ki etki düzeyleri ya da ağırlık oranları ile ilgili bir yaklaşım da bulunulmamıştır. P25 metodu ile yapılan bu çalışmada 25 faktörün binaların deprem risk durumlarına etki düzeyleri ve ağırlık oranlarının belirlenebilmesi için Bulanık Mantık ile Analitik Hiyerarşi Prosesi 'nin (AHP) entegrasyonu ile oluşturulan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi kullanılarak analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar ile P25 metodunun sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bulanık AHP (BAHP) yöntemi, bulanık mantığı AHP yöntemiyle birleştirerek karmaşık karar verme süreçlerinde belirsizlikleri ele almaya odaklanır. AHP'nin hiyerarşik yapısı, kriterleri, alt kriterleri ve seçeneklerin ilişkilerini düzenlemeye yardımcı olur. Ayrıca, bu yöntem karar vericinin deneyimlerini de içeren bir yapı sunar. AHP genellikle birçok alanda kullanılır ve teknik bilgi gerektirmediği için geniş bir kesim tarafından benimsenmektedir. Bulanık AHP, kesin değerler yerine aralıklı ifadelerle çalışarak belirsizlikleri ele alır ve karar verme sürecini daha esnek hale getirir. Bu yaklaşım özellikle deprem riski gibi karmaşık ve belirsiz bir konuda oldukça etkili olabilir. Bulanık AHP, karar verme sürecinde bulanık veya kesin olmayan verilerle çalışılmasına izin vererek daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir.

Bu çalışmada, değerlendirilecek kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenememesi nedeniyle kriterlerin hiyerarşik bir yapıda oluşturulması gerektiği ifade edilmektedir. Karar verme sürecinde ortaya çıkan belirsizlikleri gidermek amacıyla, çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık AHP) yöntemi uygulanmıştır. Binaların deprem risk durumlarını belirlerken, zemin özellikleri, taşıyıcı sistem, kat adedi, temel çeşidi gibi birçok parametre göz önünde bulundurularak Bulanık Mantık işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık AHP) yönteminde kullanılan kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve bunların bulanık ölçek karşılıkları Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler ve Bulanık Ölçek Karşılıkları

Dilsel Değişkenler	Bulanık Ölçek	Bulanık Ölçek Karşılığı
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Kesinlikle önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Ana kriterler kendi aralarında karşılaştırılmış; her bir ana kritere bağlı alt kriterlerin de ayrı ayrı olarak kendi aralarında ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Klasik yöntemlerle belirlenen risk durumları ile Bulanık Mantık yaklaşımı ile belirlenen risk durumları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

3. DEPREM VE DEPREMİN YAPILAR ÜZERİNDE Kİ ETKİLERİ

Doğal afetler, toplumların hayatlarını derinden etkileyebilir ve bazen büyük zararlara neden olabilirler. Depremler, bu afetlerin önemli bir parçasıdır ve özellikle Türkiye gibi fay hatlarıyla çevrili bölgelerde sıkça yaşanabilir. Depremler, fay hatlarındaki enerjinin aniden boşalmasıyla ortaya çıkar. Bu enerjinin serbest kalmasıyla yeryüzünde titreşimler meydana gelir. Depremler, can kaybına ve yapısal hasara yol açabilirler. Özellikle şehirlerdeki binaların yapısı ve toplumun hazırlıklı olma düzeyi, depremlerin etkisini belirleyebilir. Toplumların depreme hazırlıklı olması, binaların sağlam inşa edilmesi, afet planlarının oluşturulması ve toplum bilincinin artırılması, depremlerin etkilerini azaltmada önemli bir rol oynar. Bu tür önlemler, afetlerin yol açtığı zararları en aza indirmeye konusunda büyük bir fark yaratabilir. Ülkelerin doğal afetlere karşı hazırlıklı olması, erken uyarı sistemleri, afet sonrası müdahale ekipleri ve toplumun bilinçlendirilmesi gibi önlemler, doğal afetlerin etkilerini azaltmaya yardımcı olabilir. Bu süreçte eğitim, bilinçlendirme ve afet yönetimi önemli bir yer tutar (Cansız, 2022). Bilimsel araştırmalar, deprem riskini anlama, yapıların dayanıklılığını artırma ve insanların güvenliğini sağlama konusunda önemli ilerlemeler kaydetmesini sağlamıştır.

Modern yapı teknolojisi, depreme karşı dayanıklı binaların tasarımı konusunda önemli adımlar atmıştır. Deprem anındaki titreşimleri hesaba katarak esnek, dayanıklı ve güvenli yapılar inşa etmek, mühendislerin öncelikli hedeflerinden biri olmalıdır. Bu şekilde, deprem riski altındaki bölgelerde yaşayan insanların güvenliğini sağlamak ve mal kayıplarını minimize etmek mümkün olabilir. Bu alandaki çalışmalar, deprem mühendisliği ve yapı tasarımı konusunda sürekli olarak ilerlemekte ve insanların deprem riski altında daha güvenli bir şekilde yaşamasını sağlayacak yeni teknolojilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Yapılar depreme karşı dirençli olması için tasarlanırken, yer kabuğundaki hareketlerin, levha tektoniğinin ve deprem dalgalarının etkilerinin göz önünde bulundurulması çok önemlidir. Bu bilgiler, mühendislerin ve tasarımcıların, binaları depreme dayanıklı hale getirirken hangi faktörleri dikkate aldıklarını anlamalarına yardımcı olabilir. Yapıların depreme dayanıklı olmasını sağlamak için, yapı malzemeleri, tasarım ve yapı inşası süreçleri deprem etkilerine karşı özel olarak düşünülür. Esneklik, deprem sırasında binanın hareket etmesine izin verir ve binanın çökmesini engelleyebilir. Bunun yanı sıra, zemin koşulları da önemlidir; farklı zemin tipleri, deprem dalgalarını farklı şekillerde iletebilir ve yapı üzerindeki etkiyi değiştirebilir. Bu bilgiler, deprem riski olan bölgelerde yaşayan insanların güvenli yapılar içinde olmalarını sağlamak için hayati öneme

sahiptir. Ayrıca, yapıların depreme karşı dayanıklı olması, afetlerde can kaybını ve maddi hasarı azaltmada önemli bir faktördür. Özellikle deprem odağına yakın bölgelerde, düşey ivmeler yatay ivmelerden daha fazla olabilir. Bu durum, binaların, özellikle dikey yönde daha fazla hareket etmesine ve bu hareketin bina yapı elemanları üzerinde daha büyük etkiye sahip olmasına neden olabilir. Ancak, deprem odağından uzaklaştıkça yatay ivmelerin daha belirgin olduğu gözlemlenebilir (Ersoy ve Özcebe, 2016). Önemli bir nokta, yapı tasarımında genellikle yatay yükler altında daha büyük bir güvenlik marjı uygulanmasıdır. Ancak, son zamanlarda yapılan araştırmalar ve yaşanan bazı deprem deneyimleri, düşey ivmelerin de önemli bir etkiye sahip olabileceğini ve yapıların düşey yönde de hasar görebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, yapıların hem yatay hem de düşey yükler altında dayanıklı olacak şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi önemlidir. Deprem etkisi altında binaların performansını iyileştirmek için yapısal tasarımın ve yapı malzemelerinin değiştirilmesi veya güçlendirilmesi gibi çeşitli stratejiler kullanılabilir. Bu süreç, bina güvenliği için büyük önem taşır ve binaların depreme karşı dayanıklılığını artırmak için sürekli olarak geliştirilmelidir.

3.1. DEPREM TÜRLERİ

Depremler doğal süreçlerin bir sonucu olabileceği gibi doğal olmayan yollarla da oluşturulabilir. Doğal depremler, genellikle yer kabuğundaki hareketlerden kaynaklanır. Tektonik depremler, levhaların hareketi sonucu ortaya çıkar. Levhaların birbirine sürtünmesi, bir levhanın diğerinin altına girmesi veya levhaların farklı hareketleri neticesinde gerçekleşebilir. Volkanik depremler ise volkanik aktiviteyle bağlantılı olarak ortaya çıkar. Magmanın yer kabuğunda hareket etmesi veya volkan patlamaları sonucunda meydana gelebilir. Çöküntü depremleri ise yer altı boşluklarının çökmesiyle gerçekleşebilir. Yapay depremler, insan etkinlikleri sonucunda ortaya çıkar. Örneğin, nükleer patlamalar, sismik enerji kullanımıyla yapılan çalışmalar, kömür madenlerinin kazılması veya büyük inşaat faaliyetleri gibi insan müdahaleleri sonucu gerçekleşebilir. Bu sınıflandırma, depremlerin doğasını anlamak ve önlem almak için önemlidir. Doğal depremlerin tahmin edilmesi zor olsa da, yapay depremler genellikle daha öngörülebilir olabilir. Her iki durumda da, depremlere karşı önlemler almak ve toplumları depremlere karşı hazırlıklı hale getirmek önemlidir (Ferlibaş, 2020).

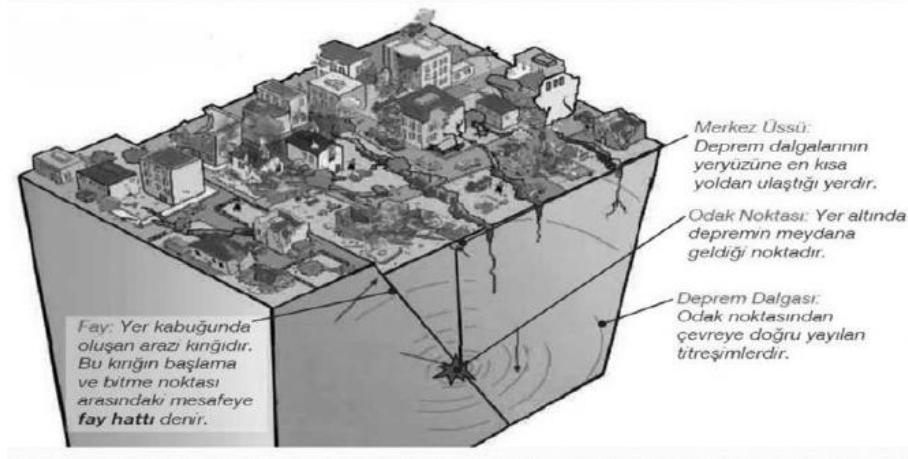
Depremler genellikle farklı derinliklerde meydana gelir ve bu derinlikler, depremleri sınıflandırmak için kullanılır (Kartal, 2021). Bunlar; Sığ Depremler (0-60 km), Orta Derinlikte Depremler (70-300 km), Derin Depremler (300 km ve üzeri)'dir. Bu

sınıflandırma, depremlerin oluştuğu derinliklere göre farklı özellikler gösterdiğini ve bu özelliklerin depremlerin etkileri üzerinde belirleyici olabileceğini gösterir.

3.2. DEPREMİN TEMEL PARAMETRELERİ

Depremle ilgili temel parametreler, depremin özelliklerini anlamak ve değerlendirmek için önemlidir. Bu terimlerin biraz daha detaylı açıklamaları (Kartal, 2021):

- **Odak Noktası (Hiposantr):** Depremin enerjisinin serbest bırakıldığı noktadır. Bu nokta genellikle yerin altında olur ve depremin kaynağıdır. Ancak, pratikte, bu nokta genellikle bir alana yayılmış bir bölge olarak kabul edilir, çünkü depremin tam olarak tek bir noktadan kaynaklanmadığı görülmüştür.
- **Dış Merkez (Episantr):** Odak noktasına en yakın yüzey noktasıdır. Bu nokta, depremin en fazla hissedildiği ve genellikle en çok hasara neden olan yerdir. Depremin etkilerinin yoğunluğuna bağlı olarak, dış merkez alanı farklı boyutlarda olabilir. Büyük depremlerde, odak noktası alanı yüzlerce kilometre boyutunda olabilir.
- **Odak Derinliği:** Depremin odak noktasının yerin yüzeyine olan uzaklığıdır. Bu derinlik, depremin etkilerini ve nasıl hissedildiğini etkileyebilir. Daha derin bir odak genellikle daha az hasara yol açabilir.
- **Şiddet ve Büyüklük (Magnitüd):** Deprem şiddeti, depremin yüzeye etkisi ve oluşturduğu hasarın derecesini ifade ederken, büyüklük ise depremin serbest bıraktığı enerjinin ölçüsüdür. Şiddet genellikle Rossi-Forel ölçeği gibi hasara dayalı bir ölçekle ifade edilirken, büyüklük genellikle Richter ölçeği ya da Moment Magnitude Scale (M_w) gibi ölçeklerle ifade edilir.



Şekil 3.1. Merkez Üssü, Odak Noktası, Deprem Dalgası, Fay, Fay Hattı kavramları

Bu parametreler, depremin niteliğini, etkisini ve potansiyel riskleri anlamak için kullanılır. Depremlerle ilgili veriler toplandıkça ve analiz edildikçe, bu parametrelerin anlamı ve önemi daha da netleşir. Bu nedenle, binaların depreme dayanıklı olması ve afet hazırlığı gibi önlemler oldukça önemlidir (Kılınç, 2022).

Depremlerin şiddeti ve etkisi, birçok faktörün birleşimiyle belirlenir. Richter ölçeği gibi birçok ölçüm metodu, depremlerin büyüklüğünü ölçmek için kullanılır. Bu ölçekler, depremin yaydığı enerji veya sismik dalgaların kaydedilen büyüklüğü gibi faktörlere dayanır. Ancak depremin etkisinin değerlendirilmesinde kullanılan "şiddet cetvelleri" ise, insanların gözlemlediği ve hissettiği etkileri esas alır. Bu cetveller, bir depremin neden olduğu hasarın veya etkinin insanlar, yapılar, doğa ve çevre üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılır. Bunlar, Mercalli, Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK) gibi ölçeklerle ifade edilebilir. Depremlerin etkisinin değerlendirilmesinde kullanılan bu cetveller, insanların yaşadıkları deneyimleri ve gözlemleri temel alır. Resmi deprem ölçekleri ve derecelendirmeler, genellikle Richter ölçeği, Moment Magnitude Scale (Mw), Modified Mercalli Intensity Scale (MMI) gibi standartlara dayanır. Richter ölçeği genellikle depremin yaydığı enerjiyi ölçer ve belirli bir depremin büyüklüğünü (magnitude) belirtir. MMI ise depremin etkilerini, yani insanlar tarafından hissedilen ve çevredeki yapı ve çevre üzerindeki etkileri derecelendirir. Sismik sarsıntılar ve depremler, genellikle bu ölçekler kullanılarak değerlendirilir ve insanlar için daha anlaşılır bir ölçüt sunar. Ancak, depremlerin şiddetini tam olarak tanımlamak ve kategorize etmek karmaşık olabilir çünkü depremlerin etkileri coğrafi, yapısal ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilir (Nemutlu, 2019).

Çizelge 3.1. Richter Magnitüdü, Depremin Etkisi

RICHTER MAGNİTÜDÜ	DEPREMİN ETKİSİ
3,5'dan küçük	Genellikle hissedilmezler, ancak kaydedilir.
3,5 - 5,4	Hissedilirler, ancak hasara neden olmazlar.
6,0'dan küçük	İyi yapılmış binalarda çok az hasar verir. Ancak kötü yapılaşmış küçük alanlarda ciddi hasar yapabilirler.
6,1 6,9	Deprem episantrından yaklaşık 100 km. yarıçapındaki alanda kalan yerleşim yerleri için yıkıcı etkisi görülebilir.
7,0 - 7,9	Büyük deprem. Geniş bir alanda ciddi hasara sebep olur.
9 ve daha büyük	Çok büyük deprem. Yüzlerce kilometre uzaklarda bile büyük yıkıcı etkisini gösterir.

Çizelge 3.2. Richter Magnitüdü, Depremin Etki Değerleri

Magnitüd=Büyüklik (Richter Ölçeği)	Şiddet	Deprem
3,5-4,2	1-3	Hafif
4,3-4,8	4-5	Orta
4,9-6,1	6-7	Şiddetli
6,2-7,3	8-10	Yıkıcı
7,4' den büyük	11-12	Afet

3.3. DEPREM RİSKİ

Deprem riski olan bölgelerde, yapı stokunun depreme dayanıklı olması çok önemli bir konudur. İstanbul gibi büyük bir şehirde, bu tür tahminlerle ilgili bilgiler kamuoyuyla paylaşmakta ve şehir yönetimleri, binaların güvenliği için çeşitli önlemler almaktadır. Depreme dayanıklı yapılar inşa etmek ve mevcut binaları güçlendirmek, önleyici bir adım olabilir. Ayrıca, afet planları oluşturmak ve toplumun deprem anında nasıl hareket etmesi gerektiği konusunda bilinçlendirme çalışmaları da büyük önem taşımaktadır. Bu tür senaryolara karşı hazırlıklı olmak ve gereken adımları atmak, olası zararları en aza indirebilir.

Deprem tahminleri ve risk analizleri genellikle geçmişte yaşanan depremlerin incelenmesiyle başlar. Bir bölgedeki deprem riski, o bölgedeki jeolojik yapı, fay hatları, yer kabuğunun hareketleri gibi faktörlerin yanı sıra geçmişteki depremlerin incelenmesiyle belirlenir. Özellikle aktif fay hatları bulunan yerlerde, geçmişte meydana gelen depremler kaydedilir ve bu veriler kullanılarak olası senaryolar ve riskler hesaplanır. Örneğin, İstanbul gibi büyük şehirlerde deprem riski yüksek olduğundan, sürekli olarak jeolojik izleme, deprem tahmini ve hazırlık çalışmaları yapılır. Depremlerin kaydedilmesi, deprem ölçüm cihazları ve ağlarının kurulmasıyla gerçekleşir. Bu veriler, deprem modelleri oluşturmak, potansiyel riskleri belirlemek ve afet yönetimi için önemli birer kaynak haline gelir. Tahminlerin doğruluğu ve kesinliği, sürekli olarak geliştirilen yeni teknolojiler ve daha detaylı veri analizleriyle artar. Ancak depremlerin ne zaman, nerede ve ne şiddette olacağını kesin olarak tahmin etmek zordur. Bu nedenle, afet riskini azaltmak için önlemler almak, binaları güçlendirmek, acil durum planları oluşturmak ve toplumları eğitmek gibi hazırlık adımları büyük önem taşır (Uzun, 2014).

Deprem tehlikesi, belirli bir bölgede olası bir depremin şiddeti ve frekansı ile ilgili bir tahmin yapmamıza yardımcı olurken, deprem riski ise bu olası depremlerin sonucunda ortaya çıkabilecek hasar ve etkilerle ilgilidir. Risk analizi, sadece depremin olasılığını değil, aynı zamanda depremin etkilerini nasıl hissedeceğimizi de belirlememize yardımcı olur. Bu faktörler arasında bina ve altyapı türü ve kalitesi, nüfus yoğunluğu, arazi kullanımı gibi şeyler yer alır. Örneğin, uzak bir bölgedeki büyük depremler belirli bir tehlike oluşturabilirken, yoğun nüfuslu bir alandaki daha küçük depremler ciddi riskler oluşturabilir. Deprem risk analizi, kentsel planlama, yapısal güçlendirme ve acil durum hazırlıkları gibi konularda stratejiler geliştirmede önemli bir rol oynar. Bu bilgiler, binaların ve altyapının daha güvenli hale getirilmesi, acil durum planlarının oluşturulması ve deprem sonrası toplumların toparlanma süreçlerine yardımcı olmak için kullanılabilir.

Yerleşimlerdeki nüfus yoğunluğu arttıkça, deprem riski ve potansiyel zararlar da artma eğilimindedir. Özellikle büyük şehirlerdeki nüfus artışı ve yapılaşmanın hızlanması, deprem riskini daha da artırabilir. Bu durum, özellikle şehir planlaması, yapı güvenliği ve afet yönetimi açısından büyük önem taşır. Bina yoğunluğu, yapıların kalitesi ve depreme dayanıklı olup olmaması da büyük bir etkidir. Yapı standartlarına uygun olmayan, düşük kaliteli veya eski binalar deprem anında daha fazla hasar görebilir ve bu da can ve mal kayıplarını artırabilir. Bu sebeplerle, şehir planlaması, yapı denetimi, afet hazırlığı ve eğitimi gibi konular büyük önem taşır. Özellikle deprem riski yüksek olan bölgelerde, yapıların

güvenliği ve afet yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi önemlidir. Bu sayede, olası bir deprem durumunda kayıplar en aza indirilebilir (Yanık, 2008).

Bina stokunun deprem riskine karşı direnci, birçok faktörün birleşimiyle belirlenir. Yetersiz inşaat kalitesi, düşük maliyetli ev talebi, düşük denetim standartları ve yasal düzenlemeler deprem riskini artırabilir. Türkiye gibi deprem riski yüksek olan bölgelerde, bina yapı standartları ve denetimlerinin önemi büyüktür. Bu, daha dayanıklı ve depreme karşı dirençli binaların inşa edilmesini gerektirir. Deprem riskinin azaltılması için daha sıkı yapı standartları, düzenli denetimler, uygun tasarım ve inşaat teknikleri önemlidir. Ayrıca, toplumun eğitimi ve bilinçlendirilmesi de deprem riskini azaltmada kritik bir rol oynar. Bu konuda önemli olan, yetkililerin, mühendislerin ve toplumun bu riskleri anlaması ve buna uygun şekilde hareket etmesidir. Büyük ölçüde güvenli ve dayanıklı binaların inşa edilmesi, deprem riskini azaltmada önemli bir adımdır. Genel olarak doğal afetler sonucunda tahrip olan yapıların oransal dağılımları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Doğal Afetler Sonucu Tahrip Olan Konut Üniteleri

Doğal Afet Türü	Toplam içindeki oranı %
Deprem	61
Heyelan	15
Sel	14
Kaya düşmesi	5
Yangın	4
Çığ, fırtına, yağmur	1

3.4. YAPI VE ZEMİN ETKİLEŞİMİ

Zemin koşulları deprem etkileri üzerinde önemli bir rol oynar. Özellikle farklı zemin türleri, deprem dalgalarını farklı şekillerde iletebilir ve bu da yapıların sarsıntıya karşı tepkisini etkileyebilir. Sıkışmış toprak veya sert kaya gibi daha stabil zeminler, genellikle daha az sarsıntı geçirirken, gevşek dolgu veya derin yumuşak toprak gibi zeminler daha fazla sarsıntı geçirebilir. Kocaeli Depremi ve Marmara Depremi gibi örnekler, farklı yerlerdeki binaların ve yapıların farklı zemin koşulları nedeniyle nasıl farklı tepkiler verdiğini gösterir. Örneğin, Avcılar'da bulunan binaların Marmara Depremi'nde hasar görmesi, bölgedeki zeminin deprem etkilerine karşı daha hassas veya riskli olmasından kaynaklanmış olabilir. Bu tür bilgiler, yapıların tasarımı ve inşası sırasında zemin koşullarının göz önünde

bulundurulmasını ve deprem riskinin azaltılmasını sağlar. Özellikle deprem riski yüksek bölgelerde, zemin etüdü ve yapı tasarımı süreçlerinde bu faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşır.

Yapısal analizler genellikle idealize edilmiş koşullarda gerçekleştirilir ve statik durumlara odaklanır. Ancak, gerçek dünyada yapılar farklı dinamik yüklemelere maruz kalabilir ve bu durumlarda temellerin davranışı da değişebilir. Deprem gibi dinamik yükleme durumlarında, yapı-zemin etkileşimi oldukça karmaşık hale gelir. Yapı, zeminle birlikte hareket edebilir veya bazen zıt yönlerde hareket edebilir. Bu durumda, temellerin dinamik yük altında zeminde farklı konumlara yerleşebileceği görülebilir. Yapı mühendisliği, dinamik yükler altında yapı-zemin etkileşimini daha iyi anlamak ve yapıların bu durumlara dayanıklı olmasını sağlamak için sürekli olarak gelişmektedir. Bu, yapının tasarımında ve analizinde daha karmaşık modellerin kullanılmasını gerektirebilir ve temel davranışının dinamik yükler altında nasıl değiştiğini anlamak için daha ayrıntılı analizler yapılmasını gerektirebilir.

Bu nedenle, yapısal mühendislikte yapı-zemin etkileşimi ve dinamik yükler altında temel davranışı önemli bir araştırma ve analiz alanıdır, çünkü bu durumlar yapıların güvenliği ve dayanıklılığı açısından kritiktir. Son yıllarda meydana gelen depremler, binaların dinamik performansı ve deprem hasarları üzerinde zemin yapısı etkileşiminin önemini göstermiştir. Özellikle belirttiğiniz depremler, yapıların zemin özellikleriyle etkileşimini ve bu etkileşimin yapıların performansı üzerindeki etkilerini vurgulamıştır. Zemin yapısı etkileşimi, bir binanın zeminle etkileşim içinde olduğu ve deprem sırasında zeminin yapı üzerindeki etkilerini anlatır. Farklı zemin tipleri, deprem dalgalarını farklı şekillerde iletebilir ve bu da yapıların davranışını etkileyebilir. Sert zeminler genellikle deprem dalgalarını daha hızlı ileterek yapıları daha fazla titreşime maruz bırakabilirken, yumuşak zeminler daha fazla enerji emebilir ve titreşimi azaltabilir. Bu, aynı deprem şiddetinde bile farklı binaların farklı hasar düzeylerine maruz kalmasına neden olabilir.

Bu depremler sonucunda elde edilen veriler ve yapılan araştırmalar, yapıların tasarımı ve inşası sırasında zemin yapısı etkileşiminin göz önünde bulundurulmasının önemini vurgulamıştır. Bu şekilde, depremlere karşı daha dayanıklı ve daha az hasar gören binaların inşa edilmesi mümkün olabilir (Yaşoğlu, 2015).

Zemin-yapı etkileşimi dinamik analizi, yapıların sadece kendi dinamik tepkilerini değil, aynı zamanda zeminin dinamik davranışının da dikkate alınması gereken karmaşık bir etkileşimi içerir. Bu faktörler, yapıların deprem gibi doğal afetlerdeki performanslarını anlamak için

önemlidir. Zemin ile yapı etkileşimi önemli bir konudur. Özellikle zeminin özellikleri, yapılan bir binanın davranışını etkileyebilir. Yumuşak zeminlerdeki yapılar genellikle daha fazla yer değiştirebilir çünkü zeminin sağlamlığı yapıya daha az destek sağlar. Bu durum, yapının kendisini veya içindeki unsurları etkileyebilir. Öte yandan, orta sert zeminlerdeki yapılar, zeminin daha sağlam olması nedeniyle daha stabil olabilir, ancak yine de belirli etkileşimler ve yapı dinamikleri gözlemlenebilir.

Yapının zeminle etkileşimi, yapı tasarımı sırasında önemli bir faktördür. Zemin etkileri göz önünde bulundurularak yapıların mühendislik hesaplamaları yapılmalı ve gerekli güçlendirmeler veya desteklemeler sağlanmalıdır. Yapılar genellikle zemin özelliklerine göre farklı tasarım ve güçlendirme teknikleri gerektirebilir. Zemin-yapı etkileşimi, yapıların güvenliği ve dayanıklılığı için kritik önem taşır. Bu nedenle, yapıların zemin özelliklerine uygun olarak tasarlanması ve inşa edilmesi önemlidir.

3.5. YAPILARA ETKİ EDEN YÜKLER

Yapıların mukavemetini sağlamak için yüklerin doğru şekilde hesaplanması kritik bir adımdır. Özellikle ölü ve canlı yüklerin dengeli bir biçimde değerlendirilmesiyle yapıların güvenliği ve dayanıklılığı sağlanabilir. Ölü yükler, yapı elemanlarının kendilerinin ve sabit olarak bağlı unsurların ağırlıkları gibi sürekli ve sabit olan yüklerdir. Bu yükler, yapı elemanlarının malzeme özellikleri ve boyutlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Canlı yükler ise yapı üzerinde belirli zamanlarda etki eden, hareketli veya değişken yüklerdir. Bu yükler genellikle yapı işlevine bağlı olarak değişebilir. Örneğin, insanlar, ekipmanlar, kar, rüzgâr veya su gibi dış etkenler canlı yükler olarak değerlendirilebilir. Bu yüklerin öngörülmesi ve hesaplanması, yapı tasarımında güvenilirlik sağlar. Hareket edebilen ve hareket eden yükler arasındaki ayrım da önemlidir. Hareket edebilen yükler, zaman zaman hareket edebilen ancak genellikle sabit duran yükleri içerirken, hareket eden yükler sürekli olarak hareket halinde olan yükleri ifade eder. Özellikle köprüler ve taşıma yapıları gibi yapılar, bu tür yüklerin tasarımında özel bir dikkat gerektirir. Yapıların sağlamlığı, tasarım aşamasında bu farklı yüklerin tümünün doğru bir şekilde hesaplanması ve dengeli bir şekilde taşınabilmesiyle sağlanabilir. Bu da yapıların güvenli ve uzun ömürlü olmasını sağlar (Zengin ve Usta, 2021).

3.6. BİNALARIN DEPREM KUVVETİNE TEPKİSİ

Yapı malzemelerinin dayanıklılığı, deprem gibi doğal afetlerde yapıların sağlamlığını ve dayanıklılığını belirleyen önemli bir faktördür. Yapı malzemeleri, deprem sırasında oluşan

kuvvetlere karşı direnç gösterebilmek için belirli standartlara ve tasarım prensiplerine uygun olarak üretilmelidir. Bu malzemelerin doğru tasarlanması, imalatı ve yapı inşası süreçlerinde belirli standartlara uyulması, yapıların deprem gibi doğal afetlere karşı direncini artırabilir. Bu da binaların ve yapıların sakinleri için daha güvenli hale gelmesini sağlar (Zengin ve Usta, 2021). Deprem riski taşıyan bölgelerde yapılan binaların tasarımı ve inşası büyük önem taşır. Deprem mühendisliği prensiplerine dayalı olarak yapılan tasarımlar, binaların deprem sırasında daha güvenli olmasını sağlayabilir. Bir binanın depreme karşı direnci, tasarım aşamasında kullanılan malzemelerin özellikleri, yapısal sağlamlık, bina geometrisi, zemin koşulları ve yapılan hesaplamaların doğruluğu gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu unsurlar, binanın deprem sırasında nasıl bir tepki vereceğini belirler. Yapı mühendisleri, yerel deprem yönetmeliklerine uygun olarak binalar tasarlamalıdır. Bu yönetmelikler, o bölgedeki deprem potansiyelini dikkate alarak yapısal standartları belirler. Doğru malzeme seçimi, uygun yapı teknikleri ve mükemmel bir tasarım ile binaların deprem dayanıklılığı artırılabilir. Bu çabalar, deprem anında insanların güvenliğini sağlamak ve yapıların hasar görmesini minimize etmek amacıyla yapılır. Güvenli ve dayanıklı binalar, deprem riski taşıyan bölgelerde yaşayan insanlar için hayati önem taşır.

3.7. DEPREM AÇISINDAN MİMARİ TASARIM İLKELERİ VE TAŞIYICI SİSTEM GEREKLİLİKLERİ

Mimari tasarımın sağlamlık, işlevsellik ve estetik açılardan dengeli bir şekilde gerçekleşmesi, birçok faktörün bir araya gelmesiyle mümkün olur. Kullanım amacı, çevresel faktörler, malzeme seçimi gibi unsurlar, tasarım kararlarını doğrudan etkiler. Özellikle depreme dayanıklı mimari tasarım, yapıların güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Depreme karşı dayanıklı yapılar tasarlarırken, taşıyıcı sistemler, zemin etkileşimi, esneklik, malzeme seçimi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum, mimarların deprem riski altındaki bölgelerdeki yapıların tasarımında ve inşasında çok önemli bir rol oynamasını gerektirir. Tasarım süreci boyunca, mimarlar ve mühendisler birlikte çalışarak, yapıların depreme karşı dirençli olmasını sağlayacak stratejiler geliştirirler. Yapının toplu tefrişi, plan şeması gibi unsurların depreme dayanıklılığını artırmak için dikkatlice düşünülmesi gerekir. Ayrıca, yapı inşa edildikten sonra düzenli denetimler yapılmalı ve gerekirse güçlendirme çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Bu süreçte mimarlar, yapıların depremde zarar görmesini en aza indirmek için gerekli bilgiye sahip olmalı ve sürecin her aşamasında aktif olarak yer almalıdır. Mimari tasarım genellikle belirli ilkeler etrafında şekillenir. Bazı temel mimari tasarım ilkeleri şunları içerebilir (Zeybek, 2022):

- **İşlevsellik:** Bir yapının kullanım amacına uygun olması, iç mekânın ve dış mekânın işlevsel olması önemlidir. Her alanın amacına uygun olarak tasarlanması gereklidir.
- **Estetik:** Görsel olarak çekici olmak, dengeli bir tasarım anlayışıyla birleştirilerek estetik değerlerin korunması önemlidir.
- **Dayanıklılık ve Malzeme Seçimi:** Uzun ömürlü olacak şekilde yapı malzemelerinin seçimi ve dayanıklılığın göz önünde bulundurulması gerekir.
- **Mekânsal Planlama ve Düzen:** İç ve dış mekanların akışını ve düzenini sağlayarak kullanıcıların rahat etmesi için planlama yapılması gereklidir.
- **Sürdürülebilirlik:** Çevresel etkileri en aza indirmek için enerji verimliliği, geri dönüşüm, yeşil alanlar gibi sürdürülebilirlik ilkelerinin uygulanması önemlidir.
- **İnsan Ölçeği ve Konfor:** Yapıların insan ölçeğinde olması, insanların konforunu ve kullanım kolaylığını sağlamak için önemlidir.
- **Tarihi ve Kültürel Bağlam:** Yapının bulunduğu yerin tarihi ve kültürel özelliklerini anlamak ve buna uygun tasarım yapmak önemlidir.

Bu ilkeler, mimari tasarım sürecinde rehberlik sağlar ve yapıların işlevsel, estetik, sürdürülebilir ve kullanıcı dostu olmasını sağlar.

Taşıyıcı sistem gereklilikleri genellikle belirli bir uygulama veya endüstri için olabilir. Örneğin, taşıyıcı sistemler, taşınacak ürünün türüne, miktarına, taşınma mesafesine ve hızına bağlı olarak farklı özelliklere sahip olabilir. Bu gereklilikler şunları içerebilir:

- **Taşıma kapasitesi:** Sistem, taşınacak yüklerin ağırlığına uygun bir taşıma kapasitesine sahip olmalıdır.
- **Hız ve performans:** Belirli bir hızda ve performansta çalışabilme yeteneği, verimlilik ve zaman tasarrufu için önemlidir.
- **Güvenlik:** Hem yüklerin güvenli taşınması hem de operatörlerin güvenliği için gerekli güvenlik önlemleri ve sistemlerin güvenilirliği önemlidir.
- **Esneklik:** Farklı yük tiplerini taşıma, farklı koşullara uyum sağlama veya değişken taleplere cevap verebilme yeteneği.
- **Bakım kolaylığı:** Sistem, düzenli bakım gereksinimlerini karşılamak ve bakım süreçlerini kolaylaştırmak için tasarlanmalıdır.

- **Enerji verimliliği:** Enerji tüketimini optimize ederek işletme maliyetlerini düşürme veya çevresel etkiyi azaltma.
- **Uygun maliyet:** Hem kurulum hem de işletme maliyetlerinin uygun olması, sistem seçiminde önemli bir faktördür.
- **Çevresel etki:** Taşıyıcı sistemlerin çevresel etkisi, atık üretimi, karbon ayak izi gibi faktörler göz önünde bulundurularak minimize edilmeye çalışılabilir.

Bu gereksinimler, taşıyıcı sistemlerin tasarımı, seçimi ve işletilmesi aşamasında dikkate alınmalıdır.

3.8. YAPILARIN TASARIMI SÜRECİNDE DİSİPLİNLER ARASI İLİŞKİLER

Mimarlar çok geniş bir sorumluluk alanına sahiplerdir. Sadece yapıların fiziksel tasarımıyla sınırlı kalmayıp aynı zamanda çevrelerini, kullanıcıların yaşam kalitesini ve güvenliğini de gözetmektedirler. Özellikle doğal afetler gibi depremler gibi olayları dikkate alarak yapıları inşa etmek, insanların güvenliğini sağlamak için önemli bir rol oynarlar. Mimarların görevi, yasalara uygun yapıları oluşturmanın yanı sıra, insanların ihtiyaçlarını ve güvenliklerini göz önünde bulundurarak yaşam alanlarını planlamak ve tasarlamaktır. Bu, iç ve dış mekanların ergonomisi, doğal ışıklandırma, sağlıklı hava kalitesi gibi unsurları içerir. Ayrıca, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir yapılar inşa etmek de önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Mimarlar aynı zamanda farklı profesyonellerle iş birliği içinde çalışarak, proje sürecinin farklı aşamalarında uyumlu ve koordineli bir şekilde ilerlemesini sağlarlar. Bu; mühendisler, peyzaj mimarları, iç mimarlar, şehir plancıları ve diğer uzmanlarla iş birliği yapmayı gerektirebilir. Özetle, mimarlar sadece yapıları tasarlamakla kalmazlar, aynı zamanda insanların yaşam kalitesini artırmak, çevreyi korumak ve güvenliği sağlamak için geniş bir perspektifle çalışırlar. Bu, toplumun genel refahına katkıda bulunmalarını sağlar (Zeybek, 2022). Mimarlar inşaat ve yapı tasarımı önemli bir rol oynarlar ve özellikle deprem gibi doğal afetlerle ilişkili olarak yapı tasarımı ve güvenliği açısından büyük bir sorumlulukları vardır. Deprem risklerine karşı yapıların dayanıklılığını artırmak için mimarlar, yapı tasarımı mühendislik ilkelerini ve deprem yönetmeliklerini dikkate almalıdır. Bu, taşıyıcı sistemlerin tasarımı, yapı malzemelerinin seçimi ve bina güvenliği açısından önemlidir. Ayrıca, şehir planlamasında da mimarların etkisi büyüktür. Şehirlerin depreme dayanıklı olması için altyapı, bina kodları ve yerleşim planlaması gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu süreçte, mimarların afet yönetimi, yer bilimleri ve sosyo-ekonomik etkiler konularında da bilgi sahibi olmaları gereklidir. Mimarlık eğitimi, bu çok disiplinli

yaklaşımı desteklemeli ve öğrencilere deprem riski gibi konularda eğitim vermelidir. Bu, mühendislik, yer bilimleri, afet yönetimi ve hukuk gibi farklı alanlardan derslerin müfredat içeriğine dahil edilmesiyle sağlanabilir. Bu sayede, mimarlar daha kapsamlı bir bakış açısıyla tasarım yapabilir ve yapıların depreme karşı daha dirençli olmasını sağlayabilirler.

3.9. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIM SÜRECİ

Depreme dayanıklı yapı tasarımı çok önemli ve karmaşık bir konudur. Yapının dayanıklılığını artırmak için mimarlar ve mühendisler arasındaki iş birliği çok değerlidir. Mimarlar, estetik ve işlevsellik gibi unsurları düşünürken, mühendisler ise yapıyı fiziksel olarak sağlam hale getirmek için çalışırlar. Bu iş birliği, yapıların hem güvenli hem de görsel açıdan etkileyici olmasını sağlar. Mimari tasarımın, depreme dayanıklı olma konusunda etkili olabileceğini vurgulayan yayınlar, mimarların daha kapsamlı rehberler hazırlayabileceklerini öne sürerek önemli bir adım atmıştır. Bu, yapıların sismik performansını artırmak için mimarların tasarım sürecinde daha fazla etkin olabileceği anlamına gelir. Özellikle mimari plan tipleri ve tasarım yönelimleri, yapıların dayanıklılığını büyük ölçüde etkileyebilir. Mimarlar, tasarımlarında sadece estetik ve kullanım kolaylığına odaklanmak yerine aynı zamanda depreme dayanıklı özellikleri de düşünebilirler. Bu, yapıların sadece güzel değil aynı zamanda güvenli olmasını da sağlar. Mimarların ve mühendislerin birlikte çalışarak bu konuda daha fazla çaba göstermeleri, gelecekteki yapıların daha güvenli olmasını sağlayabilir. Depreme dayanıklı yapılar tasarlarken, sadece bina güvenliği değil, aynı zamanda insanların yaşamlarını sürdürebilecekleri, işlevsel ve estetik açıdan tatmin edici mekanlar oluşturmak da önemlidir. Mimari, sadece yapısal dayanıklılıkla sınırlı kalmamalı, aynı zamanda insanların konforunu, kullanılabilirliği ve yaşam kalitesini göz önünde bulundurmalıdır. Bina tasarımında, yapı malzemeleri ve geometri kadar detaylar da büyük önem taşır. JIA ve JASO'nun vurguladığı gibi, mimarlar sadece güvenlik odaklı değil, aynı zamanda insanların ihtiyaçlarını karşılayacak, yaşam kalitesini artıracak mekanlar tasarlamalıdır. Böylece, depreme dayanıklı olmanın yanı sıra, insanların günlük yaşamlarını sürdürebilecekleri ve keyif alacakları mekanlar ortaya çıkarılabilir. Deprem riski taşıyan bölgelerde yapıların tasarımı ve inşası, büyük önem arz ediyor. Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerde, yapıların tasarımı ve inşasıyla ilgili özel önlemler alınması, can ve mal kaybını minimize etmek için gereklidir. Basit geometrili yapılar ve düzgün planlı konut yapıları, depreme karşı daha dirençli olabilir. Bu tür yapılar, daha simetrik ve düzenli formlar olduğundan, deprem sırasında oluşabilecek çökme veya hasarı azaltabilir. Mimarların, deprem güvenliği konusunda gereken bilgiye sahip olmaları

ve bu bilgiyi inşa sürecine aktarmaları son derece önemlidir. Özellikle inşaat mühendisleriyle iş birliği içinde çalışarak, yapıların tasarım aşamasından itibaren deprem dayanıklılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, yasal düzenlemelerin gerekliliklerine uygun olarak yapı tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Mimari tasarımın estetik kaygılarının yanı sıra, deprem dayanıklılığı açısından da önemli olduğunu vurgulamak büyük önem taşımaktadır.

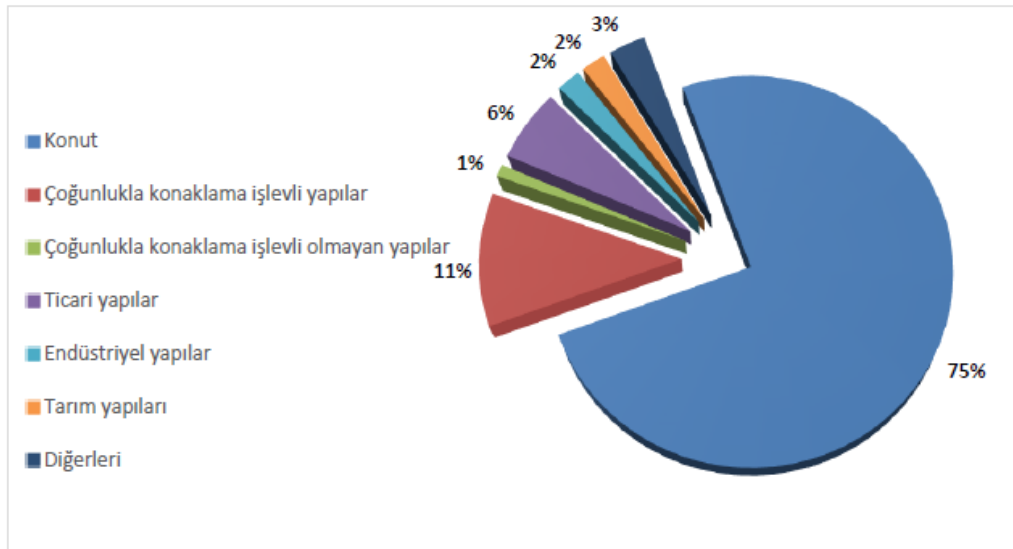
Yapısal sistem çoğunlukla tasarım sürecinde mimarlar tarafından seçilir. Bu bağlamda, İnşaat mühendislerinin gereken betonarme kesit boyutlarını işleyerek gerekli takviye donatı miktarlarını da hesapladıkları söylenebilir ve yapının karakteri mimari tasarım sırasında zaten belirlendiğinden, bu aşamada mühendisin yapısal tasarım üzerinde "karar verme" etkisi yoktur. Mimar tarafından belirlenen yapısal sistem depreme dayanıklı değilse, İnşaat mühendisinin "eylem alanı" nın binanın depreme dayanıklı olmasını sağlamak için sınırlı olduğu varsayılabilir.

Deprem kuvvetlerine karşı uygun olmayan strüktürel sistem seçiminden kaynaklı binalardaki deprem hasarları büyüktür. Tasarımın ilk aşamasında mimar tarafından tasarlanılan strüktürel sistemin, gerekli hesaplanmaları yapılmalı ve depreme karşı uygun davranış göstermesi gerekir. “Mimar, tasarımlarında kolon, kiriş, duvar, döşeme vb. yapı elemanlarını biçimlendiren, taşıyıcı ön sistemin mimarisiyle uyumunu kontrol eden, tasarladığı mekânlarla bütünleşmesini inceler. Statik projelerden edindiği verilerle sistemin oluşumunu sağlar. Sistemin kesitlerini mimarisi için problem yaratmayacak şekilde uyarlar, dengeler. Tasarımlarında, mekânsal kompozisyonlarından, işlevsel kararlardan ince yapı detayları ve malzeme tercihlerinden yani statikçinin hesaplayıp kurduğu bina iskeletini malzemeye süsleyerek, mimari anlamı eklemekle yükümlü estetik değerlerden sorumludur.

Depremlere karşı binaları güvenli bir şekilde tasarlamak ve inşa etmek için ilgili yönetmelikleri bilen ve çözümseyen profesyonel yaklaşıma sahip ve inşaat durumu hakkında gerçekçi bir bilgi sahibi olan meslek insanı olmalıdır. Bina tasarımı, performansı ve mimari uygulama üzerinde, zeminin yapısal davranış etkisini karşılaştırabilmelidir. Yapısal ve yapısal olmayan unsurların etkileşimini, olası beklenmedik davranışları ve uygun stratejiyi bilmelidir. Yapacağı mimari tasarımda, ne tür yapısal elemanların ve malzemelerin kaliteyi arttırdığının farkında olmalıdır.

Depreme dayanıklı planlamada, yer ve toprak etkilerinin dikkate alınması, zeminin özelliklerinin doğru belirlenmesi, kentsel ve yapısal ölçekte zemine uygun koordineli ve

doğru inşaat kararları, yapıların oluşumuna uygun geometrik yaklaşımların oluşturulması, yapısal geometriyle ilgili çeşitli faktörleri dikkate alarak gerekli fayda - değer analizlerini gerçekleştirme yeteneği, deprem derzlerinin gözetilmesi, esnek bölgelerin Rijitliğinin arttırılması, deprem izolasyonunun uygulanması, Rijitlik merkezinin ve yapının ağırlık merkezinin üst üste binmesi, çekişleme etkisinin önlenmesi, olası olumsuz etkilerin önlenmesi bitişik düzenli yapılarda kat yükseklikleri, taşıyıcı sistemlerin yapımında gerekli simetri prensiplerinin uygulanması, giriş ve kolonların sürekliliğinin sağlanması, yumuşak kat oluşumunun önlenmesi, kısa kolon etkilerinin önlenmesi, büyük açıklıklı, galeri boşluklu tasarlanmış mekanlarda gereken düzenlemelerin yapılması ve önlemlerin alınması önemlidir. Ülkemizde ki mevcut yapı stokunun yapı türlerine göre dağılımı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Türkiye'deki Toplam Yapı Stok Dağılımı

3.10. DEPREM RİSKİNİ ARTTIRAN PROJE DIŞI UYGULAMALAR

Yapıların inşası sırasında uygun mimari ve mühendislik hizmetlerinin eksikliği ciddi sorunlara neden olabilir. Bodrum katının uygun şekilde inşa edilmemesi veya temelin yeterince derin olmaması, binaların stabilitesi ve dayanıklılığı üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Deprem gibi doğal afetlerde, yetersiz temel veya uygun olmayan yapı denetimi nedeniyle inşa edilen binalar daha fazla zarar görebilir. Bu tür hataların tekrarlanmaması için, inşaat sürecinde düzenli yapı denetimlerinin yapılması, uygun mühendislik ve mimari hizmetlerin kullanılması büyük önem taşır. Böylece, yapıların daha sağlam, dayanıklı ve güvenli olması sağlanabilir. Yapıların inşası sürecinde onaylı projeye sadık kalmak ve projesine göre imalat yapmak Deprem Riskini de büyük oranda azaltacaktır. Projeye uygun

olmayan imalatların yapı açısından riskli durumlar oluşturacağı unutulmamalıdır. Bu durum özellikle taşıyıcı yapı elemanlarında hasar ya da göçme şeklinde kendisini gösterirken bölme duvar gibi taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında ise çatlamalara, lokal göçmelere ya da duvarın kolon-kiriş gibi taşıyıcı yapı elemanları ile birleşim yerlerinde ayrılarak tamamen devrilmesine neden olabilmektedir. Bu gibi muhtemel sorunlar için detay projeleri deprem riskini dikkate alarak hazırlanmalıdır. Bu durumlarla ilgili örnekler aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.).



Şekil 3.3. Proje Dışı Uygulamalar ile İlgili Örnek



Şekil 3.4. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarını Kullanımı

4. BİNALARDA DEPREM RİSKİNİ ARTTIRAN DÜZENSİZLİKLER

Düzgün ve basit yapılar, depreme karşı daha dayanıklı olma eğilimindedir, çünkü yapılarının tasarımı daha öngörülebilirdir. Bu tür yapılar genellikle daha düşük maliyetlidir ve yapım aşamasında hata yapma olasılığı daha düşüktür. Öte yandan, karmaşık ve düzensiz yapılar, özellikle mimari açıdan ilginç olsalar da depreme karşı daha fazla risk taşıyabilir. Bu tür yapıların modellenmesi ve analizi, daha fazla çaba ve detaylı hesaplamalar gerektirebilir. Özellikle burulma etkisi gibi faktörlerin hesaba katılması, daha karmaşık ve zaman alıcı olabilir. Deprem yönetmelikleri genellikle daha basit ve standart yapı tiplerine odaklanır ve bu tür yapıların belirli kurallara uygun olmasını önermektedir. Bu, yapıların depreme karşı daha sağlam olmasını sağlamak için yapısal mühendislikte bir standart olarak kabul edilmiştir. Karmaşık yapılar için özel izinler veya ek zorlamalara izin verilmemesi, daha öngörülebilir ve güvenli yapılar inşa etme amacını taşır. Sonuç olarak, basit yapılar daha kolay tahmin edilebilir ve genellikle depreme dayanıklıdır, ancak daha karmaşık yapılar için daha fazla çaba ve özen gerekmektedir.

Deprem yönetmelikleri, özellikle Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerde bina yapıları için kritik bir öneme sahiptir. Bu belgeler, yapıların depreme karşı direncini artırmak ve olası zararları en aza indirmek için belirli standartlar ve kurallar sağlar. Depremsel davranış açısından, yapısal düzensizlikler önemli bir konudur. Özellikle sistem düzensizlikleri, bir binanın depreme karşı direnci ile doğrudan ilişkilidir. Katlar arasındaki Rijitlik farklılıkları, en sık yumuşak kat düzensizliği olarak görülür ve bu düzensizlikler genellikle yapıların ilk katlarında hasara yol açabilir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, belirli düzensizlik durumlarını tanımlar ve bu düzensizliklerin yapısal güvenliği nasıl etkileyebileceğini belirtir. Burulma Düzensizliği, Döşeme süreksizlik düzensizliği, Plan geometrisi düzensizliği ve Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu gibi düzensizliklerin belirlenmesi ve giderilmesi yönetmelikle öngörülmüştür.

Deprem mühendisliği tasarımlarında, sismik izolasyon, pasif ve aktif kontrol yöntemleri, yapıların deprem sırasında nasıl davranacağını ve hasarın nasıl azaltılacağını belirlemede önemlidir. Yapıların elastik sınır ötesinde yer değiştirmesi durumunda, enerji sönümleyici pasif sistemler veya aktif sistemlerin kullanılmaması yapının kalıcı deformasyonlara maruz kalmasına neden olabilir. Bu gibi hataların önüne geçmek için projenin uygulanacağı zeminin jeolojik ve jeofizik özelliklerinin iyi bilinmesi, afet bölgelerindeki kurallara ve yönetmeliklere uyulması önemlidir (Akıncıtürk, 2000). Özetle, deprem yönetmelikleri ve mühendislik teknikleri, yapıların depreme dayanıklılığını artırmak ve olası hasarları en aza

indirmek için kritik öneme sahiptir. Bu kurallara uyum ve doğru mühendislik teknikleri, yapıların deprem gibi doğal afetler karşısında daha güvenli olmasını sağlar. Binalarda görülen düzensizlikler planda-yatay düzensizlikler ve düşey düzensizlikler olarak ifade edilmektedir.

4.1. BİNALARDA GÖRÜLEN YATAY DÜZENSİZLİKLER

Yapıların tasarımındaki plan düzensizlikleri, özellikle deprem riski yüksek bölgelerde ciddi sonuçlara yol açabilir. Simetri eksikliği, katların düzensiz yerleştirilmesi veya farklı yüksekliklerde konumlandırılması gibi faktörler, deprem sırasında yapının farklı bölgelerinin farklı şekillerde hareket etmesine ve bu da yapısal zayıflıklara yol açabilir. Deprem dayanıklılığı için tasarımın düzgün simetriye ve dengeli yük dağılımına sahip olması önemlidir. Asimetrik yapılar, deprem sırasında oluşabilecek yüklerin tahmin edilebilir olmamasına veya yapısal zayıflıklara yol açabilecek noktalarda odaklanmasına neden olabilir. Yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde, mühendislik standartlarına uygun olarak yapılan detaylı deprem analizleri ve düzenli bakım, yapıların daha dayanıklı olmasına yardımcı olabilir. Ayrıca, mevcut yapıların iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi için deprem yönetmeliklerine uygun önlemler alınması önemlidir. Bu önlemler, binaların depreme karşı daha dirençli olmasını sağlayabilir ve can kaybı ile yapısal hasarı minimize edebilir. Genel olarak karşılaşılan düzensizlikler aşağıda kısaca ifade edilmiştir. Bunlar;

Yer Düzensizliği: Yapının inşa edildiği zeminin düzensizliğini ifade eder. Bu, farklı zemin türlerinin veya eğimli zeminlerin bulunduğu bölgelerde meydana gelebilir.

Düşey Düzensizlik: Yapının yük taşıyan elemanlarının düzensizliğini ifade eder. Bu, katlar arasında farklı yüksekliklerde yerleştirilen sütunlar veya duvarlar gibi durumları içerebilir.

Yatay Düzensizlik: Yapının yatay düzlemde düzensizliğini ifade eder. Bu, bir tarafın diğerine göre daha sert veya esnek olması gibi durumları içerebilir.

Kütle Düzensizliği: Yapının kütle dağılımındaki düzensizliklerini ifade eder. Örneğin, bir bölümün daha ağır veya daha hafif olması.

Düzensizliklerin önlenmesi ve çözümü için bazı önlemler alınabilir:

Simetri ve Düzen: Yapının temel planı, simetri ve düzen ilkesine göre tasarlanmalıdır. Bu, yapının her iki yönde benzer bir düzeni koruduğu anlamına gelir.

Kat Düzeni: Katlar arasındaki yükseklik farkları en aza indirgenmeli ve taşıyıcı elemanlar dengeli bir şekilde dağıtılmalıdır.

Mühendislik Hesaplamaları: Plan düzensizlikleri göz önüne alınarak yapı mühendislik hesaplamaları yapılmalıdır. Bu, yapıların deprem sırasındaki davranışını daha iyi anlamamıza yardımcı olabilir.

Yapısal Güçlendirme: Var olan binalarda plan düzensizlikleri tespit edildiğinde, yapısal güçlendirme önlemleri alınmalıdır. Bu, mevcut yapıların depreme dayanıklılığını artırabilir.

Yapının planındaki çıkıntıları veya farklı geometrik özellikleri deprem durumunda önemli sorunlar yaratabilir. Bu tarz yapısal düzensizlikler, farklı Rijitlikler ve hareketliliklerle sonuçlanabilir, bu da deprem sırasında binaların farklı bölgelerinin farklı şekillerde davranmasına neden olabilir. Deprem genellikle yapıları yatay olarak sarsar ve binaların bu sarsıntılara nasıl tepki vereceği, yapının geometrisi ve malzeme özellikleri gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle, çıkıntılar veya farklı şekillere sahip yapıların birleşim noktaları, farklı yönlere etki eden deprem kuvvetlerini bir araya getirebilir. Bu durumda, çıkıntıların bağlantı noktalarında gerilme birikimleri ve yapısal zayıflıklar oluşabilir. Bu tür yapısal düzensizliklerin tasarım ve inşaa sürecinde dikkate alınması önemlidir. Yapısal mühendislikte, deprem dayanıklılığı için çeşitli önlemler alınabilir. Örneğin, çıkıntıların bağlantı noktalarının güçlendirilmesi veya farklı bölgelerdeki yapı elemanlarının daha iyi birleştirilmesi, yapısal tutarlılık ve sağlamlık açısından önemlidir. Yapısal düzensizliklerin analizi ve dengelenmesi, yapıların depreme karşı direncini artırabilir. Bu nedenle, mühendislik standartları ve yerel yapı yönetmelikleri, yapıların bu tür düzensizliklerini azaltmaya veya dengelemeye yönelik öneriler ve gereksinimler içerebilir.

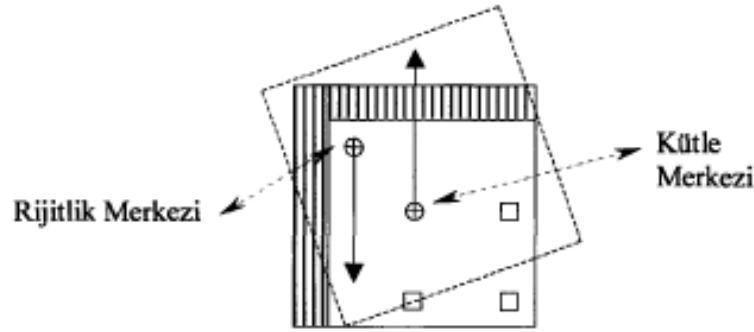
Planda çıkıntılara sahip yapıların tasarımında, Rijitlik merkezi ile kütle merkezi neredeyse hiçbir deprem doğrultusu için örtüşmez. Önemli burulma etkileri meydana gelir. Birleşim yerlerindeki gerilme yığılması ile burulma etkisi birbirlerine bağlıdır. Bu içsel kuvvetler;

- Yapının kütesine
- Taşıyıcı sisteme
- Çıkıntı uzunluklarına ve birleşim noktalarında oluşturdukları açılara
- Çıkıntıların yüksekliklerine ve yükseklik / plan uzunluğu oranına bağlıdır.

Çıkıntıların birbirinden farklı yükseklikleri varsa sorun daha da ciddi boyutlara ulaşabilir. Planda çıkıntılı yapılar mimari olarak tercih edilen ve en kullanışlı olan yapılardır. Geniş odalarda, kompakt şekilleriyle göz doldurdukları ve dış cephenin yanında, çok sayıda oda yüzdelerinin olmasından dolayı sıklıkla tercih edilir. Odaların ışık ve hava alması çok

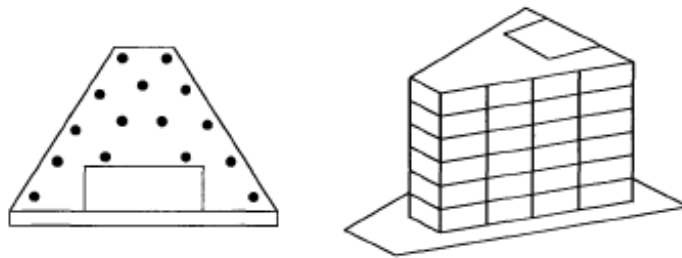
önemlidir. En çok konut yoğunluğu yüksek projelerde veya otel projelerinde kullanılır.

Yapı çevresi boyunca dayanım ve Rijitlik değişimi gösteren yapılar genellikle mimari kaygılardan dolayı açık cephe olarak tasarlanmaktadır. Cephesi açık olan veya çevre boyunca Rijitliği ve mukavemeti değişen yapılar için yapının Rijitlik merkezi ve kütle merkezi örtüşmez. Yapının Rijitlik merkezi etrafında dönmesinin sebebi burulma kuvvetleridir (Şekil 4.1). Simetrik ve basit yapılarda meydana gelmesi de mümkündür, sadece bu problemin geometrik olarak düzensiz yapılarda meydana gelecek olması beklenemez. Fakat bu tür yapılar depreme dayanıklı yapı tasarımında düzensizdir.



Şekil 4.1. Burulma Etkisi

Çözümün genel amacı, yapıdaki burulma olasılığını en aza indirmektir. Rijitlik dengelemesi, yapı ve yapı çevresi boyunca yapılmalıdır. Çerçeve sistemi olarak yapı tasarlanabilir. Yapı çevresi boyunca dayanım ve Rijitlik bu çerçeve sisteminde eşit olarak tanımlanmalıdır. Yapının etrafında mimari olarak kapatılacak parçalar, hafif malzeme ile kapatılabilir. Eğer hafif olmayan bir malzeme kullanılacak ise, kullanılan malzemenin taşıyıcı elemanlar ile bağlantısı olmamalıdır (Farzad Naeim, 1989). Yapıdaki düşey taşıyıcı elemanların, yatay taşıyıcı elemanların asıl Ortogonal akslarına simetrik veya paralel olmadığı sistemler paralel olmayan sistem olarak tanımlanır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Paralel Olmayan Sistem

Dikdörtgen veya kare şeklindeki yapılara alternatif olabilen yapısal bir forma girdikleri için mimari olarak çok popülerdirler. Bu tip yapılarda deprem anında burulma kuvvetlerinin

oluşma olasılığı çok yüksektir. Burulma kuvvetleri, bu tür yapılarda deprem hareketlerinde meydana gelir. Plandaki yapının ince kısımlarının kalın kısımlarından daha esnek bir davranış gösterme isteği, yapının içinde oluşabilecek burulma eğilimini artırır. Bu durum bir problem olarak karşımıza çıkar ve yapı çevresi boyunca değişik Rijitlik ve dayanım oranı ile daha ciddi boyutlara ulaşabilir.

Paralel olmayan sistemlere en yaygın üçgen veya kama formda yapılarda karşılaşılr. Çoğunlukla sokağın dar köşelerinde karşımıza çıkan bu tür yapılar, sokağa paralel cepheleri açıktır, diğer kısımlarında cephe perdelerle kaplıdır. Burulmaya yatkın bir yapı oluşur, bunun sebebi Rijitlik dağılımındaki bu düzensizliktir. Bu duruma çözüm olarak, plandaki ara bölmelerin ağır duvarlar yerine hafif malzemeden inşası yapılmalıdır.

Döşeme Süreksizliği ise düşey taşıyıcı elemanlar arasındaki kuvvet aktarımını gerçekleştiren döşemelerin şeklindeki ani değişimlerdir. Kuvvetlerin düşey yük taşıyan elemanlara dağılımı için döşemeler büyük önem taşır. Yapılarındaki boşluklar ve geometrik düzensizlikler burulma ve gerilme yığılmasına neden olabilir. Boşlukların büyüklüğü ve konumu, zeminlerin işlevselliği için tehlikelidir. Döşemeler, yatay bir kiriş gibi düşünülerek tasarlanabilir. Döşemelerdeki boşluk olarak tasarlanan alanlar kirişlerdeki zayıf noktalara denk geldiği takdirde zayıf noktaların, yapıdaki taşıyıcı kapasiteyi düşürdüğü dikkate alınmalıdır. Basınç ya da çekme bölgesinde, düşey taşıyıcı sistemde bulunan boşluk yer alabilir. Fakat bu durum yatay taşıyıcı sistemde bulunan boşlukta, yatay yük yön değiştirdikçe hem basınç hem de çekme bölgesinde yer alacaktır. Taşıyıcı sistem ile bağlantılı döşemeler rijit veya esnek davranış gösterirler. Döşemelerin yüzey alanını ve inşai malzemesi bu davranışın karakterini belirler. Davranış karakteri, düşey taşıyıcı sisteme aktarmakla görevli olduğu kuvvetler ile ilgilidir. Depreme karşı dayanımlarının harici mimari açıdan da döşemeler önemli bir kalemidir. Yapının formuna, planına ve düşey taşıyıcı elemanların konumlandırılma şekline bağlı olarak şekillenirler. Mekanik şaftlar, havalandırma şaftları, baca, merdiven, asansör ve doğal aydınlatma boşlukları gibi çekirdek olarak adlandırılan mimari ihtiyaçlar, döşemelerin içindeki boşluklu alanların sebeplerindendir. Bina cephesine veya bina formuna bağlı olarak düzenlenen boşluklar, Rijitlik merkezini simetri merkezinden uzaklaştırdıkça ek burulma meydana getirme olasılığı ortaya çıkar.

Bu nedenle boşluklu döşemenin tasarımında;

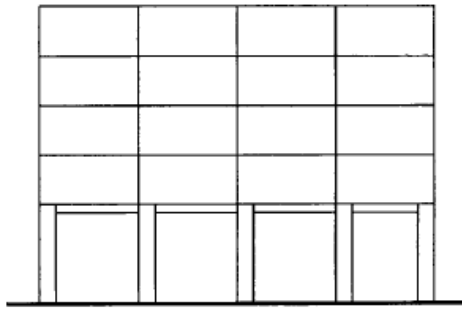
- Döşemelerin duvarlar ve çerçeve sistem ile bağlantılarını etkilemeden boşlukların

konumlandırılması

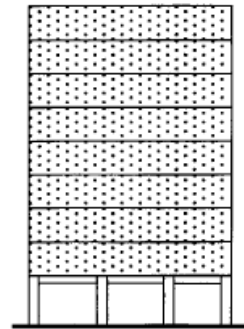
- Gereken yük kapasitesini sağlamak için yapılabilecek ek ve önlemlerin uygulanmasını sağlayacak şekilde birbirlerinden yeterince uzak planlandırılması
- Düğüm noktalarının boşluklarla birbirinden koparılmaması sağlanmalıdır.

4.2. DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİKLER

Bir yapının yük taşıma kapasitesini etkileyen ve genellikle yapı yüksekliği boyunca değişkenlik gösteren faktörlerdir. Bu durumlar, bir binanın güvenliğini tehdit edebilir ve ciddi sonuçlara yol açabilir. Düşey doğrultuda görülen düzensizlikler genel olarak aşağıda ki şekilde ifade edilebilir. Bunlar; komşu katlarına göre yatay Rijitliğinde veya dayanımda önemli azalma bulunan yapı katına yumuşak kat düzensizliği denir. En büyük yatay deprem kuvveti ilk katta kendini gösterir, yumuşak katın bu katta bulunması en tehlikeli durumdur. İlk kat ve ikinci kat arasındaki geçiş çizgisindeki ani dayanım ve Rijitlik değişimi yumuşak kat düzensizliğinin karakteristik özelliğidir. Bu durum, fazla esneklik ve yetersiz dayanım süreksizliği oluşturur. İlk katın ağır hasar görmesi, ikinci katla olan kesişim noktasında gerilme yığılmasına neden olur. Tüm katlarda toplam yer değiştirme eşit olarak dağılıyorsa, tüm katların Rijitliği ve dayanımı yaklaşık olarak aynıdır. Fakat yapının toplam hasarı ilk katta, gerilme yığılmaları 2. kat ile ilk katın geçiş noktalarında görünüyorsa, ilk katın Rijitlik ve dayanımı yetersizdir. Kat yüksekliği olarak, ilk katın daha yüksek olması hem ilk kat Rijitliğini azaltır hem de ilk katın yer değiştirmesi daha fazla olacaktır. İkinci kat ve üzeri sürekli olan, fakat zemin kata devam etmeyen perde kullanımında oluşan durumlarda karşımıza çıkar. İkinci kattan itibaren değişen taşıyıcı sistemden kaynaklanan, yük aktarım süreksiz bir şekilde meydana gelir. Burada ifade edilen hususlar aşağıda ki şekillerde gösterilmiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).



Şekil 4.3. Esnek İlk Kat Örneği



Şekil 4.4. Süreksiz Perde Örneği

İlk katın yüksek olduğu yapılar da Rijitliği ve dayanımını arttırmak için, güçlü çekirdek perdeler e kullanılmalıdır. Üst katlar da ise Rijitlik arttırıcı elemanlar, dilastasyon derzleri ile taşıyıcı elemanlardan ayrı tasarlanmalıdır. Süreksiz olan perdelerin inşası yapılmamalıdır. Böylelikle yumuşak kat düzensizliğine karşı koyabilir.



5. YÖNETMELİKLERE GÖRE YAPILARIN RİSK DURUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deprem yönetmelikleri ve standartları, bina inşası sürecinde büyük bir rol oynar. Coğrafi konum, jeolojik özellikler ve deprem riski gibi faktörlere göre özelleştirilirler. Bu yönetmelikler, yeni binaların tasarımı, malzeme seçimi, inşaat yöntemleri ve denetim gereksinimleri gibi bir dizi unsuru belirler. Ayrıca, mevcut binaların deprem riskinin değerlendirilmesinde temel bir rehber olarak kullanılır. Bu yönetmeliklerin amacı, binaların depreme karşı dayanıklılığını artırmak ve olası hasarları minimize etmektir. Bu süreç, inşaat öncesi aşamada mühendisler, mimarlar, yerel yönetimler ve bina sakinleri arasında koordinasyon gerektirir. Sadece yeni binaların değil, mevcut binaların da güvenli hale getirilmesi, deprem riskini azaltmanın kritik bir adımıdır ve insanların güvenliğini sağlamak için önemlidir. Deprem riski altındaki bölgelerde yaşayan insanların ve mülklerinin güvenliği için düzenli olarak yapılan bu değerlendirmeler hayati öneme sahiptir. Ayrıca, deprem yönetmelikleri ve standartlarının sürekli olarak güncellenmesi ve iyileştirilmesi, depreme dayanıklı yapıların inşa edilmesini teşvik etmek için önemlidir. Bu süreç, deprem sonrası zararları ve kayıpları en aza indirmek için hayati bir rol oynar ve toplumların daha dirençli ve güvenli olmalarını sağlar.

5.1. TDY-2007'YE GÖRE MEVCUT BİNALARIN RİSK ANALİZİ

Türkiye'deki yapı stokunun risk altında olduğu gerçeği, yapıların güçlendirilmesi veya onarılması gerekliliğini vurguluyor. Özellikle, eski ve geleneksel yapıların modern deprem standartlarına uygun olmaması, ülkedeki zengin tarihi ve mimari mirasın korunmasıyla ilgili önemli bir konudur. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği (TDY), bu alanda yeni binalar için daha sağlam yapılar oluşturulmasını hedeflerken, mevcut binaların depreme karşı dayanıklılığının belirlenmesi ve gerekli güçlendirmelerin yapılması için risk analizlerinin önemini vurgular (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2007). Güçlendirme çalışmalarının titizlikle yapılması gerektiği, yanlış bir müdahalenin yapıya daha fazla zarar verebileceği gerçeği önemlidir. Bu nedenle, güçlendirme süreçlerinin yürütülmesinde, yönetmeliklerin ve standartların sağlam bir şekilde takip edilmesi büyük önem taşır. Ayrıca, risk analizlerinin yapıların tarihi ve modern yapılar arasında ayırım yaparak, deprem riskine karşı tutumlarını değerlendirmede kritik bir rolü vardır. Bu tür çalışmalar, Türkiye'nin bina stokunun depreme karşı dayanıklılığını artırmak ve gelecekteki riskleri azaltmak için önemli adımlardır. Ancak, bu

süreçlerin dikkatlice planlanması, uzmanlar tarafından yönlendirilmesi ve gerektiğinde yeniden değerlendirilmesi gerektiğini unutmamak önemlidir.

5.1.1. Kapsam

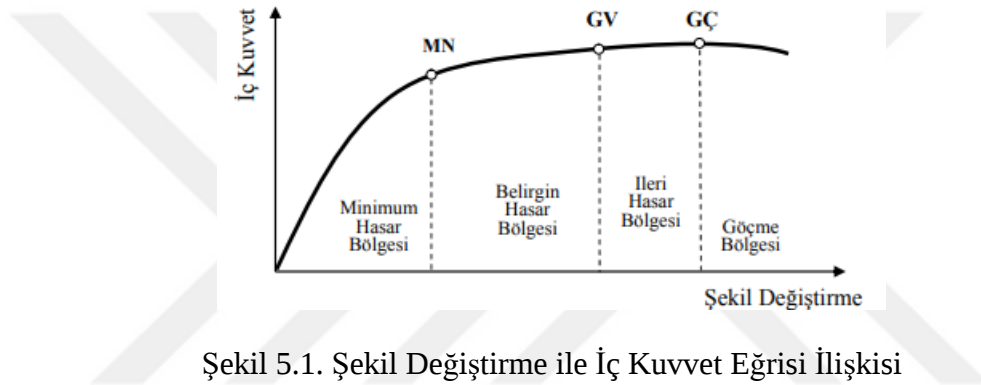
Betonarme binalar için değerlendirme kuralları 7. bölümde tanımlanırken, yığma binalar için bilgi toplama süreci yine 7. bölüme dayanmakla birlikte değerlendirme ve hesaplama süreci 2, 4 ve 5. bölümlerdeki ilkeler doğrultusunda yapılmıştır. Hasarlı binaların değerlendirmesi için ise TDY 2007'nin yönergelerine göre yapılamayacağı, eğer güçlendirme gerekiyorsa bu sürecin İnşaat Mühendisi 'nin sorumluluğunda olduğu belirtilmiştir. Bu durumlar, farklı bina tipleri için yönetmelikte farklı prosedürler ve standartlar olduğu gösterilmiştir. Özellikle hasarlı binaların durumunda, yeniden değerlendirme veya güçlendirme gerektiğinde, bu sürecin bir İnşaat Mühendisi tarafından yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Herhangi bir projenin veya durumun özgünlüğü göz önüne alındığında, belirtilen yönergelerin bir uzman veya mühendis tarafından detaylı olarak incelenmesi ve uygulanması önemlidir. Bu, binaların güvenliği ve sağlamlığı için gereklidir ve bu süreçler genellikle uzman bir gözlem veya analiz gerektirir (Bilkay, 2022).

5.1.2. Mevcut Binalardan Bilgi Toplanması

Sınırlı bilgi düzeyi, statik projeye erişilemeyen binaları kapsar ve genellikle hemen kullanılması gereken veya aktif olarak kullanılan binaları içermez. Bu düzeyde, betonarme binalar için saha çalışmalarıyla geometrik özellikler belirlenir ve taşıyıcı elemanların donatı miktarı minimum gereksinimlere göre doğrulanır. Orta bilgi düzeyi, projenin varlığına bakılmaksızın seçilebilir ve projeye uygunluğun kontrolünü içerir. Statik projelerin varlığı kontrol edilir ve donatı incelemeleri daha detaylıdır. Kapsamlı bilgi düzeyi ise sadece statik projeye sahip binaları kapsar. Bu düzeyde, binanın projesine uygunluğunu belirlemek için daha fazla ve hassas ölçümler yapılır. Bu bilgi düzeyleri, taşıyıcı eleman kapasite hesaplarında kullanılan Bilgi Düzeyi Katsayılarını belirler ve mevcut binaların güvenliği ve yapısal durumu hakkında gerekli değerlendirmeleri yapmak için kullanılır. Bu bilgi düzeyleri, mevcut binaların deprem analizlerinde hangi yöntemlerin ve detaylı incelemelerin kullanılacağını belirlemekte yardımcı olur. Bu da binaların güvenliği ve yapısal durumu hakkında gerekli bilgiyi sağlayarak değerlendirmeler yapılmasına olanak tanır (Bilkay, 2022).

5.1.3. Mevcut Yapı Elemanlarının Hasar Bölgeleri ve Hasar Sınırları

DY 2007'de belirtilen bu sınırlar, yapı elemanlarının davranışlarını farklı durumlar altında tanımlar. Minimum Hasar Sınırı (MN), elastik ötesi davranışın başladığı yerdir. Bu sınırı aşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde yer alır. Güvenlik Sınırı (GV), kesitin belirli güvenlik sınırları içinde elastik ötesi davranışı sınırlar. Bu sınır ile Minimum Hasar Sınırı arasındaki bölge Belirgin Hasar Bölgesi olarak adlandırılır. İleri Hasar Bölgesi, GV ile Göçme Sınırı (GÇ) arasındaki alandır. Son olarak, Göçme Sınırı (GÇ), kesitin göçme öncesindeki davranış sınırını ifade eder ve Göçme Bölgesi, bu sınırdan sonra elemanların göçme eğiliminde olduğu bölgeyi tanımlar. Bu bölgeler, yapı elemanlarının farklı hasar durumlarını ve dayanımını anlamak için önemlidir.



Şekil 5.1. Şekil Değiştirme ile İç Kuvvet Eğrisi İlişkisi

Kesitlerin hangi hasar bölgelerinde bulunduğu, TDY-2007 yönetmeliğinde madde 7.5'te tanımlanan yöntemler kullanılarak yapılan şekil değiştirme ve iç kuvvet hesaplarının sonuçlarına göre belirlenir. Bu analiz sonucunda, kesitin hangi hasar sınırına denk geldiği tespit edilir ve yapı elemanının hasarı, en fazla hasar gören kesiti baz alarak belirlenir.

5.1.4. Genel İlke ve Kurallar

- Yapı analizi ve hesaplamalarda TDY 2007 yönetmeliğinin 2. bölümünde tanımlanan Yapı Önem Katsayısı (I) uygulanmamaktadır ve sabit bir değeri olan $I = 1,0$ olarak kabul edilir. Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile hesap yapılarak mevcut binanın deprem performansı belirlenir.
- Deprem kuvvetleri, binaya her iki yönde ve her iki ekseninde uygulanmaktadır.
- Düşey yük etkileri ve deprem etkileri altında oluşacak iç kuvvet, şekil değiştirme ve yer değiştirmeleri hesaplanır. Sonuçlar doğrultusunda, binanın taşıyıcı sistemi yeterli doğrulukta modellenmektedir.

- Ek dış merkezlik uygulanmaksızın, her katın kütle merkezi üzerinde kat serbestlik dereceleri tanımlanmaktadır.
- Yapılan bina incelemelerine bağlı olarak, mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler hesaplara yansıtılmaktadır.
- Mevcut bina analizinde, beton ve donatı özellikleri seçilen bilgi düzeyine göre belirlenmektedir. Maksimum birim şekil değiştirme değerleri, donatı çeliği için 0.01 ve beton için 0.003 olarak kabul edilmektedir.
- Birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda, çatlamış kesitler için etkin eğilme Rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılmaktadır. Bu bağlamda, kirişlerde etkin eğilme Rijitliği $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$ olarak kabul edilirken, kolonlar ve perdelerde $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ durumunda $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$ ve $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ durumunda $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$ olarak hesaplanmaktadır. Burada, $(EI)_e$ çatlamış kesitin etkin eğilme Rijitliği, $(EI)_o$ çatlamamış kesitin etkin eğilme Rijitliği, N_D ise deprem hesabındaki toplam kütlelere uygun düşey yükler altında perde veya kolonda oluşan eksenel kuvveti temsil etmektedir. Ayrıca, A_c kolon veya perdenin brüt kesit alanını, f_{cm} ise mevcut betonun dayanım değerini ifade etmektedir.
- Betonarme elemanlarda bindirme ve kenetlenme boyunda eksiklik tespit edildiğinde, ilgili donatının akma gerilmesi eksiklik oranında azaltılarak kesit kapasite momenti hesaplanmaktadır (Bilkay, 2022).

5.1.5. Mevcut Binanın Performans Düzeyinin Belirlenmesi

Betonarme binaların deprem performanslarını belirlemek için kullanılan bu kriterler oldukça önemli. Hemen Kullanım Performans Düzeyi 'nin sağlanması için kirişlerin %10'u "Belirgin Hasar Bölgesi "ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlar "Minimum Hasar Bölgesi'nde olmalıdır. Eğer bu koşulları karşılamayan bir hasar söz konusuysa, o elemanlar güçlendirilmelidir. Binaların deprem dayanıklılığını artırmak için yapısal güçlendirme, binanın mevcut yapı elemanlarının güçsüzlüklerini gidermeyi ve dayanıklılığını artırmayı amaçlar. Bu, betonarme yapıların kirişlerinin, kolonlarının veya diğer taşıyıcı elemanlarının kapasitelerinin artırılması veya yapı elemanlarının davranışlarının iyileştirilmesi gibi yöntemlerle gerçekleştirilebilir.

Bununla birlikte, güçlendirme sürecinde yapılan herhangi bir değişiklik veya müdahale, dikkatlice planlanmalı ve uzmanlar tarafından denetlenmelidir. Yapılan güçlendirmenin, binanın genel performansını iyileştireceğinden ve güvenliğini artıracığından emin olmak önemlidir. Öncelikle, Can Güvenliği Performans Düzeyinde, binanın belirli bir deprem durumunda insanların güvenli bir şekilde binada kalmasını sağlamak esas alınır. Belirli hasar kriterleri, bu performans düzeyine ulaşılabilmesi için belirlenmiştir. Bu seviyede, hasarlı kısımların belirli oranlarda sınırlı tutulması ve diğer taşıyıcı elemanların belirli bölgelerde olması gereklidir. "Göçme Öncesi Performans Düzeyi" ise bir önceki performans düzeyinden daha kritik bir aşamadır. Bu seviyede, binanın artık güvenli olmadığı ve göçme riski taşıdığı düşünülür. Belirli hasar durumları ve belirli kriterlerin aşılması, binanın kullanımının riskli olduğunu gösterir (Duman, 2012).

Bu kılavuzlar, yapıların deprem etkilerine karşı dayanıklılığını ve insanların can güvenliğini sağlamak için belirli kriterleri belirler. Bina güçlendirme ve yenileme süreçlerinde, bu tür teknik detaylar ve performans seviyeleri oldukça önemlidir. Bu tür durumlarda, profesyonel mühendislik danışmanlığı almak ve yerel yapı yönetmeliklerine uygun hareket etmek önemlidir.

5.2. RBTE-2013'E GÖRE MEVCUT BİNALARIN RİSK ANALİZİ

Depreme dayanıklı binaların oluşturulması ve riskli binaların belirlenip güçlendirilmesi, deprem kuşağında bulunan ülkeler için hayati öneme sahiptir. Riskli Binaların Tespit Edilmesi (RBTE) gibi yönetmelikler, mevcut binaların deprem risklerini analiz etmeyi ve gerekli önlemleri almayı amaçlar. Bu tür yönetmelikler, deprem sonrası oluşabilecek kayıpları azaltmak için büyük bir adım oluşturur. Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerde, binaların depreme dayanıklı olması, deprem anındaki zararları minimize etmek adına kritik bir konudur. RBTE-2013 gibi mevzuatlar, riskli binaları tanımlamak, değerlendirmek ve gerekli güçlendirmeleri yapmak için bir rehber sağlayarak, toplumun güvenliğini artırmayı hedeflemiştir. Bu tür önlemler, deprem sonrası etkileri azaltmak ve insanların güvenliğini sağlamak için son derece önemlidir.

RBTE-2013 yönetmeliği Türkiye'deki binaların deprem risklerini belirlemek ve güçlendirme veya yıkım gerekliliğini değerlendirmek için bir çerçeve sunar. Bu yönetmelik özellikle riskli binaların belirlenmesini ve hangi kriterlere göre riskli olduklarının tespit edilmesini amaçlar. Yönetmeliğe göre, işyeri, konut, endüstri, otel, turistik tesis vb. binalar için zemin

döşemesi üstü sekiz katı veya yüksekliği 25 metreyi aşmayan yığma ve betonarme binaların riskli olup olmadığının tespiti için kullanılır. Ancak, 25 metreyi aşan yüksek katlı binaların risk tespiti için 2019 yılına kadar TDY-2007 yönetmeliği kullanılırken, 2019 yılından sonra TDY-2018 yönetmeliği dikkate alınır. Mevcut binaların güçlendirilmesi gerektiğinde RBTE-2013 yönetmeliği kullanılmaz. Bu durumda, güçlendirme gerekliliği genellikle bina mühendisleri ve yetkilendirilmiş kuruluşlar tarafından belirlenen standartlar ve değerlendirmelerle belirlenir. Bu yönetmelikler, Türkiye'deki yapı stokunun depreme karşı dayanıklılığını artırmak ve risk altındaki yapıları tespit etmek için kullanılır. Yeni yönetmelikler ve standartlar mevcut teknoloji ve bilgiye dayalı olarak sürekli olarak güncellenebilir (Eldemir, 2019).

5.2.1. Riskli bina

RBTE-2013, binaların riskli veya risksiz olarak sınıflandırılmasına odaklanır ve binaların performans düzeylerini belirlemez. Bu nedenle, RBTE-2013'e göre riskli olmayan bir binanın, farklı bir yönetmelik altında, örneğin TDY-2007 veya TDY-2018'e göre belirli bir performans düzeyinde olduğu varsayılmamalıdır. Her yönetmelik, binaların deprem performansını farklı kriterlere göre değerlendirir ve sınıflandırır. Dolayısıyla, bir binanın RBTE-2013'e göre riskli olmaması, diğer yönetmeliklere göre belirli bir performans düzeyinde olduğu anlamına gelmez. Binanın güvenliği ve performansı her zaman ilgili yönetmeliklerin gerekliliklerine göre değerlendirilmelidir (Elyasino, 2018).

5.2.2. Riskli bina tespitine ilişkin yöntemler

Kritik katın belirlenmesi, bina güvenliği açısından öncelikli bir adımdır çünkü bu katın zayıf olması veya taşıyıcı sistemindeki düzensizlikler nedeniyle risk altında olması, binanın genel güvenliğini etkileyebilir. TDY-2007 yönetmeliği, bina güvenliğiyle ilgili önemli standartlar getirmekte ve belirli düzensizlik türlerine dikkat çekmektedir. Bu düzensizliklerin belirlenmesi ve hesaplamalara dahil edilmesi, binanın genel güvenliği için kritik bir rol oynar. Bu tür incelemeler, bina tasarımcıları, mühendisleri ve güvenlik uzmanları tarafından yapılmalıdır. Bu uzmanlar, binanın taşıyıcı sistemini ve olası riskli bölgeleri belirlemek için detaylı röleve çalışmaları yaparlar. Herhangi bir yapıdaki güvenlik sorunlarını tespit etmek ve düzeltici tedbirler almak, binanın uzun ömürlü olması ve içindekilerin güvenliği açısından son derece önemlidir. Bu tür incelemeler, binaların güvenliği için gereklidir ve bu yöntemlerin düzenli aralıklarla tekrarlanması, binanın güvenliğini sürekli olarak

değerlendirmeyi sağlar.

Statik projelerin uyumsuzluğu durumunda asgari bilgi düzeyi kullanılırken, uyumlu projelerde kapsamlı bilgi düzeyi tercih ediliyor. Mevcut binaların taşıyıcı elemanlarının kapasiteleri hesaplanırken, malzeme dayanımlarıyla ilgili farklı katsayılar kullanılmıştır. Betonarme binalarda donatıların tespiti için belirli kriterler bulunuyor ve bu tespitlerin belirli bir prosedür doğrultusunda yapılması gerektir. TS500'de belirtilen yükler altında hesaplanan donatıların, mevcut binanın taşıyıcı sistem tasarımında kullanıldığı kabul edilmiştir. Kirişlerdeki üst mesnet donatısının, alt mesnet donatısının 3 katı olduğu kabul edilmiştir. Eğer bilgi düzeyi kapsamlı seçilirse, proje uygun olarak kabul edilerek donatılar, kirişlerdeki mevcut donatı olarak değerlendirilir. Bu yönetmelikte, mevcut binaların taşıyıcı sistemlerinin güvenliğini ve dayanıklılığını değerlendirmek için belirli standartlar ve prosedürler önerilmiştir. Bu tür teknik ayrıntılar genellikle mühendislik ve yapısal tasarım uzmanları tarafından daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılır ve uygulanır (Eldemir, 2019).

Beton dayanımının belirlenmesi için tahribatsız yöntemlerin kullanılması ve karot örneklerinin alınması, yapının güvenliği ve dayanıklılığıyla ilgili önemli bilgiler sağlayabilir. Yapılan ölçümler ve karot örneklerinin analizi, mevcut betonarme elemanların sağlamlığı ve yapısal bütünlüğü hakkında fikir verir. Yığma binalarda, duvarların ölçüleri ve taşıyıcı sistem rölevesine işlenmesi, yapısal analizler için önemli veriler sunabilir. Kat sayısı ve yükseklikleri de yapı analizi ve dayanım hesaplamaları için kritik bilgilerdir. Dolgu duvarların inşa malzeme özelliklerinin belirlenmesi, TDY-2007 ve TDY-2018 yönetmeliklerine uygun olarak yapılıyor olması, yapı güvenliği açısından önemlidir. Bu yönetmelikler, yapısal hesaplamalarda standartları belirler ve binaların dayanımını artırmak için gereken adımları içerir. Bu süreç, yapıların güvenliği ve dayanıklılığı için önemli adımları içerir. Yapılan bu tür detaylı incelemeler, yapısal güvenlik açısından kritik öneme sahiptir. Deprem etkileri ve yükler altında binanın davranışını anlamak için, mevcut betonarme binanın risk durumunu belirlemek adına farklı parametreleri ele almak gerekir. Bu tür bir analiz genellikle şu adımları içerir (Eldemir, 2019):

- **Deprem Etkileri ve Yüklerin Belirlenmesi:** Binanın deprem etkileri altındaki davranışını anlamak için, belirli bir bölgedeki deprem potansiyelini değerlendirmek ve binanın hangi düzeyde deprem etkilerine maruz kalabileceğini anlamak önemlidir.
- **Bina Modelinin Oluşturulması:** Binanın taşıyıcı sistemi bir model üzerinde temsil

edilir. Bu model, binanın yapısal özelliklerini ve bileşenlerini içerir. Bu aşamada, özellikle kritik katların belirlenmesi önemlidir, çünkü bu katlar genellikle binanın genel performansını belirlemede önemli rol oynar.

- **Düzensizliklerin Tanımlanması:** Binanın yapısal düzensizlikleri, örneğin "B3 türü (Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği)" gibi belirli bir türü varsa, bu düzensizliklerin modelde uygun şekilde temsil edilmesi gerekir. Bu, yapısal modelin gerçek davranışını daha doğru bir şekilde yansıtmaya yardımcı olur.
- **Dayanım Hesaplamaları:** Yapı elemanlarının (kolonlar, kirişler vb.) dayanımı, TS500 veya diğer ilgili yönetmeliklere göre belirlenen esaslar ve malzeme dayanım değerleri kullanılarak hesaplanır. Bu hesaplamalar, yapı elemanlarının mevcut yükler altında nasıl davranacağını anlamak için yapılır.
- **Risk Durumunun Değerlendirilmesi:** Tüm bu bilgilerin birleştirilmesiyle, binanın risk durumu değerlendirilir. Yapısal modelin, belirli bir deprem senaryosunda veya belirli yükler altında nasıl davranacağı tahmin edilir.

Bu süreç, binanın güvenliği ve dayanıklılığı hakkında önemli bilgiler sağlar. Ancak, tam olarak belirttiğiniz teknik detaylara dayalı olarak, özel bir yapısal değerlendirme veya analiz sürecine daha fazla ayrıntı eklemek gerekebilir. Bu tür durumlarda, genellikle profesyonel mühendislik danışmanlığı almak önemlidir. Mevcut taşıyıcı sistemin analiz hesaplarında etkin eğilme Rijitlikleri $((EI)e)$ kullanılır ve etkin eğilme Rijitlik değerleri taşıyıcı elemana göre değişir.

Kolonlarda $(EI)e=0.50(EI)o$ ile hesaplanırken, perde ve kirişlerde $(EI)e=0.30(EI)o$ değerleri kabul edilir. Kolon veya kirişin yararlı yüksekliği MPa yani $E_{cm}=5000(f_{cm})^{0.5}$ formülü ile mevcut betonun Elastisite modülü hesaplanır. $(EI)e$ çatlamış kesitin etkin eğilme rijitliği, $(EI)o$ çatlamamış kesitin etkin eğilme Rijitliği, E_{cm} mevcut beton dayanımına göre hesaplanan Elastisite modülü, f_{cm} mevcut betonun basınç dayanımı ve I yapı önem katsayısıdır.

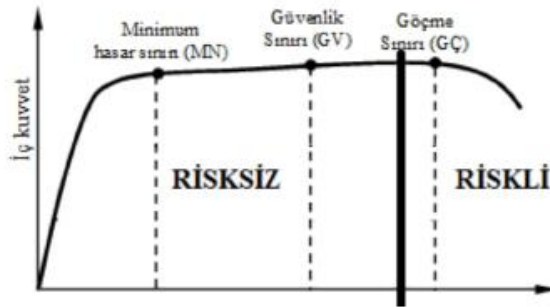
Mevcut betonarme binanın değerlendirilmesi için tanımlanan kritik katta yük altında hesaplanan kolon ve perdelerdeki eksenel basınç gerilmelerinin ortalaması $0.65f_{cm}$ değerini aşarsa, bu kattaki kolon veya perdelerden bir tanesi dahi risk sınırını geçtiğinden bu bina riskli olarak kabul edilir. Perde ve kolonlarda hesap edilen eksenel basınç gerilmeleri toplamı toplam perde ve kolon sayısına bölünerek kattaki eksenel basınç gerilmelerinin ortalaması

bulunmaktadır. Çizelge 5.1’de belirlenen kat kesme kuvveti oranı sınır değerlerini geçen bina “Riskli” olarak değerlendirilmektedir. Kesme kuvveti oranı hesaplanırken risk sınırını aşan kolon ve perdelerin kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetine bölünür.

Çizelge 5.1. Eksenel Gerilme Ortalamasına Bağlı Etkili Kat Kesme Kuvveti Sınırları

Kolon ve perde eksenel gerilme ortalaması (Kolon ve perde gerilmeleri toplamı / Kolon ve perde adedi)	Kat kesme kuvveti oranı sınırları
$\geq 0.65f_{cm}$	0
$0.65f_{cm} \geq$	0.35

Kritik kattaki taşıyıcı duvarların kesme dayanımı ve deprem altında oluşan kesme kuvvetleri ile binanın her iki eksenini için ayrı ayrı karşılaştırılmaktadır. Dayanımı yetersiz duvarların olduğu katta oluşan kat kesme kuvvetlerine karşı bu duvarların dayanım katkıları eksenlerin herhangi birinde %50'nin üzerinde ise bina “Riskli” olarak değerlendirilir. RBTE-2013’e göre iç kuvvet şekil değiştirme ilişkisi Şekil 5.2’de görülmektedir (RBTE, 2013).



Şekil 5.2. RBTE-2013’e Göre İç Kuvvet ile Şekil Değiştirme Eğrisi İlişkisi

5.3. TDY-2018'E GÖRE MEVCUT BİNALARIN RİSK ANALİZİ

TDY-2018 yönetmeliğinin 15. bölümünde mevcut betonarme binaların deprem performansı hesaplamaları tanımlanmaktadır. Yığma binaların bilgileri de aynı yönetmeliğin ilgili bölümünde toplanmaktadır. TDY-2018 yönetmeliğinin 11. bölümündeki kurallara göre kapasite hesabı gerçekleştirilmektedir.

5.3.1. Mevcut binalardan bilgi toplanması

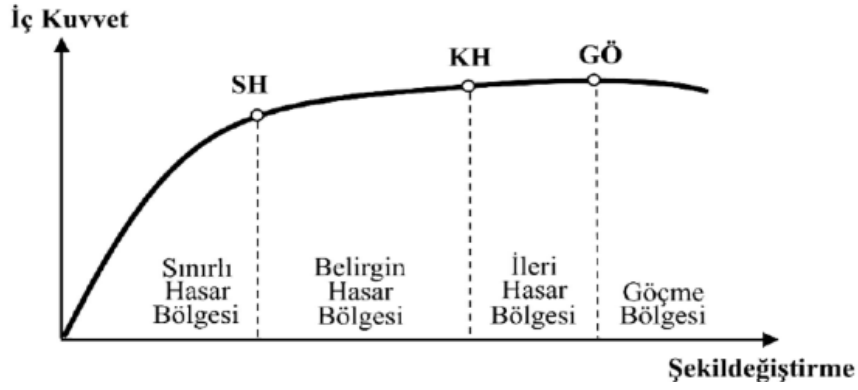
Taşıyıcı sistemin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, inşai malzeme özelliklerinin tespit edilmesi, taşıyıcı eleman boyutlarının saptanması ve sahadan toplanan tüm bilgilerin

projesine uygunluğunun kontrolü yer almaktadır. Mevcut binaların analizleri sonucunda bilgi düzeyi belirlenir ve bu bilgi düzeyine göre katsayılar tanımlanır. TDY-2018 yönetmeliğinde, sınırlı ve kapsamlı olmak üzere iki farklı bilgi düzeyi tanımlanmıştır. "Sınırlı Bilgi Düzeyi" sadece BKS=3 tanımlanan diğer binalar için kullanılır ve taşıyıcı sistemin özellikleri, bina mahallinde yapılan tespitlerle belirlenir. "Kapsamlı Bilgi Düzeyi" ise taşıyıcı sistem özelliklerini belirlemek için fazla saha çalışması gerektiren bir düzeydir. Mevcut betonarme taşıyıcı elemanların yapımında kullanılan malzeme dayanımları kapasite hesaplarında, mevcut malzeme dayanımı olarak kabul edilir.

Mevcut binaların incelenmesi sırasında kullanılan bilgi düzeyleri, taşıyıcı sistemi, geometrik özellikleri ve malzeme özelliklerini belirlemek amacıyla farklı seviyelerde tanımlanır. Sınırlı Bilgi Düzeyi, statik projelerin mevcut olmaması veya mevcut projelerin sahadaki tespitlerle uyumsuz olması durumunda kullanılır. Bu düzeyde taşıyıcı sistem özellikleri, sahadaki tespitlere dayalı olarak belirlenir. Kapsamlı Bilgi Düzeyi ise mevcut projelerin sahadaki tespitlerle uyumlu olduğu durumlarda kullanılır. Bu düzeyde daha fazla saha çalışması yapılır ve taşıyıcı sistem özellikleri ayrıntılı bir şekilde tespit edilir. Ayrıca, mevcut bina geometrik özellikleri, taşıyıcı eleman özellikleri ve malzeme özellikleri açısından incelenir. Bu bilgi düzeylerine göre belirlenen taşıyıcı eleman kapasiteleri, deprem performansını değerlendirmek için kullanılır. Bu sayede mevcut binaların güçlü ve zayıf yönleri tespit edilerek gerekli güçlendirme önlemleri alınabilir.

5.3.2. Mevcut Yapı Elemanlarının Hasar Bölgeleri ve Hasar Sınırları

Yapı elemanlarının depreme karşı davranışını tanımlamak için "Sınırlı Hasar (SH)", "Kontrollü Hasar (KH)" ve "Göçme Öncesi Hasar (GÖ)" olmak üzere üç farklı sınır durumu kullanılır. "Sınırlı Hasar" elemanın sınırlı elastik ötesi davranışını ifade ederken, "Kontrollü Hasar" dayanımın güvenle sağlandığı elastik ötesi bir davranış temsil eder. "Göçme Öncesi Hasar" ise ileri düzey elastik ötesi bir davranış ifade eder. Ancak, gevrek hasar gören elemanlar için bu sınıflandırmalara dahil değildir.



Şekil 5.3. TDY-2018'e Göre İç Kuvvet ile Şekil Değişirme Eğrisi İlişkisi

Elemanların hasar dereceleri, kesitlerinin hangi hasar bölgesinde ise ona göre belirlenir. Bu belirleme, hesaplanan iç kuvvet ve şekil değişirme değerlerinin, belirli kesit hasar sınırları ile karşılaştırılmasıyla yapılır. Eleman hasarı, maksimum hasar gören kesitine göre tanımlanır. Bu yöntemler, yapı elemanlarının depreme karşı davranışını ve hasar durumunu değerlendirmek için kullanılır.

5.3.4. Genel ilke ve kurallar

- Deprem hesaplarında, BKS=1, BKS=2 ve BKS=3 için tanımlanan Bina Önem Katsayısı (I) uygulanmamaktadır. Bu katsayı değeri 1.0 olarak kabul edilmektedir.
- Binaların performansı deprem etkileri ile düşey yükler altında değerlendirilmektedir.
- Deprem kuvvetleri, binaya iki yönde ve iki ekseninde ayrı ayrı uygulanmaktadır.
- Binada oluşabilecek taşıyıcı elemanlardaki iç kuvvetlerin, şekil değiştirmelerin ve yer değiştirmelerin hesaplanması için, taşıyıcı sistem modeli gerçeğe yakın ve hata payının çok düşük olduğu şekilde oluşturulmalıdır.
- Her katın kütle merkezinde, ek dış merkezlik uygulanmadan kat serbestlik dereceleri tanımlanmalıdır.
- Binadan toplanan verilere göre Sınırlı Bilgi Düzeyi 0.75, Kapsamlı Bilgi Düzeyi 1.00 değer katsayılar aracılığı ile mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler hesaplara yansıtılmaktadır.
- Betonarme kesitlerin bir veya iki eksenli eğilme ile eksenel kuvvetlere maruz kaldığı durumlarda etkileşim diyagramlarını tanımlamak için üç temel kural bulunmaktadır. İlk kural, mevcut donatı çeliği ve betonun dayanımını değerlendirmek için belirlenen

bilgi düzeyini dikkate almayı içerir. İkinci kural, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesini 0.01 olarak kabul ederken, betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesini 0.0035 olarak belirler. Üçüncü kural ise etkileşim diyagramlarının uygun doğrusallaştırmalar ile veya çok düzlemli ve çok doğrulu diyagramlar şeklinde tasarlanabileceğini ifade eder.

- Betonarme yapı sistemlerinin eleman boyutlarını belirlerken, rijit uç bölgeleri ve birleşim bölgeleri büyük önem taşır. Bu bağlamda, çatlama kesitlerin eğilme etkilerinde kullanılan etkin kesit rijitlikleri (EI_e), TDY-2018 yönetmeliğinin 4.5.8 maddesi doğrultusunda hesaplanmaktadır.
- Betonarme elemanlarda bindirme ya da kenetlenme boyunda eksiklik yapılan tespitlerde ortaya çıkması durumunda, donatının akma gerilmesi kesit kapasite momenti hesabında aynı oranında azaltılmalıdır.

5.3.5. Mevcut Binanın Performans Düzeyinin Belirlenmesi

TDY-2018 yönetmeliğine göre mevcut binaların performanslarının belirlenmesinde farklı deprem düzeylerine göre minimum performans hedefleri Çizelge 5.2. ve Çizelge 5.3. olarak sunulmaktadır. Deprem Düzeyi-1 (DD-1), çok seyrek deprem hareketini temsil ederken, Deprem Düzeyi-2 (DD-2) seyrek deprem hareketini, Deprem Düzeyi-3 (DD-3) sık deprem hareketini ve Deprem Düzeyi-4 (DD-4) ise çok sık deprem hareketini ifade etmektedir.

Çizelge 5.2. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Performans Hedefleri ve Değerlendirme Yaklaşımları, $BYS \geq 2$

Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a	
	Normal Performans	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

Çizelge 5.3. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Performans Hedefleri ve Değerlendirme Yaklaşımları, BYS=1

Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a	
	Normal Performans	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	-	-
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

Depreme dayanıklılık açısından binaların hangi düzeyde olması gerektiğini belirlemek için performans hedefleri kullanılır. Bu hedefler, Spektral büyüklüklerin ve buna karşılık gelen yinelenme aralıklarına dayalı olarak tanımlanmıştır. Binaların tasarım ve değerlendirme aşamalarında bu değerler temel kriter olarak değerlendirilir. Bu tutum karşısında binaların deprem etkilerine karşı direncini belirler. Bina güvenliği ve dayanıklılığı açısından büyük önem taşır.

Hasar durumu "Sınırlı Hasar", "Kontrollü Hasar", "Göçmenin Önlenmesi" ve "Göçme" olarak dört başlıkta tanımlanır. Binaların performans düzeyine karar verilirken, taşıyıcı elemanların hesaplamaları ve şekil değiştirme sınır durumları dikkate alınarak belirlenir. Binanın kirişlerinin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'nde, diğer taşıyıcı elemanlar ise Sınırlı Hasar Bölgesi'nde bulunduğu durumlarda, eğer binanın gevrek hasar gören elemanları güçlendirme yapılacaksa Sınırlı Hasar Performans Düzeyinde olduğuna karar verilir. Mevcut binada gevrek hasar gören elemanlar bulunuyorsa, bu elemanların güçlendirilmesi şartıyla, Kontrollü Hasar Performans Düzeyinde değerlendirilmektedir. Buna ek olarak aşağıdaki koşulları sağlaması gerekir.

Belirlenen bir katta, tüm deprem doğrultuları için yapılan ayrı ayrı hesaplamalara göre, yatay yük taşımayan kirişler dışındaki kirişlerin en fazla %35'i ile perde ve kolonların bir kısmı İleri Hasar Bölgesi "ne geçebilir. Her katın İleri Hasar Bölgesi'nde bulunan kolon ve

perdelerin toplam kesme kuvveti, aynı kattaki kolon ve perdeler tarafından taşınan kesme kuvvetlerine toplam katkısının %20'sini aşmamalıdır. Son katta ise İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolon ve perdelerin toplam kesme kuvveti, aynı kattaki tüm kolon ve perdeler tarafından taşınan kesme kuvvetlerine katkısının %40'ını geçmemelidir. Binadaki diğer taşıyıcı betonarme elemanlarının tamamı Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'nde olmalıdır. Fakat herhangi bir katta üst ve altında her ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırını aşmış kolon ve perdelerce taşınan toplam kesme kuvvetleri, aynı kattaki tüm kolonların taşıdığı kesme kuvvetine oranının %30'unu aşmamalıdır.

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyinde olmak için, yatay yük taşımayan kirişler haricindeki kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'nde olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanlar ise Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'nde olabilir. Belirlenmiş katın üst ve alt kesitlerinin her ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılacak kolon ve perdelerde taşınan kesme kuvvetlerinin, aynı kattaki bütün taşıyıcı sistem tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u geçmemesi gerekmektedir. Eğer, Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi koşullarını sağlamıyor ise Göçme Durumundadır ve mevcut binalar kullanımı can güvenliği bakımından tehlikeli olarak değerlendirilir.

6. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME SÜREÇLERİ

İnsanlar, kişisel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli olarak kararlar almaları gereken durumlarla karşılaşır. Karar verme süreci genellikle bir durumu analiz etme, olası seçenekleri değerlendirme, kriterler belirleme ve en uygun seçeneği seçme sürecini içerir. Ancak, her durum kendine özgü olduğundan, bazen bu adımlar farklı sıralarda veya bazıları atlanarak da gerçekleşebilir. Bu süreç, bazen belirsizliklerle karşılaşabilir ve farklı durumlar için farklı şekillerde devam edebilir. Bazı kararlar net ve kolay olabilirken, bazıları karmaşık olabilir ve daha fazla düşünme, analiz ve değerlendirme gerektirebilir. Ayrıca, kişisel değerler, öncelikler ve hedefler de karar verme sürecinde önemli bir rol oynar. Kararlar, bireylerin yaşamlarını şekillendirir ve sonuçlarıyla birlikte farklı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, etkili kararlar alabilmek için analitik düşünme, problem çözme becerileri ve deneyim zamanla gelişebilir. Karar verme süreci, öğrenme, büyüme ve deneyim kazanma fırsatları sunar ve insanların hayatları boyunca devam eder (Karakaşoğlu, 2018).

Karar teorisi, karar verme sürecine matematiksel ve analitik bir yaklaşım getirerek, çeşitli alternatifler arasından mantıklı bir biçimde en uygun olanı seçmeyi hedefler. Bu teori, karar verme sürecini optimize etmeyi ve en iyi sonucu elde etmeyi amaçlar. Ancak, gerçek hayatta pek çok değişken ve belirsizlik olduğundan, bazen bu teorik modeller uygulamada tam olarak kullanılamayabilir. Karar verme süreci ve karar teorisi genel olarak birbirini tamamlayıcı olarak ele alınır. Karar teorisi, belirli bir yapıda karar verme sürecine rehberlik edebilirken, pratikteki durumlar ve koşullar her zaman bu teorik modellerin dışında olabilir. Bu yüzden, gerçek dünyadaki kararlar genellikle karmaşıklık ve belirsizlik içerir. Karar problemleri, bir karar verme sürecinde bazı unsurlar içerir. Aşağıda bu unsurlar belirtilmiştir: (Karakaşoğlu, 2018).

- Karar verici, bir konuda karar veren kişi veya kişilerdir.
- Amaç, karar vericinin hedefinde ki durumu ifade eder.
- Karar kriteri ya da ölçüt, karar vericinin seçenekleri değerlendirirken dikkate aldığı kıstaslardır.
- Alternatifler ya da seçenekler, karar vericinin hedefini elde etmesi için kontrolü altında olan ve izlemesi gereken stratejilerdir.
- Olaylar ya da karar ortamı, karar vericinin kontrol edemediği ancak seçenekler

arasında tercihlerini etkileyen faktörlerdir.

- Sonuçlar ya da ödemeler, seçenekler ve olayların meydana getirdiği son durumu veya değeri ifade eder.

Çoğunlukla birbiriyle tutarlı olmayan çok sayıda kriteri içeren karar problemleri, genellikle personel alımı gibi durumlarda en yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir iş yerine alınacak çalışanın tecrübesi gibi bir kriterin yanında, aldığı eğitim, talep edilen ücret ve bireysel özellikleri gibi farklı kriterler de göz önüne alınması gereken faktörlerdir. Eğer karar verici sadece bir kriter üzerinden değerlendirme yapacaksa, klasik karar analizi teknikleri kullanılabilirken, çok sayıda kriter içeren problemler için çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmak daha uygun olacaktır (Ulucan, 2004).

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), karar vericinin belirli kriterler dikkate alınarak çok sayıda seçenek arasından seçim yapmasını ifade eder. ÇKKV yöntemi uygulanırken belirli adımlar izlenir. İlk olarak, konunun kriterleri ve seçenekleri belirlenir. Ardından, kriterlerin birbirlerine göre göreceli önem değerleri hesaplanır. Son olarak, her bir seçenek, tüm kriterlere göre değerlendirilir ve seçenekler sıralanır (Şanlı, 2020). Çok kriterli karar alma sürecinin başında çözülmesi gereken sorun tanımlanarak ilgili seçim kriterleri ve karar alternatifleri belirlenir. Bir sonraki adımda hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra çok kriterli karar verme yöntemlerinden en uygun olanı seçilir ve yöntem uygulanarak en iyi alternatif belirlenir (Şanlı, 2020). ÇKKV süreci adımları Çizelge 6.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. ÇKKV Süreci

ADIM 1	Problemin tanımlanması
ADIM 2	Seçim kriterlerinin belirlenmesi
ADIM 3	Karar alternatiflerinin belirlenmesi
ADIM 4	Karar problemlerinin hiyerarşik yapısının belirlenmesi
ADIM 5	Yöntemin belirlenmesi
ADIM 6	En iyi alternatifin belirlenmesi

6.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), seçeneklerin en az iki kriter bazında değerlendirildiği bir karar verme sürecidir. Bu süreçte, birçok kriterin varlığı ve bu kriterler arasında çelişkilerin bulunması gerekmektedir. ÇKKV yöntemleri, karar verme sürecini kolaylaştırmak ve sonuca daha hızlı ulaşmak için 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin uygulanmasında aşağıda ki ifadeler kullanılmaktadır. Bunlar;

Alternatifler: Tercih edilebilecek seçenekler, incelenen problem türüne göre sayısında farklılık gösterir. ÇKKV yöntemleri kullanılarak hedefe en yakın olanı tercih edilir.

Kriterler: Değişkenlerin özelliklerini, niteliklerini veya verimlilik gibi ölçütleri ifade eden alternatiflerdir. Bu kriterler, karar verici tarafından belirlenir ve kişinin değerlerine bağlı olarak değişebilir.

Amaçlar: Kriterlerin, karar vericilerin isteklerine göre yönlendirildiği ifade edilmektedir.

Hedefler: Amaçlar, sahip oldukları değerleri ifade eden somut hedeflere dönüştürülerek organize edilirler.

Karar matrisi: ÇKKV problemlerinde farklı alternatifler, durumlar ve ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi matris şeklinde gösterilmektedir:

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Bu matriste A_i , $i=1, 2, \dots, m$ olası alternatifler; K_j , $j=1, 2, \dots, n$ alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ve a_{ij} , A_i alternatifinin K_j kriterine dayalı bir analizinin varlığını göstermektedir. Karar matrisindeki eksen alternatifleri, dikey eksenle temsil edilen seçenekler ise alternatiflerin değerlendirilmesine ilişkin kısaltılmış kriterleri simgelemektedir.

ÇKKV yöntemlerini birçok şekilde sınıflandırmak mümkündür. Bunlardan birinde, ÇKKV yöntemleri seçim, sınıflandırma ve sıralama olarak üç sınıfa ayrılır. Seçim sorunları, gruptan amaç için en uygun alternatifi seçme durumudur. Seçim sürecinde, alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılması zor olan veya aynı ağırlık derecesine sahip bir gruba dahil

edilir. AHP, ANP, MAUT/UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE I, TOPSIS, hedef programlama yöntemleri seçim sorunları arasındadır. Sınıflandırma problemlerinde alternatifler, kriterlere göre niteliksel olarak eşit olanları birbirinden ayıracak şekilde sınıflara ayrılır. Seçim yöntemlerinden farklı olarak, ELECTRE III yöntemi de bu sınıfa dahil edilmiştir. Sıralama sorunları söz konusu olduğunda, alternatifler en iyiden en kötüsüne kadar amaca uygun bir sıralamaya tabidir. Sıralama problemlerine örnek olarak, AHP Sort, UTADIS, FlowSort verilmektedir (Şanlı, 2020).

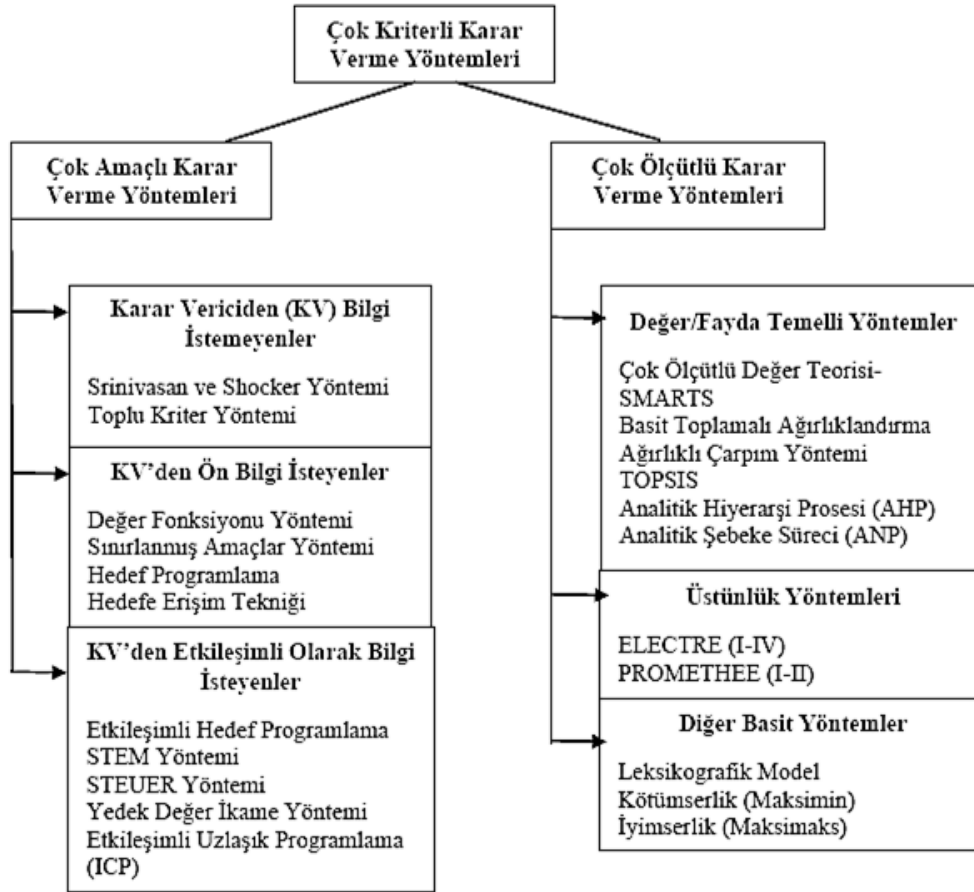
ÇKKV yöntemleri, alternatif sayılarına göre Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. ÇÖKV problemlerinde seçenek sayıları ve her bir seçeneğin ulaşacağı başarı seviyeleri belirlenmiştir. Kararlar, mevcut ölçütlerin karşılaştırılmasıyla her bir seçenek için alınmaktadır. ÇAKV problemlerinde ise amacı en iyi seçeneği belirlemek ve süreç boyunca seçenek sayılarının belirlenebileceği problemlerdir. Aşağıda ki Çizelge 6.2' de ÇAKV ve ÇÖKV problemlerinin özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 6.2. ÇAKV-ÇÖKV Karşılaştırma Tablosu

	Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)	Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)
Kriterlerin tanımlanması	Amaçlar tarafından	Nitelikler tarafından
Amaçların tanımlanması	Açık/Belirgin olarak	Çok Amaçlı Karar Verme
Niteliklerin tanımlanması	Örtük olarak	Açık/Belirgin olarak
Kısıtlılıklar	Aktif	Aktif değil (niteliklere dahil edilmiş)
Alternatifler	Sonsuz sayıda, sürekli (süreç esnasında belirir)	Sonlu sayıda, ayrık (önceden tanımlanmış)
Karar verici ile etkileşim	Çoğunlukla	Çok fazla değil
Kullanım amacı, problem türü	Tasarım	Seçim/Değerlendirme

Matematiksel en iyileştirme yöntemleri olan ÇAKV, genellikle tasarım problemlerini çözme amacıyla kullanılır. Çoğu ÇAKV yöntemi, karar vericinin tercihine dayanır ve karar vericiden alınan bilgilere bağlı olarak farklı sınıflara ayrılır. ÇÖKV problemlerinde ise

önceden belirlenmiş sınırlı sayıda seçenek arasından seçim yapılmaktadır. Bu seçenekler, seçilme, sıralama, sınıflandırma, önceliklendirme veya elemeye tabi tutularak değerlendirilir. Her seçenek, karar verici tarafından belirtilen kriterler temel alınarak değerlendirilir. ÇAKV yöntemleri tasarım problemleriyle ilgilenirken, ÇÖKV yöntemleri seçim problemleriyle ilgilenir. ÇAKV yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 6.1'de gösterilmiştir. (Şanlı, 2020).



Şekil 6.1. ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Çalışma yapılırken analitik hiyerarşi sürecine (AHP) dayalı bir yöntem kullanıldığından, bu bölüm yalnızca AHP yönteminin dahil edildiği sınıftaki yöntemleri birebir kapsayacaktır.

6.1.1. Basit Toplamalı Ağırlıklandırma

İlk olarak 1954'te Churchman ve Ackoff tarafından uygulanan bu yöntem, kolayca uygulanabilir olmasından kaynaklı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat, farklı kriter ve parametrelerin bulunduğu problemler için kullanımı çok uygun değildir. Yöntemin doğru sonucu için, tüm kriterler maliyet veya faydalara dayanmalıdır. Yöntemin

uygulanması sırasında, problemle ilgili veriler toplanır ve tüm parametreleri dikkate alarak bir karar matrisi oluşturulur. Daha sonra tüm değerler matrisi normalleştirilerek standartlaştırılır. Fayda kriteri için maksimum değerler dikkate alınırken maliyet kriteri için minimum değerler üzerinden işlemler gerçekleştirilir. Niteliksel değere sahip bir kriter, farklı hesaplamalarla niceliksel bir değere dönüştürülebilir ve her alternatifin karşılığı, normalize edilmiş değerlerin nitelik ağırlıkları ile çarpılıp toplanması işlemleriyle hesaplanmaktadır. Bu işlemler tüm alternatifler için uygulandıktan sonra sonuçlar küçükten büyüğe doğru sıralanır. En yüksek değere sahip olan alternatif tercih edilir. Bu yöntem, kriterler arasındaki bağımlılıkları göz ardı ettiği için eleştirilebilir, ancak kriter ve alternatif sayısının az olduğu problemlerde hızlı bir çözüm sunması nedeniyle tercih edilmektedir (Şanlı, 2020).

6.1.2. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Bu yöntem, Bridgman'ın 1922 yılında yaptığı ve Miller ve Star'ın 1969 yılındaki çalışmalarıyla ortaya çıkmış olan Basit Toplamalı Ağırlıklandırma modeline çok benzemektedir. Ancak, en net farkı bu modelde toplama işlemi yerine çarpma işlemi kullanılmasıdır. Her bir kriter için alternatifler birbirleriyle oranlanır ve üstel olarak ağırlıklandırılarak sonuç hesaplanır. Bu yöntem, ölçü birimlerinin elenmesine olanak sağladığı için "boyutsuz analiz" olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntem, tek ve çok kapsamlı karar problemlerinde kullanılmaya uygun bir yöntemdir (Şanlı, 2020).

6.1.3. TOPSIS

Yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS (Technique for Ordered Preference by Smilarity to the Ideal Solution) kolay bir çözüm yöntemidir. İlk olarak kriterlerin değerlendirildiği bir karar matrisi oluşturulduktan sonra bu matris normalize edilir. Bu normalize işlemi, kriterlerin her birinin aynı uzunlukta birim vektöre sahip olması ile gerçekleştirilir. İkinci aşama olarak kriterler ağırlıklandırılır. Karar vericinin belirlediği ağırlıklar ile her bir kriterin önem derecesi çarpılarak ağırlıklı normalizasyon değerleri hesaplanır. Bütün alternatifin normalize değerleri, kriterlerin ağırlıklarıyla çarpılır ve toplanarak hesaplanır. Hesaplama işleminden sonra fayda ve maliyet özellikleri belirlenerek pozitif ideal ve negatif ideal noktalara olan mesafelerin hesaplanması yapılır. Pozitif ideal noktaya en yakın, negatif ideal noktaya en uzak olan alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir.

6.1.4. Analitik Şebeke Süreci (ANP)

Analitik Şebeke Süreci ya da Analitik Ağ Süreci, karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen bu yöntem, kriterler ve alternatifler arasındaki etkileşimi dikkate alarak seçim yapmaya yardımcı olur. Bu yöntemde dönütlerin önemi büyüktür. ANP yöntemi ise iki alt bölüme ayrılmıştır. İlk alt bölüm, kontrol hiyerarşisi olarak adlandırılır ve kriterler ya da alt kriterler arasındaki etkileşim ağını içerir. Bu ağ, kriterlerin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu gösterir. Diğer alt bölüm ise kümeler ve faktörler arasındaki etki ağını içerir. Bu bölümde, kümelerin ve faktörlerin birbirleriyle nasıl etkileştiği ve birbirlerini nasıl etkilediği incelenir. Bu yöntem, karar verme sürecinde kriterlerin ve alternatiflerin etkileşimini dikkate almaya ve karar verme sürecini daha analitik bir şekilde ele almaya yardımcı olur.

6.2. BULANIK MANTIK

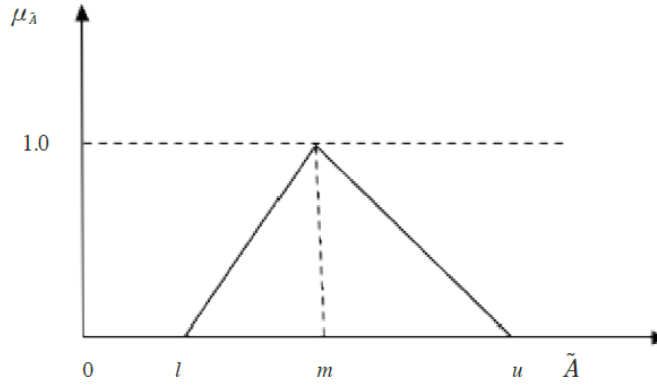
Bulanık mantık, gerçek dünyadaki belirsizlikleri ve karmaşıklıkları modellemek için kullanılan güçlü bir araçtır. Geleneksel matematiksel modeller belirsizliği ele almakta zorlanırken, bulanık mantık bu belirsizliği daha iyi ifade edebilir. Bu teori, kesin olmayan ve genellikle net olmayan ifadelerin değerlendirilmesi için iyi bir yol sunar. Bulanık küme teorisi, özellikle belirsizlik içeren durumlarda kullanışlıdır çünkü bir elemanın birden fazla kümeye kısmen ait olabileceği fikrini kabul eder. Bu, gerçek dünyada sıkça karşılaşılan durumlara daha uygun bir şekilde yaklaşılmasını sağlar. Üyelik fonksiyonu, her bir elemanın bir kümedeki ağırlık derecesini belirtir ve bu derece genellikle tam üyelikten üyelik olmamaya kadar değişebilir. Bulanık mantık, özellikle bulanık mantık denetleyicileri (FLC) üzerinden kontrol sistemleri alanında büyük bir etki yaratmıştır. Bu kontrol sistemleri, uzman kişinin deneyim ve sözel protokollerini kullanarak karmaşık sistemleri yönetebilir. Bu sayede, insan deneyimi ve sezgileri makinelerin çalışma mantığına entegre edilebilir, bu da makinelerin insan benzeri subjektif verileri işleyebilme yeteneğini artırır. Bulanık mantık, endüstriyel işlemlerde ve kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır çünkü gerçek dünya koşullarını daha iyi modelleyebilir ve insan-makine etkileşimini optimize edebilir. Bu, özellikle belirsizlik ve yaklaşık verilerle uğraşan durumlarda büyük bir avantaj sağlar.

Bulanık mantığın temelleri, karmaşık ve belirsiz sistemleri analiz etmek ve kontrol etmek için geleneksel matematiksel yaklaşımlardan farklı bir bakış açısı sunar. Bu teori, belirsizlik içeren durumları ele alırken "kesin olmayan" bilgiyi işlemek için tasarlanmıştır. Lütfi A.

Zadeh, bu alana yaptığı katkılarla bulanık mantığın kullanım alanlarını genişletmiş ve çeşitli endüstrilerdeki uygulamalarını göstermiştir. Bulanık mantık, özellikle kontrol sistemleri ve yapay zekâ gibi alanlarda kullanılarak, belirsizlik içeren verileri ve sistemleri daha iyi analiz etme ve yönetme olanağı sunar. Örneğin, bulanık mantık denetleyicileri, karmaşık sistemlerin daha esnek ve uyumlu bir şekilde kontrol edilmesine olanak tanır. Zadeh 'in bulanık mantıkla ilgili çalışmaları, görüntü işleme, endüstriyel kontrol sistemleri ve çeşitli mühendislik uygulamaları gibi alanlarda kullanımıyla dikkat çekmiştir. Bu, özellikle belirsizlik içeren durumlarda daha etkili kararlar alınmasını sağlayarak birçok endüstride bulanık mantığın kullanımını arttırmıştır (Aruldoss, vd., 2013). Bu teori, insan düşünme ve karar verme süreçlerine daha yakın bir şekilde yaklaşarak, karmaşık sistemlerin kontrolünde ve analizinde daha esnek ve adaptif-uyarlanabilir bir yaklaşım sunmuştur. Bu özelliğiyle, bulanık mantık, belirsizlik içeren sistemlerin daha etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olurken aynı zamanda akıllı sistemlerin geliştirilmesinde de önemli bir rol oynar.

Bulanık mantık, gerçek hayatta alınan kararları matematiksel modellerle çözmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, belirsizlik ve net olmayan ifadelerin sayısal olarak ifade edilmesini sağlar. Örneğin, insanların kararlarında sadece iyi ve kötü durumlarının yanı sıra, kısmen iyi ve kısmen kötü gibi durumlar da bulunabilir. Bulanık mantık, bu kavramları matematiksel olarak ifade etmeyi mümkün kılar. Bulanık mantıktan faydalanan alanlar birçok alanda kullanılmaktadır.

Bulanık küme, farklı üyelik derecelerine sahip elemanların bulunduğu bir kümeyi ifade etmektedir. Her eleman 0 ile 1 arasında farklı değerlere sahiptir ve bu değerler üyelik derecesini gösterir. 0 değeri elemanın hiç üye olmama durumunu ifade ederken, 1 değeri tam üyeliği gösterir. Diğer taraftan, 0 ile 1 arasındaki değerlere sahip elemanlar kısmi üyeler olarak adlandırılır. Sanchez ve Gomez (2013) bulanık kümelerde kullanılan birçok bulanık sayı çeşidi olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, üçgen bulanık sayıların uygulanabilirliği kolay olması ve sezgisel durumlara uyarlanabilir olmaları nedeniyle en çok tercih edilen bulanık sayılar olduğunu ifade etmişlerdir. Üç adet reel sayı ve $\tilde{A} = (l, m, u)$ şeklinde üçgen bulanık sayılar ifade edilmektedir. (Şanlı, 2020).



Şekil 6.2. Üçgen Bulanık Sayı

Üçgen bulanık sayı $\tilde{A}$ 'nın gösterilişi Şekil 6.2.'de ki gibidir (Uygurtürk, 2015).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = R \rightarrow [0,1]$$

$\mu(x)$: Üyelik Fonksiyonu

$\tilde{A}$: Üçgen Bulanık Sayı

6.3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ (BAHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), L. T. Saaty tarafından geliştirilmiş birçok kriterli karar verme yöntemidir. Bu yöntem, birden fazla kriterin karşılaştırılması ve bu kriterlerin önem derecelerine göre sıralanması için elverişlidir. Kriterlerin karşılaştırması 1-9 arasında bir puanlama ile yapılır. Ancak net bir puanlama yöntemiyle karar vermek her zaman mümkün olmayabilir. Bu nedenle, bulanık mantık ile entegre edilerek Bulanık AHP (BAHP) adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir. Chang'ın 1996 yılında geliştirdiği bu yöntemde, kriterler net olarak sınırlandırılmamış bir ölçekle değerlendirilmektedir. Bu şekilde, günlük problemler daha ergonomik bir şekilde çözümlenir. BAHP çözüm yöntemi dört aşamadan oluşur ve çözüm sürecinden önce uzman görüşü için anket çalışmaları yapılarak geometrik ortalamaları alınır. Bu çalışmada Chang'ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi kullanılmıştır ve uygulama aşamaları aşağıda adım adım gösterilmiştir (Chang, D.Y. 1996).

1.Adım:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

S_i : i . Amacın Sentez Değeri

$M_{g_i}^m$: i . Amaca Yönelik m . Genişletilmiş Analiz Değeri

$\otimes$: Bulanık Çarpma İşlemi

Formülde i değerine göre S_i bulanık sentetik mertebe değerini vermektedir. Bulanık toplama işlemleri sırasıyla formül (2), (3) ve (4)'te gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (3)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4)$$

2.Adım:

$M_1=(l_1, m_1, u_1) \leq M_2=(l_2, m_2, u_2)$ ifadesinin olasılık derecesi aşağıda verilen formül (5) ile hesaplanmaktadır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min (\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (5)$$

M_1 ve M_2 Üçgensel konveks bulanık sayıların karşılaştırılması yapılırken aşağıda verilen formül (6) ile hesaplanmaktadır.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (6)$$

3.Adım:

Konveks bir bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan $M_i \ i= \{1, 2, \dots, k\}$ büyük olmasının olabilirlik derecesi formül (7) ile hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
&= V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) \\
&= V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] \\
&= \min V(M \geq M_i) , i = 1, 2, \dots, k
\end{aligned} \tag{7}$$

$i = \{1, 2, \dots, k\}$ için $d'(A_i) = \min V (S_i \geq S_k)$ $k \neq i$ için ağırlık vektörü formül (8) ile hesaplanmaktadır.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad i = \{1, 2, \dots, n\} \tag{8}$$

4.Adım:

Formül (8)'de hesaplanan ağırlık vektörü formül (9)'da gösterildiği şekilde hesaplanarak bulanık olmayan bir değere ulaşılır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad i = \{1, 2, \dots, n\} \tag{9}$$

Bulanık AHP (BAHP) yöntemi, karmaşık karar verme süreçlerinde belirsizlikleri ele almaya odaklanır. AHP'nin hiyerarşik yapısı, kriterleri, alt kriterleri ve seçeneklerin ilişkilerini düzenlemeye yardımcı olur. Ayrıca, bu yöntem karar vericinin deneyimlerini de içeren bir yapı sunar. AHP genellikle birçok alanda kullanılır ve teknik bilgi gerektirmediği için geniş bir kesim tarafından benimsenir. Bu metot, kesin değerler yerine aralıklı ifadelerle çalışır ve karar verme sürecini daha esnek hale getirir. Bu yaklaşım özellikle deprem riski gibi karmaşık ve belirsiz bir konuda oldukça etkili olabilir. Karar verme sürecinde ortaya çıkan belirsizlikleri gidermek amacıyla, çalışmada Bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır. Binaların risk durumlarını belirlerken, zemin özellikleri, taşıyıcı sistem, kat adedi, temel çeşidi gibi birçok parametreyi göz önünde bulundurularak Bulanık Mantık işlemleri gerçekleştirilmiştir.

7. BİNALARIN RİSK DURUMLARINI HIZLI DEĞERLENDİRME METODLARI

7.1. SIFIR CAN KAYBI YAKLAŞIMI

Ülkenin ekonomik koşullarından dolayı bütün yapıların ilgili deprem yönetmeliği doğrultusunda ayrı ayrı değerlendirmeye alınmasının gerekli ve mümkün olmadığı ilkesini savunan ve tartışmalara konu olan bu yaklaşım Tezcan ve çalışma arkadaşları (2002- 2005) tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda yıkılma ihtimali çok yüksek olan yapılar tespit edilerek çeşitli faktörler doğrultusunda detaylı bir şekilde değerlendirmeye alınır, geriye kalan yapılar göçmeyecek kadar hasar alacakları ancak can ve mal kaybına neden olmayacakları kabul edilerek detaylı bir değerlendirme yapıp yapılmayacağı hususundaki karar mülkiyet sahibinin tercihinine bırakılır. Buna göre asıl hedef deprem yönetmeliği ile ön görülen kayıpların en aza düşürülmesi hatta sıfıra indirilmesidir.

7.2. KOLON VE DUVAR İNDEKSLERİ YÖNTEMİ

Bu yöntemde sadece düşey taşıyıcıların ve dolgu duvarlarının etkili kesme alanlarına bağlı indeksler bulunarak sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Yöntemin hesaplama elemanları;

A_s : Etkili betonarme perde kesme alanları,

A_w : Dolgu (bölme) duvarı alanları,

A_c : Kolon alanlarının yarısı,

$$W_I = \frac{A_s + 0,1A_w}{A_z} \times 100 \quad (1)$$

A_z = Zemin kat alanı

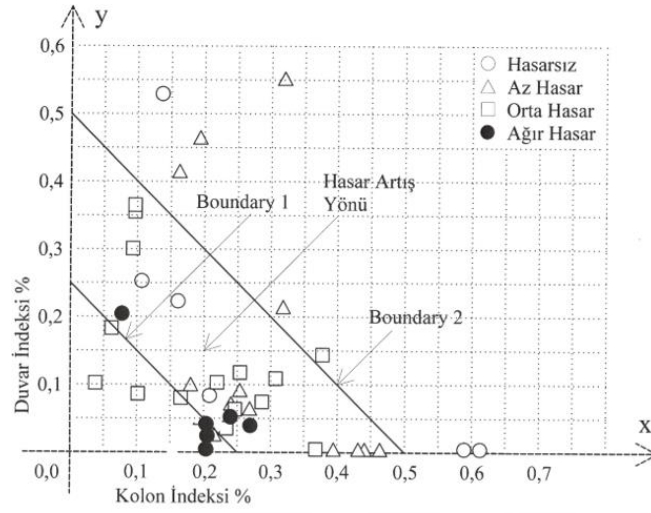
$$C_I = \frac{A_c}{A_z} \times 100 \quad (2)$$

W_I : Duvar indeksi

C_I : Kolon indeksi olmak üzere;

Denklem 1 ve 2. ye göre elde edilen değerler, şekil de verildiği gibi bir eksen takımına oturtularak ‘Boundary1’ ve ‘Boundary2’ isimli iki adet sınır çizgisi tarif edilmektedir. Buna göre; ‘Boundary1’ ile ‘x’ ve ‘y’ aksları arasında kalan binalar, ‘Boundary2’nin dışında kalan binalara nazaran daha riskli, iki sınır arasında kalan binalar ise şüpheli olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmanın diğer bir matematiksel önermesi olan priority indeks “ P_I ” denklem aşağıdaki ifade ile hesaplanmaktadır. Buna göre P_I indeksi azaldıkça yapıların hasar görme riskinin arttığı kabul edilmektedir.

$$P_I = W_I + C_I$$



Şekil 7.1. Hassan ve Sözen (1997) Tarafından Geliştirilen Yöntemin Sonuç Grafiği

Bu yöntem üzerinde yapılan tamamlayıcı ve geliştirici bir çalışma ile yöntemin yayımlandığı asıl makale müelliflerinden birinin (Sözen, 1997) de katıldığı bir araştırma grubu tarafından yapılan çalışmada taşıyıcı elemanların ve dolgu duvarların atalet momentleri ile kat yüksekliklerinin bu hesaplamalarda nasıl kullanılacağı belirlenerek yöneme aşağıdaki faktörler eklenmiştir.

1. Kat adedi
2. Yapının birim alan kütlesi,
3. Duvar ve betonun malzeme özellikleri,
4. Dolgu duvarlarının tipi ve birleşim şekli,
5. Kolon ve kirişlerin birbirlerine göre göreceli boyutları ile birleşme şekilleri,
6. Kolon burkulma katsayıları (λ) ve duvar geometrisi,
7. Ortalama kat yüksekliği,
8. Zemin özellikleri ve temel tipi,
9. Toplam kolon alanlarının kat alanına oranı,
10. Toplam dolgu duvarı alanlarının kat alanına oranı

7.3. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMELERE DAYALI YAKLAŞIM

İstatistiksel analize dayalı yöntem ilk kez Pay ve Özcebe'nin (2001) hazırladığı yüksek lisans tezinde yapıların sismik olarak zarar görme olasılığını hesaplayabilmek için kullanılmıştır. Marmara ve Düzce Depremlerinin ardından verilerin istatistiksel olarak incelenmesiyle geliştirilen bu yöntemde kullanılan faktörler aşağıdaki gibidir.

1. Kat sayısı
2. Çıkma ve çıkma boyutları
3. Yumuşak kat
4. Plan düzensizlikleri
5. Eylemsizlik momentleri

Bu yöntemle benzer özelliklere sahip başka bir istatistiksel yöntem, daha önce 1992 yılında gerçekleşen Erzincan Depreminde hasar alan yapılar kullanılarak uygulanmış ve gerçekçi neticeler alınmıştır. Diğer taraftan Hasan ve Sözen'in (1997) çalışmaları ile geliştirilen benzer başka bir yöntem yine bu yapıların verileri üzerinden uygulanmış ancak Pay ve Özcebe'nin geliştirdiği yöntemin daha gerçekçi ve sağlıklı sonuçlar ürettiği görülmüştür.

7.4. SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ

Bu yöntem, yapıların deprem yüklerine nasıl tepki vereceği ve deprem güvenliği hakkında kısa sürede netice alınmasını sağlar. Sismik İndeks Yöntemi otuz yıldan önce inşa edilmiş, yapısal düzensizlikleri fazla, malzeme dayanım değerleri düşük ve taşıyıcı sistemi alışlagelmiş sitemlerden farklı olan yapılardan ziyade; perde, perde çerçeve ve betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapılarda uygulanması önerilir. 3 uygulama aşamadan oluşan, daha gerçekçi ve sağlıklı netice elde etmeyi amaçlayan bir yöntemdir. İlki ve diğerlerinin 2003 yılında yaptığı ve yöntemin yalnızca ilk basamağının kullanıldığı bir çalışmada yer alan;

Birincisi, İstanbul Avcılar'da Z4 tipi zeminde dört katlı, ikincisi DSİ için İstanbul Altunizade' de lojman olarak Z1 tipi zeminde biri bodrum ikisi normal ve biri de çatı katı olmak üzere dört katlı, üçüncüsü İstanbul Küçükbakkalköy' de Z2 tipi zeminde üç katlı ve dördüncüsü İzmit'te Z4 tipi zeminde biri bodrum toplam altı katlı olarak inşa edilen, güçlendirme geçirmiş, güçlendirme öncesi ve sonrasında incelemeye alınmış dört adet yapıdan İstanbul Avcılar'da inşa edilen bina, yukarda anlatılan bu iki aşamaya ilave olarak,

yine İlki tarafından yapılan bir bitirme çalışması kapsamın da doğrusal sonlu elemanlar analizi ile de incelenerek sonuçlar sismik indeks yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Ortaya çıkan uygulama sonuçları incelenen yapıların depremde zarar görüp görmeyeceği değil göçme olmayacağı anlamı taşımaktadır.

7.5. KAPASİTE İNDEKSİ YÖNTEMİ

Kapasite İndeksi Yöntemi, Yakut ve diğerleri (2005) tarafından geliştirilmiştir. Yöntemin önemli etkenleri;

V_{cap} : Kolon ve perde duvarların kesme kapasiteleri,

V_{code} : Deprem yönetmeliğinde önerilen taban kesme kuvveti,

C_m ve C_a : Yapının karakteristik değeri ve düzensizlik durumuna bağlı katsayılar,

f_{ctk} : Beton karakteristik çekme dayanımı,

b_w ve h : kolon ölçüleri,

m : kat sayısı

V_{wy} : Dolgu duvar etkisiyle hesaplanan kat kesme kuvveti kapasitesi

A_w : Kritik kat toplam dolgu duvar alanı

A_{tf} : Bina kritik kat alanı

CPI: Bina kapasite indeksi Elde edilen bu formüller kullanılarak yapılar için hesaplanan oransal değer CPI'nın 1,5'dan az çıkması, deprem riskinin çok olduğu ve yıkılabileceği yönünde fikir oluşturur.

$$V_{cap} = \sum 0,65 a f_{ctk} b_w h$$

$$V_{wy} = \frac{V_{cap}}{0,95 e^{0,125 m}} (46 \frac{A_w}{A_{tf}} + 1)$$

7.6. SOKAK TARAMASI YÖNTEMİ, ABD

Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Konseyi) 21 kararların Amerika'da yayımlanması, çok fazla sayıda yapının kısa zamanda ve ekonomik olarak deprem tehlikesi açısından değerlendirilebilmesini esas alan hızlı yöntemlerinin risk hesaplama literatürüne girmesini sağlamıştır. Bu alanda öncü niteliğinde olan bu yayın, ülkemizdeki bina stokuna uygun olmayan sokaktan tarama yöntemini tanımlamaktadır. Bu yöntem ile yapılar; 5 tanesi

çelik, 3 tanesi betonarme, 2 tanesi prefabrik, 2 tanesi donatılı yığma ve 1 tanesi de donatısız yığma olmak üzere 13 farklı bölüm altında sınıflandırılır. Bu yapı sınıfları esas alınarak geliştirilen puanlama sistemine göre her yapı, bulunduğu bölümün ön gördüğü bir başlangıç puanı ile puanlanmaya başlar ve kullanılan faktörler doğrultusunda ekleme ve çıkarma yapılarak bulunması hedeflenen spektrum katsayı (S) puanı hesaplanır. Bu hesaplamada sonuçlar 0 ile 5 arasında çıkarken az da olsa bazı yapılar için ‘S’ puanı 5’i geçebilmektedir. Elde edilen ‘S’ puanının, farklı hızlı değerlendirme uygulamalarında yapıldığı gibi yapının deprem yükleri etkisiyle yıkılıp yıkılmayacağı konusunda başka bir değerlendirme yapılmasını gerektirecek kadar güvensiz olup olmadığının tespit edilebilmesi için karmaşık yöntemlerle belirlenen cut-offscore olarak isimlendirilen başka bir değerlendirme puanı ile karşılaştırılması gerekir.

7.7. SOKAK TARAMASI YÖNTEMİ, TÜRKİYE

Sucuoğlu hızlı tarama yöntemlerini konu aldığı araştırmalar sonucunda, 1-7 katlı betonarme yapılar ile 1-5 katlı yığma yapıları hızlıca değerlendiren iki sokak taraması yöntemini (Sucuoğlu, 2004) geliştirmiştir. Yöntemin oluşturulan verilerin ön değerler olduğu, gelecekte yapılacak araştırmalar ile yöntemin olgunlaştırılacağı belirtilmiştir.

7.8. P25 METODU

7.8.1. Yapısal Düzeltme Faktörleri

Burulma Düzensizliği Faktörü (f_1): Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2018’de yer alan Düzensiz Yapılar Bölümünde, A1 düzensizliği olarak ifade edilen durumlar da elde edilen katsayının yönteme dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerlerini detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.1. Burulma Düzensizlik Değerleri

Burulma Düzensizlik Durumları	Değer
Perde ve dolgu duvarların planda dengeli olması	1,00
Perde ve dolgu duvarların bir kısmının, burulmaya sebebiyet verebilecek şekilde bir tarafta ve bir yönde olması	0,98
Perde ve dolgu duvarların bir kısmının, her iki yönde de burulmaya sebebiyet verebilecek şekilde olması	0,96

Döşeme Süreksizliği Faktörü (f_2): Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2018’de yer alan Düzensiz Yapılar Bölümünde A2 düzensizliği olarak tanımlan durumlar doğrultusunda yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.2. Döşeme Süreksizlik Değerleri

Süreksizlik Durumları	Değer
Döşeme kat alanının 1/3’ünü geçen boşlukların ve ani Rijitlik azalması süreksizliklerinden ikisinin de olmaması	1,00
Döşeme alanının 1/3’ünü geçen boşlukların veya ani Rijitlik azalması süreksizliklerinden herhangi birinin olması	0,98
Döşeme kat alanının 1/3’ünü geçen boşlukların ve ani Rijitlik azalması süreksizliklerinden ikisinin de olması	0,96

Taşıyıcı Düşey Elemanların Süreksizlik Faktörü (f_3): Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2018’de yer alan Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları Bölümünde, B3 türü düzensizlik olarak tanımlanan, durumlarda ortaya çıkan süreksizlik etkilerinin hesaplamalara dâhil edilmesini amaçlayan düzeltme faktörüdür.

- a) Kolonların yapıların herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulması,
- b) Kolonun, iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması,
- c) Üst kattaki perdenin her iki ucundan alt kattaki kolonlara oturtulması,
- d) Perdelerin, binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasına oturması,

Çizelge 7.3. Düşey Taşıyıcı Süreksizlik Değerleri

Düşey Taşıyıcıların Süreksizlik Durumları	Değer
Yapıda herhangi bir süreksizlik olmaması	1,00
Yapıda (b) veya (c) tipi süreksizliklerin lokal olması	0,92
Yapıda (b) veya (c) tipi süreksizliklerin yaygın olması	0,84
Yapıda (a) veya (d) tipi süreksizliklerin lokal olması	0,76
Yapıda (a) veya (d) tipi süreksizliklerin yaygın olması	0,68
Yapıda ikiden fazla tip süreksizliğin yaygın olması	0,60

Kütle Düzensizliği Faktörü (f_4): Çeşitli nedenlere bağlı olarak yapıların bazı kısımlarında kütle yoğun olan yapı elemanlarının birlikte kullanılması nedeniyle anormal kütle birikimlerinin meydana gelmesi ve depo katlarının deprem kuvvetlerine karşı olumsuz tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.4. Kütle Düzensizlik Değerler

Kütle Düzensizlik Durumları	Değer
Yapıda anormal kütle birikimi veya depo katı bulunmaması	1,00
Yapıda anormal kütle birikimi veya depo katının, yapının zemin katında veya üst katlarından biri veya bir kaçında bulunması	0,99
Yapıda anormal kütle birikimi veya depo katının, yapının zemin katında ve üst katlarından biri veya bir kaçında bulunması	0,98

Korozyon Faktörü (f_5): Yapıların ekonomik ömürleri, olumsuz iklim koşulları, malzemelerin kalitesi ve uygulamalardaki hatalara bağlı olarak yapılardaki düşey ve yatay taşıyıcı elemanlarda meydana gelen korozyonların deprem kuvvetleri karşısındaki olumsuz tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.5. Taşıyıcı Eleman Korozyon Değerleri

Taşıyıcı Korozyon Durumları	Değer
Yapı taşıyıcı elemanlarında korozyon olmaması	1,00
Yapı taşıyıcı elemanlarında lokal olarak korozyon olması	0,99
Yapının bir katındaki taşıyıcı elemanlarının çoğunda korozyon olması	0,96

Kısa Kolon Faktörü (f_6): Yapıların taşıyıcı sistemlerinde asma kat, bodrum kat, birim içinde farklı seviyelerde zemin oluşturma ve benzeri nedenlerden dolayı genel veya kısmi olarak uygulanan kısa kolonların deprem kuvvetleri karşısındaki olumsuz tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri ile detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.6. Kısa Kolon Bulunması Değerleri

Kısa Kolon Durumları	Değer
Yapıda kısa kolon olmaması	1,00
Merdiven, iç mekân ve cephelerde, lokal olarak kısa kolon olması	0,96
Tüm bir katta ya da birden çok cephede kısa kolon olması	0,92

Ağır Cephe Elemanları Faktörü (f_7): Yapıların dış cephelerinde kullanılan tasarım elemanlarının ağır kütleleri ve diğer ağırlık arttırıcı cephe uygulamalarının deprem kuvvetleri karşısındaki olumsuz tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.7. Ağır Cephe Eleman Değerleri

Ağır Cephe Eleman Durumları	Değer
Ağır cephe askısı veya parapet olmaması	1,00
Ağır cephe askısı veya parapetlerin lokal veya tek bir cephede olması	0,98
Ağır cephe askısı veya parapetlerin yapı genelinde veya tüm cephelerde olması	0,96

Asma Kat Faktörü (f_8): Yapılarda genelinde olarak veya herhangi bir katının herhangi bir bölümünde tasarlanan asma kat veya katların deprem kuvvetleri karşısındaki olumsuz tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri ile detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.8. Asma Kat Değerleri

Asma Kat Durumları	Değer
Yapıda asma kat olmaması	1,00
Yapı kat alanının %25'inden küçük asma kat olması	0,98
Yapı kat alanının %25'inden büyük asma kat olması	0,96

Çarpışma Olasılığı Faktörü (f_9): Değerlendirmeye alınan yapıların deprem esnasında komşu parsellerde yer alan yükseklikleri aynı veya farklı olan diğer yapıların köşe parsel üzerinde inşa edilmiş olup olmaması durumuna göre çarpışma olasılıklarından kaynaklanan risk durumlarının deprem kuvvetlerine karşı tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri ile detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.9. Çarpışma Olasılığı Değerleri

Çarpışma Risk Durumları	Değer
Yapının en uç parselde bulunmamak kaydıyla, aynı kat seviyelerine sahip bir yapı ile çarpışma riskinin olması veya hiç çarpışma riskinin olamaması	1,00
Yapının farklı kat seviyelerine sahip bir yapı ile çarpışma riski veya yapının en uç parselde bulunması durumunda aynı seviyedeki yapı ile çarpışma riski olması	0,90
Yapının en uç parselde bulunması ve farklı kat seviyelerine sahip başka bir yapı ile çarpışma riskinin olması	0,80

Katlardaki Seviye Farkı ve Kısmi Bodrum Faktörü (f_{10}): Herhangi bir nedenden dolayı yapıların tamamının veya bir bölümünün farklı kotlarda tasarlanması ve zemin katın tamamını kapsamayan kısmi bodrum katlarının deprem kuvvetleri karşısındaki olumsuz tepkilerinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri ile detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.10. Katlarda Seviye Farkı ve Kısmi Bodrum Değerleri

Katlarda Seviye Farkı ve Kısmi Bodrum Durumları	Değer
Yapıda seviye farkı veya kısmi bodrum olmaması	1,00
Yapıda Sadece bir katta veya lokal olarak tek bir yerde seviye farkı olması	0,90
Yapıda her katta seviye farkı veya kısmi bodrum olması	0,80

Beton Kalitesi Faktörü (f_{11}): Yapıların inşasında kullanılan betonun dayanım (C) durumlarının güncel halinin deprem kuvvetleri karşısındaki olumsuz tepkisinin yönetime dahil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri ile detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.11. Beton Kalitesi Değerleri

Beton Dayanım Aralıkları	Değer
$C > BS16$	1,00
$BS10 < C \leq BS16$	0,90
$C \leq BS10$	0,80

Yumuşak ve Zayıf Kat Faktörü (f_{12}): ABYYHY 2018’de yer alan Düşeyde Süreksizlik Durumları Bölümünde, komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak tanımlanan zayıf kat (B1) ve komşu katlar arası Rijitlik düzensizliği olarak tanımlanan yumuşak kat (B2) parametrelerinin deprem kuvvetleri karşısındaki tepkisini yöneme dâhil edebilmek için geliştirilen yapısal düzeltme faktörüdür.

$$A_{ef} = A_c + I_s + 0,15A_w$$

$$r_a = \sigma A_{ef\ i} / \sigma A_{ef\ i+1} \leq 1,00$$

$$r_r = \sigma I_{ef\ i} / \sigma I_{ef\ i+1} \leq 1,00$$

Değerleri hesaplanan ve kesme Rijitliği (r_a) ile eğilme Rijitliğini (r_r) yansıtan bu iki değer arasındaki büyük rakamsal farklılığın giderilmesi için Denklem (42) geliştirilmiş ve bu denklem sayesinde ‘ r_a ’ değerinin yöneme katkısı arttırılmıştır. Denklemden kullanılan 0,4 değeri ise kayma modülünün, Elastisite modülüne oranıdır.

$$a_a = 1 + 0,4(r_a - 1)$$

r_a : Komşu iki kat arası etkili kesme oranlarının küçük olanı

r_r : Komşu iki kat arası etkili atalet moment oranlarının küçük olanı

a_a : Etkili kesme oran (r_a) değerinin yükseltilmiş hali

$$f_{12} = [a_a r_r (h_i / h_{i+1})^3]^{0,15} \leq 1,00$$

Zayıf Kolon Faktörü (f_{13}): ABYYHY 2018’de sünek tasarım şartlarından biri olarak belirtilen güçlü kolon zayıf kiriş ilkesine göre düşey taşıyıcı kolonların yatay taşıyıcı kirişlerden daha güçlü uygulanması sayesinde yapılara zarar veren plastik mafsalların kolon uçlarında değil kiriş uçlarında meydana geldiği, böylece yapıların daha güçlü ve sünek olmasının sağlandığı gözlemlenmiştir. Düşey taşıyıcı kolonlar ile bu kolonlara bağlanan yatay taşıyıcı kirişlerin rijitlik oran değerleri hesaplanarak yöneme dâhil edilir. Bu doğrultuda yapı genelinde en çok uygulanan kolon ölçüsü ile kiriş ölçüsü oranlanır. Kolon ve kirişler arasındaki güçlü-zayıf ilişkisini araştıran bu faktörün değeri denklem kullanılarak hesaplanır. I x ve I y kritik katlardaki kolonların x ve y yönündeki bütün ölçülerinin aritmetik ortalamaları kullanılarak hesaplanan x ve y yönlü atalet momentlerini, I_b yapıların hâkim kiriş atalet momentlerini ifade etmektedir. Yapıların kritik katlarında kiriş uygulanmamışsa bu faktörün değeri 0,60 olarak yöneme dâhil edilirken, hesaplanan faktör değerlerinin 0-

1,00 arasında makul değerler olması için denklem 0.15 üstel katsayısı ile indirgenmiştir.

$$f_{13} = \left(\frac{I_x + I_y}{2 (I_b)} \right)^{0,15}$$

Enine Donatı Sıklığı Faktörü (f_{14}): Yapıların kritik katlarında yer alan düşey taşıyıcı elemanların sarılma bölgelerinde uygulanan etriye yoğunluğu etkilerinin yönleme dâhil edilmesini amaçlayan bu faktörün değeri Denklem (45) kullanılarak hesaplanır. Denklemden yer alan ‘s’ sarılma yerlerinde bulunan etriye aralıklarını ifade eder ve hesaplamalarda ‘mm’ olarak işleme alınır. Hesaplanan değer 1,00’de büyük çıktığı durumlarda 1,00 ve 0,60’dan küçük çıktığı durumlarda ise 0,60 olarak hesaplamalara dâhil edilir.

$$0,60 \leq f_{14} = \left(\frac{100}{s} \right)^{0,25} \leq 1,00$$

Yapı Önem Derecesi Faktörü (f_{15}): ABYYHY 2018’de tanımlanan yapı kullanım sınıfları ve yapı önem katsayıları bölümünde, insanlar tarafından uzun süreli yoğun kullanılan, deprem sonrası zorunlu kullanılan, kısa süreli yoğun kullanılan yapılar ve diğer yapılar gibi kıstaslar doğrultusunda sınıflandırılan ve bu sınıflandırmaya göre belirlenen yapı önem katsayı (I) değerlerinin yönleme dâhil edilmesi için yapısal düzeltme faktörü hesaplanmakta olup yapı sınıflandırılması aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 7.12.).

$$f_{15} = \frac{1}{I}$$

Çizelge 7.12. Yapı Önem Katsayı Değerleri

Yapı Kullanım Amacı veya Türü	Önem Katsayısı
1- Depremin ardından kullanımı zorunlu olan, tehlikeli madde içeren yapılar. a) Depremden sonra acilen kullanılması zorunlu yapılar (hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, terminal binaları, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yapıları ile afet planlama istasyonları). b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı ve benzeri özellikteki maddelerin bulunduğu veya depolandığı yapılar.	1,50

Çizelge 7.12 (devam). Yapı Önem Katsayı Değerleri

2- Uzun süreli yoğun kullanılan ve değerli eşyaların muhafaza edildiği yapılar. a) Okullar, diğer eğitim yapı ve tesisleri, yurtlar, askeri kışlalar, cezaevi yapıları. b) Müze yapıları.	1,40
3- Kısa süreli ve yoğun kullanılan yapılar (spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları vb.)	1,20
4- Diğer yapılar. Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer yapılar. (Konutlar, işyerleri, oteller, endüstri yapıları vb.)	1,00

7.8.2. Temel ve Zemin Düzeltme Faktörleri

Deprem Bölgesi ile İlgili Faktör (f_{16}): ABYYHY 2018’de tanımlanan Etkin Yer İvme Katsayısı Bölümünde tanımlanan ve A_0 ile ifade edilen etkin yer ivme katsayıları incelemeye tabi tutulan yapıların mevcut olduğu alanın depremselliğinin, bu faktörün değerlendirilmesi için geliştirilen denklem sayesinde, bulundukları bölgede aldığı değerler doğrultusunda, detaylandırıldığı haliyle yönteme dâhil edilmesini amaçlamaktadır. Deprem yönetmeliğinde deprem kuvvetleri, yapının yer aldığı deprem bölgesi etkin ivme değerlerine göre yapılara olduğundan daha küçük bir kuvvet olarak yansıtılmaktadır. Bu düzeltme faktörü ile performans puanının arttırılması hedeflenmekte ve söz konusu faktörün değeri hesaplama sonucunda elde edildiği şekliyle, 1,00’den büyük olsa da yönteme olduğu gibi dâhil edilmektedir.

$$f_{16} = \frac{0,40}{A_0}$$

Çizelge 7.13. Etkin Yer İvme Katsayıları

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Zemin Tipi Faktörü (f_{17}): Yapıların inşa edildiği zeminle ilişkilerinin, zeminin nicelik ve niteliklerine bağlı olarak depremsellik bakımından araştırılarak yönteme dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.14. Zemin Tipi-Yapı Değerleri

Zemin Tipi-Yapı Durumları	Değer
Yapının Z1 veya Z2 tipi zeminlerde 3 veya daha çok katlı ya da Z3 tipi zeminde 1 veya 2 katlı olması	1,00
Yapının Z3 tipi zeminde 3 veya daha çok katlı ya da Z1 veya Z2 tipi zeminlerde 1 veya 2 katlı olması	0,96
Yapının Z4 tipi zeminde olması	0,92

Zemin Oturması Faktörü (f_{18}): Yapıların inşa edildiği zemin tipine bağlı olarak zeminin şekil bozukluğu içermesi ve zemin oturması gibi durumlarının depremsellik bakımından incelenerek yönteme dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.15. Zemin Oturma Değerleri

Zemin Oturma Durumları	Değer
Hiç zemin oturma riski olmaması veya az zemin oturma riski olması	1,00
Orta derecede zemin oturma riski olması	0,98
Yüksek derecede zemin oturma riski olması	0,96

Zemin Sıvılaşması Faktörü (f_{19}): Yapıların inşa edildiği zeminin sıvılaşma özellikleri ve sıvılaşma olasılığının bilimsel yöntemler doğrultusunda belirlenerek yönteme dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.16. Zemin Sıvılaşma Değerleri

Sıvılaşma Durumları	Değer
Hiç zemin sıvılaşma riski olmaması veya az zemin sıvılaşma riski olması	1,00
Orta derecede zemin sıvılaşma riski olması	0,98
Yüksek derecede zemin sıvılaşma riski olması	0,96

Heyelan Faktörü (f_{20}): Afet risklerinden biri olan heyelanların, yapıların inşa edildiği alanlara göre belirlenip risk durumlarının depremsellik bağlamında incelenerek yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri Çizelge 7.17 ile detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.17. Heyelan Değerleri

Heyelan Durumları	Değer
Hiç heyelan riski olmaması veya hafif düzeyde heyelan riski olması	1,00
Orta düzeyde heyelan riski olması	0,98
Yüksek düzeyde heyelan riski olması	0,96

Zemin Büyütmesi Faktörü (f_{21}): Yapıların inşa edildiği zemin tiplerinin zemin büyütmesi risklerinin bilimsel teknik yöntemler ve deneyler ışığında değerlendirilerek yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.18. Zemin Büyütme Değerleri

Zemin Büyütme Durumları	Değer
Hiç zemin büyütme riski olmaması veya az zemin büyütme riski olması	1,00
Orta derecede zemin büyütme risk olması	0,90
Yüksek derecede zemin büyütmesi risk olması	0,75

Topografik Etki Faktörü (f_{22}): Yapıların inşa edildiği alanların yüzey şekilleri ve doğal çevrelerinin yani topoğrafya özelliklerin deprem kuvvetleri ve yapılarla ilişkisinin yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.19. Topografik Etki Değerleri

Topografik Durumlar	Değer
Yapının eğimsiz bir arazide inşa edilmiş olması	1,00
Yapının yamaçta inşa edilmiş olması	0,90
Yapının bir tepenin üstünde inşa edilmiş olması	0,80

Temel Tipi Faktörü (f_{23}): Yapıların sahip olduğu temel tiplerinin, zeminden gelen deprem kuvvetleri ile ilişki ve tepkilerinin belirlenerek yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.20. Temel Tip Değerleri

Temel Durumları	Değer
Yapıda radye veya iki yönlü sürekli temel bulunması	1,00
Yapıda tek yönlü sürekli temel bulunması	0,98
Yapıda bağ kirişli tekil temel bulunması	0,96
Yapıda bağ kirişsiz tekil temel bulunması	0,94

Temel Derinliği Faktörü (f_{24}): Yapıların derinliği ve temellerinin güvenli zemine ulaşım ulaşmaması durumuna göre deprem yüklerinin yapıya etkisinin belirlenerek yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.21. Temel Derinlik Değerleri

Temel Derinlik Durumları	Değer
Temel derinliğinin 4 ve 4 metreden fazla veya birden çok bodrum katı olması	1,00
Temel derinliğinin 1 ile 4 metre arasında veya bir kat bodrum olması	0,98
Temel derinliğinin 1 metreden az olması	0,96

Yer Altı Su Seviyesi Faktörü (f_{25}): Yapıların inşa edildiği zeminin ihtiva ettiği su seviyesinin başta yapı temellerine ve yapıya etkilerinin depremsellik açısından değerlendirilerek yönetime dâhil edilmesini amaçlayan ve puanlama değerleri detaylandırılan düzeltme faktörüdür.

Çizelge 7.22. Yeraltı Su Seviyesi Değerleri

Yeraltı Su Seviyesi Durumları	Değer
Yeraltı su seviyesinin 10 metre ve daha fazla olması	1,00
Yeraltı su seviyesinin 5 metre ve 5 ile 10 metre arasında olması	0,99
Yeraltı su seviyesinin 5 metreden daha az olması	0,98

8. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP) YÖNTEMİ İLE BİNA DEPREM RİSK DURUMLARININ BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, AHP yönteminin bulanık mantık ile birleştirilmesi sonucu BAHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi, karmaşık problemler için kullanılan bir karar verme yöntemidir ve bu yöntemde problemin amacı, kriterleri, alt kriterleri ve seçeneklerin ilişkileri hiyerarşik bir şekilde sunulmaktadır. AHP yöntemi, verilerin toplanması ve karşılaştırılmasına olanak sağlarken, karar vericinin deneyimini de kullanmasına imkân vermektedir. Bu yöntem, eğitim, sağlık, finans, pazarlama, taşımacılık gibi birçok alanda kullanılmaktadır ve herkes tarafından kolayca uygulanabilmektedir.

Riskli binaların tespiti “Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği (RBTEİE)” hükümlerine göre yapılmaktadır. Bunun için RBTEİE’de öncelikle kritik kat belirlenerek bina taşıyıcı sistem özellikleri tespit edilmelidir. Kritik kat, betonarme çevre perdeleri bulunmayan veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt kat olarak seçilir. Mevcut projenin olmaması veya projenin yerindeki imalatla farklı olması durumunda asgari bilgi düzeyi, tam uyum söz konusu ise kapsamlı bilgi düzeyi seçilmelidir. Risk değerlendirmesi kritik kat için yapılır. Ancak, yapılan analiz sonucunda hesaplanan en büyük kat ötelenme oranı başka bir katta oluşuyorsa, bu kat için de sadece kat ötelenme sınır değerleri kontrol edilerek değerlendirme yapılır. Herhangi bir katın riskli çıkması durumunda bina “Riskli Bina” olarak kabul edilir (6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 2019). Bilgisayar biliminde kullanılan yararlı matematik araçlarından biri, bulanık mantık esaslı bulanık küme teorisidir. Bulanık küme teorisi, matematik formdaki farklı belirsiz fenomenleri tanımlayabilmektedir. Böyle belirsiz fenomenler, analizi yapılan objelerin açık ve kesin sınırlarının olmayışını, belirsiz kelimeler ve kesin olmayan ifadeleri içerebilmektedir. Deprem gören binaların risk tespitinde bulanık mantık yaklaşımı Bulanık küme teorisinin inşaat mühendisliği alanında uygulanması 1978’de başlamıştır. Uygulanan branşlar şunlardır: Bulanık yapı analizleri, akıllı analizler, data işleme, sistem analizleri vb. Son zamanlarda bulanık küme teorisi, risk azaltma konusunda da uygulanmaktadır. 1965 yılında Loutfi Zadeh tarafından keşfedilen bir yöntem olan bulanık mantık, bu belirsizlik probleminin karar alınırken nasıl çözüme dahil edileceğinin cevaplarını vermektedir. Bulanık mantık, eski sistemdeki 0-1 önerme mantığına üç veya daha çok sayıda önerme ile karşılık vererek gerçek problemlerin matematik dünyasına geçişini kolaylaştırmaktadır (Zadeh, 1965). Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım

Mamdani tipi bulanık model en çok kullanılan bulanık çıkarım mekanizmasıdır. Bu yöntemin çok kullanılıyor olmasının başlıca nedeni çok kolay oluşturulabilmesi, insanların davranışlarına çok uygun olması ve uzman görüşünün sisteme dahil edilebilmesidir. Mamdani tipi bulanık çıkarım yönteminin diğer çıkarım mekanizmalarının temelini oluşturduğu söylenebilir (Yılmaz ve Arslan). Mamdani, Zadeh'in 1973 yılındaki "Karmaşık (kompleks) sistemler ve karar süreçleri için bulanık algoritmalar" başlıklı makalesinden esinlenerek "buhar makinalarının kontrolünde uzmanların tecrübelerinden elde edilen dilsel kontrol kurallarının kullanımı" konusunda yaptığı çalışma ile ortaya atılmıştır (Kubat, 2019). Bulanık minimizasyon ve maksimizasyon operatörlerini kullanan Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi Akyılmaz, tarafından uygulanmıştır (Akyılmaz, 2005). Chao ve Cheng (1998) betonarme elemanlardaki çatlak kontrolünü bulanık örüntü tanıma modeli ile araştırmaya çalışmışlardır. Burada çatlak zamanı, çatlak derinliği, çatlak düzenliliği, çatlak aralığı, çatlak elemanı, çatlak deseni ve çatlak yeri için neden sonuç ilişkisini araştırmışlardır. Aldawod ve ark. (2001)'ın yaptıkları çalışmada Avustralya'nın Melbourne şehrinde 76 katlı, 306 metre yüksekliğindeki betonarme olarak inşa edilen yüksek yapının rüzgâr altındaki davranışını bulanık mantık yöntemi ile incelemişlerdir (Aldawod, vd., 2001). Kömür (2004)'ün yaptığı çalışmada deprem sonrasında bulanık mantık ile binaların hasar tespitini ve binaların depreme karşı güvenliğini incelemiştir. Ayrıca deprem sonrasında yapıda meydana gelen hasar tespitinde kullanılan katlar arası kalıcı yer değiştirme ve karakteristik beton basınç dayanımının hasar tespitine etkisi bulanık mantık yöntemi ile incelenmiştir. Doran vd., FRP ile güçlendirilmiş kolonların bulanık mantık temelli yapısal davranışını araştırmışlardır. Prieto vd.,'nin yaptıkları çalışmada tarihi yapıların hizmet ömrünü bulanık mantık yöntemi ile belirleme amaçlayan bir sistem üzerinde çalışmışlardır. Allali vd., deprem sonrasında binaların hasar seviyelerini bulanık mantık yardımı ile değerlendirmek için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada binaları yapısal parametreler ve yapısal olmayan parametrelere göre değerlendirmişlerdir. Yapısal parametreler olarak temel türü, düşey yük taşıyan elemanlar, yatay yük taşıyan elemanlar, düz çatılar, eğimli çatılar ve döşemeler; yapısal olmayan parametreler ise merdivenler, iç mekân birleşenleri, dış cephe panelleri ve dış birleşenleri kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda binaların hasar durumlarını %90 oranında doğru tahmin etmişlerdir. Mohanaselvi ve Hemapriya (2019), binaların deprem hasar tahminlerini belirlemek amacıyla bulanık mantık ile çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada veri girişi olarak yer hareketi süresi, zemin türü, bina yüksekliği

ve bina bakım durumu gibi parametreler ele almışlardır. Çıktı değişkeni olarak binanın aldığı hasar durumunu seçmişlerdir. Binalar düşük, orta ve yüksek olmak üzere hasar seviyelerine göre üç gruba ayrılmıştır. Bulanık mantık yönteminin binaların hasar derecesinin tahmininde oldukça yüksek oranda başarı sağlamışlardır. Uzunoğlu, vd., tarafından yapılan çalışmada güçlendirilecek bir binada beton basınç dayanımı bulanık mantık yaklaşımı ile tahmin edilmiştir. Yıldız (2022), tarafından yapılan çalışmada, Matlab programı kullanılarak bulanık mantık yöntemi ile ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine benzer olarak betonarme binalarının mevcut deprem performansını hızlı bir şekilde tespit etmeyi amaçlamıştır.

Ancak gerçek hayatta karar verme süreci belirsizlikleri de beraberinde getirebilmektedir. Bu belirsizlikleri gidermek amacıyla geliştirilen Bulanık AHP yöntemi, kesin değerler yerine aralıklı ifadelerle karar verilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenememesi ve belirsizliklerin giderilmesi gerekliliği nedeniyle Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. BAHF yönteminin uygulama adımlarına geçilmeden önce, belirlenen kriterler uzman görüşüyle değerlendirilmiş ve dilsel değişkenlerin bulanık ölçek karşılıkları Excel tablosunda girilmiştir. Bu ölçek karşılıklarında Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemi kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 8.1'de kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık ölçek karşılıkları gösterilmektedir.

Çizelge 8.1. Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler ve Bulanık Ölçek Karşılıkları

Dilsel Değişkenler	Bulanık Ölçek	Karşılık Bulanık Ölçeği
Eşit derecede önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
Biraz önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Kesinlikle önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Genellikle BAHF yöntemi kullanılan bir araştırmada, her bir kriter için karar matrisindeki l, m, u değerleri toplanmış ve ardından tüm kriterlerin l, m, u değerleri, her sütunun tersi olarak toplanmıştır. Daha sonra S matrisi olarak adlandırılan bulanık sentetik mertebe değeri hesaplaması yapılmıştır. S matrisindeki değerlerle $M1 = (l1, m1, u1) \leq M2 = (l2, m2, u2)$ ifadesinin olabilirlik derecesi formül (6) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen matrisin her bir satırının minimum değerlerinin toplamı, ilgili kriterin minimum değerine bölünerek kriter ağırlıkları bulunmuştur. Bulunan ağırlıklar, kriterlerin önem derecelerini göstermektedir. Bu şekilde kriterlerin sıralaması yapılır.

8.1. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHF) YÖNTEMİNİN UYGULAMASI

Mevcut binaların “Deprem Risk” durumlarının belirlenmesi amacı ile birçok teknik ve yaklaşım uygulanmaktadır. Bunların bir kısmı yüzeysel bir tarama ile risk durumunun tespit edilmesini sağlamaya çalışırken bir kısmı ise daha detaylı bir inceleme ile risk durumunu belirlemeye çalışmaktadır. Binaların deprem risk durumları çok fazla parametreye ve karmaşık ilişkilere bağlı olması nedeni ile zor ve zaman alıcı olabilmektedir. Bina Risk durumuna etkilerinin bulanık mantık ile incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar Bulanık Mantık ile Bina Risk durumunun belirlenebileceğini göstermiştir. Binalarda ki düzensizlik faktörleri P-25 metodunda ifade edilen 25 faktörün 5 ana grupta toplanması ile ifade edilmiştir. Bu ana kriterler şunlardır:

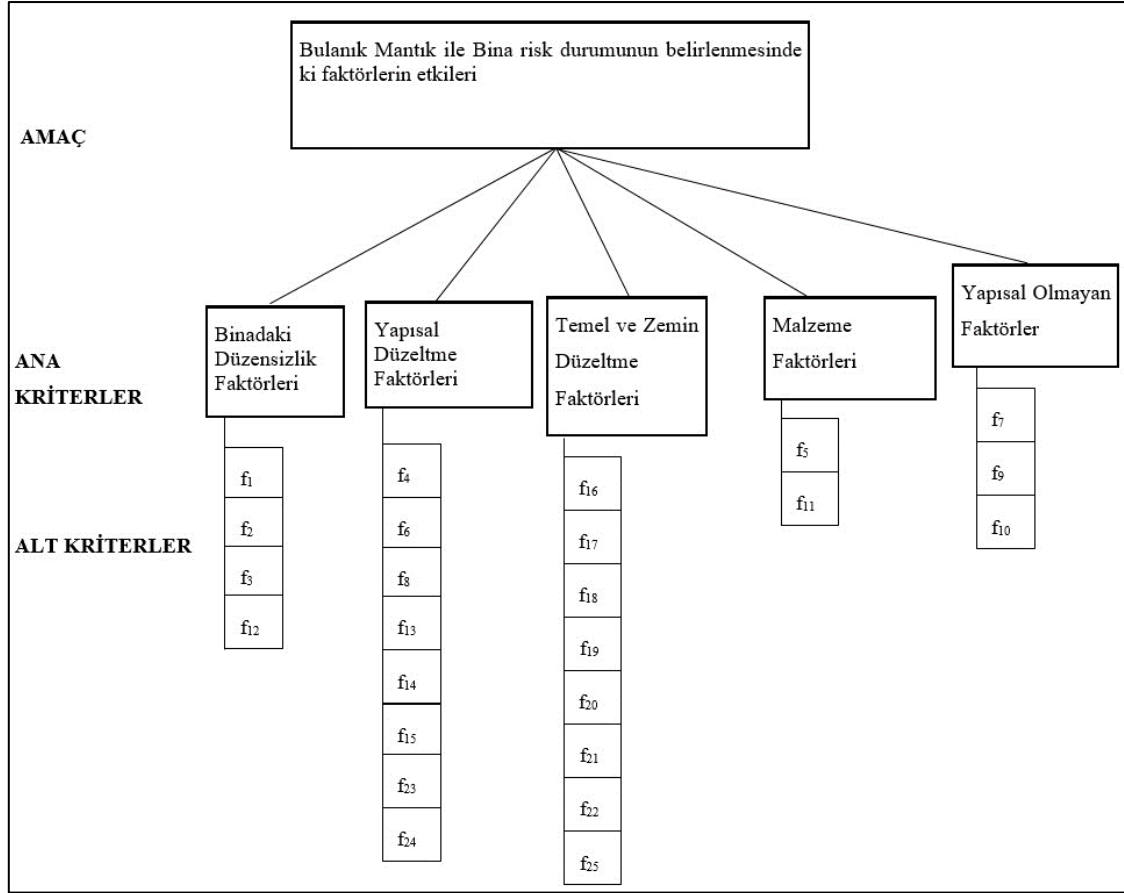
- K1 Binada ki Düzensizlik Faktörleri
- K2 Yapısal Düzeltme Faktörleri
- K3 Temel ve Zemin Düzeltme Faktörleri
- K4 Malzeme Faktörü
- K5 Yapısal Olmayan Faktörler

Her bir kriterin sahip olduğu alt kriterler ile toplam 25 kritere göre değerlendirme yapılmıştır. Ana kriterler, alt kriterler ve bu kriterler Çizelge 8.2.’de verilmiştir.

Çizelge 8.2. Ana ve Alt Kriterler ve Gösterim Şekilleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Gösterimi
K1 Binadaki Düzensizlik Faktörleri	Burulma Düzensizliği	f_1
	Döşeme Süreksizliği	f_2
	Taşıyıcı Süreksizlik	f_3
	Yumuşak/Zayıf Kat	f_{12}
K2 Yapısal Düzeltme Faktörleri	Kütle Düzensizliği	f_4
	Kısa Kolon	f_6
	Asma Kat Faktörü	f_8
	Zayıf Kolon	f_{13}
	Enine Donatı Sıklığı	f_{14}
	Yapı Önem Derecesi	f_{15}
	Temel Tipi	f_{23}
	Temel Derinliği	f_{24}
K3 Temel ve Zemin Düzeltme Faktörleri	Deprem Bölgesi	f_{16}
	Zemin Tipi	f_{17}
	Zemin Oturması	f_{18}
	Zemin Sıvılaşması	f_{19}
	Heyelan	f_{20}
	Zemin Büyütmesi	f_{21}
	Topografik Etki	f_{22}
	Yer Altı Su Seviyesi	f_{25}
K4 Malzeme Faktörleri	Korozyon	f_5
	Beton Kalitesi	f_{11}
K5 Yapısal Olmayan Faktörler	Ağır Cephe Elemanları	f_7
	Çarpışma Olasılığı	f_9
	Seviye Farkı/ Kısmi Bodrum	f_{10}

P-25 metodunda yer alan 25 faktörün 5 ana faktör ve bu ana faktörlerin alt faktörleri bir bütün olarak aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8.1).



Şekil 8.1. P-25 Metodunda Yer Alan ve Bulanık Mantıkta Analizinde Kullanılan 5 Ana Faktör ve Alt Faktörler

Çalışmanın amacına bağlı olarak belirlenen kriterlerin hiyerarşik yapısı şekil 8.1.’de gösterilmektedir. Amaca yönelik saptanan beş ana kritere bağlı toplam 25 alt kriter bulunmaktadır. Bunlardan dört tanesi “Binada ki düzensizlik faktörleri”, sekiz tanesi “Yapısal düzeltme faktörleri”, sekiz tanesi “Temel ve zemin düzeltme faktörü”, iki tanesi “Malzeme faktörleri” ve üç tanesi de “Yapısal olmayan faktörler” ana kriterlerine aittir.

Çalışmanın ilk bölümünde P25 Metodu için bina risk sonuçları ile BAHF için bina risk sonuçları değerlendirilmiştir. Belirtilen bilgiler sonucunda elde edilen veriler incelenen 12 binanın her biri için Çizelge 8.3.’de iki parça halinde verilmiştir.

Çizelge 8.3. Elde Edilen Verilerin Tamamı

		K1		K2		K3		K4			K5	
	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇	f ₈	f ₉	f ₁₀	f ₁₁	f ₁₂
1	1,76 4	1,80 0	1,80 0	1,80 0	1,72 8	1,80 0	1,80 0	1,80 0	1,62 0	1,80 0	1,44 0	1,62 8
4	0,85 1	0,85 1	0,85 1	0,85 1	0,81 7	0,85 1	0,85 1	0,85 1	0,68 1	0,85 1	0,68 1	0,76 9
5	1,25 7	1,25 7	1,25 7	1,25 7	1,20 7	1,25 7	1,25 7	1,25 7	1,13 1	1,25 7	1,00 6	1,25 7
15	1,19 3	1,21 7	1,21 7	1,21 7	1,16 8	1,21 7	1,21 7	1,21 7	1,21 7	1,21 7	0,97 4	1,14 5
16	0,57 4	0,58 6	0,58 6	0,58 6	0,56 3	0,58 6	0,58 6	0,58 6	0,58 6	0,58 6	0,46 9	0,55 2
17	1,01 7	1,03 8	1,03 8	1,03 8	0,99 6	1,03 8	1,03 8	1,03 8	0,93 4	1,03 8	0,83 0	1,03 8
26	1,50 3	1,53 3	1,53 3	1,53 3	1,47 2	1,53 3	1,53 3	1,53 3	1,38 0	1,53 3	1,22 7	1,32 0
29	0,50 9	0,52 0	0,52 0	0,52 0	0,49 9	0,52 0	0,52 0	0,52 0	0,41 6	0,52 0	0,41 6	0,52 0
38	1,22 7	1,25 2	1,25 2	1,25 2	1,20 2	1,25 2	1,25 2	1,25 2	1,25 2	1,25 2	1,00 2	1,25 2
62	0,78 0	0,79 6	0,79 6	0,79 6	0,76 4	0,79 6	0,79 6	0,79 6	0,79 6	0,79 6	0,63 6	0,68 5
88	0,38 5	0,40 1	0,40 1	0,40 1	0,38 5	0,40 1	0,40 1	0,40 1	0,36 1	0,40 1	0,32 1	0,28 9
94	0,35 1	0,35 1	0,35 1	0,35 1	0,33 6	0,35 1	0,35 1	0,35 1	0,31 5	0,35 1	0,28 0	0,35 1
Toplam	11,4 1	11,6 0	11,6 0	11,6 0	11,1 4	11,6 0	11,6 0	11,6 0	10,6 9	11,6 0	9,28	10,8 0
Ağırlık Oranlar ı %	4,16	4,23	4,23	4,23	4,06	4,23	4,23	4,23	3,90	4,23	3,38	3,94

Çizelge 8.3 (devam). Elde Edilen Verilerin Tamamı

f ₁₃	f ₁₄	f ₁₅	f ₁₆	f ₁₇	f ₁₈	f ₁₉	f ₂₀	f ₂₁	f ₂₂	f ₂₃	f ₂₄	f ₂₅	Performans Puanları
1,800	1,800	1,800	0,720	1,656	1,728	1,764	1,800	1,620	1,800	1,800	1,728	1,764	42,568
0,851	0,851	0,851	0,340	0,783	0,817	0,834	0,851	0,766	0,851	0,800	0,817	0,834	19,995
1,172	1,257	1,257	0,503	1,157	1,207	1,232	1,257	1,131	1,257	1,182	1,207	1,232	29,709
1,022	1,217	1,217	0,487	1,120	1,168	1,193	1,217	1,095	1,217	1,217	1,193	1,193	28,77
0,586	0,586	0,586	0,234	0,539	0,563	0,574	0,586	0,528	0,586	0,586	0,574	0,574	13,952
1,029	1,038	1,038	0,415	0,955	0,996	1,017	1,038	0,934	1,038	0,975	0,996	1,017	24,562
1,533	1,533	1,533	0,613	1,411	1,472	1,503	1,533	1,380	1,533	1,533	1,503	1,503	36,218
0,395	0,520	0,520	0,208	0,478	0,499	0,499	0,520	0,468	0,520	0,489	0,499	0,509	12,124
1,252	1,252	1,252	0,501	1,152	1,202	1,202	1,252	1,127	1,252	1,252	1,227	1,227	29,847
0,796	0,796	0,796	0,318	0,732	0,764	0,764	0,796	0,716	0,796	0,796	0,780	0,780	18,856
0,401	0,401	0,401	0,160	0,369	0,385	0,393	0,401	0,361	0,401	0,377	0,385	0,393	9,38
0,266	0,351	0,351	0,140	0,322	0,336	0,343	0,351	0,315	0,351	0,351	0,343	0,343	8,251
11,100	11,600	11,600	4,64	10,67	11,14	11,32	11,60	10,44	11,60	11,36	11,25	11,37	274,232
4,05	4,23	4,23	1,69	3,89	4,06	4,13	4,23	3,81	4,23	4,14	4,10	4,15	100

Çizelge 8.4. Yapısal Düzeltme Faktörleri İçin Elde Edilen Veriler

Yapı Sıra Sayısı	f ₁	f ₂	f ₃	f ₁₂	“K” Değerinin Hesaplandığı Parametreler				
					C _(A)	C _(n)	H	t _(o)	K
	Burulma Düzensizli ği	Döşeme Süreksizli ği	Taşıyıcı Düşey Eleman Süreksizli k	Yumuşak/ Zayıf Kat	Kesme Alan İndeksi	Eğilme Rijitlik İndeksi	Yapı Yüksekli ği (m)	Yükseklik Parametre si (t _o)	P çarpım katsayı sı değeri
1	0,98	1	1	0,904	33280,90	45609,06	6,90	332,67	237,14
4	1	1	1	0,904	7117,14	46032,46	9,50	406,83	130,65
5	1	1	1	1	5972,56	45039,68	6,00	304,80	167,36
15	0,98	1	1	0,941	27459,35	24321,90	6,50	320,43	161,60
16	0,98	1	1	0,941	1723,64	19369,77	6,50	320,43	65,83
17	0,98	1	1	1	16896,27	23536,19	6,00	304,80	132,65
26	0,98	1	1	0,861	17727,37	51307,58	6,90	332,67	207,52
29	0,98	1	1	1	123782,69	24476,82	13,00	491,70	98,15
38	0,98	1	1	1	125372,15	29663,22	9,50	406,83	135,28
62	0,98	1	1	0,861	18568,91	21812,26	9,50	406,83	99,26
88	0,96	1	1	0,721	15935,59	18260,64	12,50	406,83	71,15
94	1	1	1	1	17318,72	7908,73	12,50	406,83	52,49

Çizelge 8.4 (devam). Yapısal Düzeltme Faktörleri İçin Elde Edilen Veriler

Performans Puanı	Sonuç ve Değerlendirme			Bulanık Proses İçin Bina Risk Sonuçlar		
	$P \geq 40$	$40 > P > 15$	$15 \geq P$	$P \geq 40$	$40 > P > 15$	$15 \geq P$
42,568	Düşük Risk				Şüpheli Risk	
19,995		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
29,709		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
28,770		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
13,952			Yüksek Risk			Yüksek Risk
24,562		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
36,218		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
12,124			Yüksek Risk			Yüksek Risk
29,847		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
18,856		Şüpheli Risk			Şüpheli Risk	
9,380			Yüksek Risk			Yüksek Risk
8,251			Yüksek Risk			Yüksek Risk

Anketin ikinci bölümünde kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Bu bölümde elde edilen verilere göre, beşinci bölümde verilen Çizelge 8.1.'de gösterilen dilsel değişkenler ile alınıp, yine bu çizelgede yer alan bulanık ölçek değerlerine dönüştürülmüştür. Ana kriterlerin kendi aralarında, her ana kritere bağlı alt kriterlerin ise yine kendi aralarında karşılaştırması yapılmıştır. Ana kriterlerin hesaplanması bulanık sayılara dönüştürüldükten sonra geometrik ortalamaları alınarak “Ana Kriterler Bulanık Karar Matrisi” oluşturulmuştur ve bu matris Çizelge 8.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 8.5. Ana Kriterler Bulanık Karar Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,22	0,25	0,28	0,28	0,33	0,66	0,66	1,00	2,00	0,40	0,50	0,66
K2	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00	66,00	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K3	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K4	2,50	3,00	3,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,66
K5	0,50	1,00	1,50	2,50	3,00	3,50	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.5.'te verilen karar matrisine BAHF çözüm basamakları sırayla uygulanmıştır. Uygulanan adımlar sırasıyla verilmiştir. İlk adımda bulanık karar matrisinde yer alan her bir ana kritere ait *l*, *m*, *u* değerleri toplanarak formül (2), (3) ve (4)'te verilen işlemlere göre bulanık toplama hesaplaması yapılmış ve her bir ana kriter için bulanık sentetik mertebe değeri (S matrisi) bulunmuştur. Aşağıda Çizelge 8.6.'da bu hesaplamalar gösterilmiştir.

Çizelge 8.6. Ana Kriterler Bulanık Sentetik Mertebe Değerleri

	TOPLAM			S MATRİSİ		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	2,907	3,726	5,838	0,0805	0,1420	0,2732
K2	3,995	5,122	8,315	0,1106	0,1952	0,3891
K3	3,824	5,122	8,022	0,1058	0,1952	0,3754
K4	10,644	12,272	13,955	0,2946	0,4676	0,6530
K5	7,691	9,899	12,049	0,2129	0,3772	0,5638
TOPLAM	21,370	26,242	36,130			
TERSİ	0,028	0,038	0,047			

Ana kriterlere ait bulanık mertebe değeri, Çizelge 8.7.'de gösterilen toplam *l*, *m*, *u* bulanık sayıları ile bu sayıların sütun toplamalarının tersleri çarpılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar S matrisi olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 8.7. Birinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
1	6,99	14,33	12,85	3,17	5,22	42,57

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0,6	1,0	2,0	0,4	0,5	0,6
1	0	0	0	2	5	8	8	3	6	6	0	0	0	0	6
K2	1,5	2,0	2,5	1,0	1,0	1,0	66,	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K3	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K4	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
K5	0,5	1,0	1,5	2,5	3,0	3,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 8.8. İkinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
2	3,32	6,72	6,07	1,50	2,38	20,00

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
1	0	0	0	0	0	6	0	0	6	6	0	0	6	0	0
K2	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K3	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K4	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
K5	0,5	1,0	1,5	3,5	4,0	4,5	2,5	3,0	3,5	1,5	2,0	2,5	1,0	1,0	1,0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 8.9. Üçüncü Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
3	5,03	9,85	8,98	2,21	3,65	29,71

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,60	0,40	0,50	0,60	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00
K2	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00
K3	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00
K4	2,50	3,00	3,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,60
K5	0,50	1,00	1,50	3,50	4,00	4,50	2,50	3,00	3,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.10. Dördüncü Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
4	4,77	9,52	8,69	2,14	3,65	28,77

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,66	0,28	0,33	0,40	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K2	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K3	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	66,00	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K4	1,50	2,00	2,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,66
K5	0,50	1,00	1,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.11. Beşinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
5	2,30	4,68	4,19	1,03	1,76	13,95

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,28	0,33	0,40	0,28	0,33	0,40	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K2	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K3	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K4	3,50	4,00	4,50	1,50	2,00	2,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00
K5	0,50	1,00	1,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	0,66	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.12. Altıncı Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
6	4,13	8,19	7,41	1,83	3,01	24,56

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,22	0,25	0,28	0,28	0,33	0,40	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K2	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K3	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K4	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,22	0,25	0,28
K5	0,50	1,00	1,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.13. Yedinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
7	5,89	12,24	10,95	2,70	4,45	36,22

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,0	1,0	1,0	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
1	0	0	0	8	3	0	8	3	0	6	0	0	6	0	0
K2	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
K3	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K4	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	1,0	1,0	1,0	0,2	0,3	0,4
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0
K5	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 8.14. Sekizinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
8	2,07	3,98	3,70	0,92	1,46	12,12

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
1	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	0	0	6	0	0
K2	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
K3	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K4	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
K5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	3,5	4,0	4,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 8.15. Dokuzuncu Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
9	4,98	9,99	8,91	2,20	3,76	29,85

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,0	1,0	1,0	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
1	0	0	0	8	3	0	8	3	0	6	0	0	6	0	0
K2	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
K3	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K4	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
K5	0,5	1,0	1,5	3,5	4,0	4,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 8.16. Onuncu Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
10	3,06	6,35	5,66	1,40	2,39	18,86

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,0	1,0	1,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
1	0	0	0	8	3	0	0	0	6	6	0	0	6	0	0
K2	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
K3	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0	2,0	0,6	1,0	2,0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0
K4	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	1,0	1,0	1,0	0,4	0,5	0,6
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
K5	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 8.17. On birinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
11	1,48	3,17	2,86	0,71	1,16	9,38

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,22	0,25	0,28	0,28	0,33	0,40	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00
K2	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00
K3	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	2,00	0,60	1,00	2,00
K4	2,50	3,00	3,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,60
K5	0,50	1,00	1,50	3,50	4,00	4,50	2,50	3,00	3,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.18. On ikinci Bina için Ana Kriterler P 25 Risk Puanları

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	Puanı
12	1,40	2,71	2,50	0,62	1,02	8,25

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,66	0,40	0,50	0,66	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K2	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K3	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K4	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,66
K5	2,50	3,00	3,50	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge 8.19. Geometrik Ortalama

	K1			K2			K3			K4			K5		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	1,00	1,00	1,00	0,28	0,37	0,45	0,34	0,42	0,56	0,66	1,00	2,00	0,63	0,94	1,82
K2	0,60	1,12	1,63	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,68	0,66	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K3	0,60	1,12	1,63	0,59	1,00	1,39	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	2,00	0,66	1,00	2,00
K4	2,50	3,01	3,52	3,26	3,78	4,28	3,50	4,00	4,50	1,00	1,00	1,00	0,39	0,48	0,65
K5	0,69	1,23	1,75	2,89	3,48	4,02	2,55	3,13	3,67	0,56	1,06	1,60	1,00	1,00	1,00

Son aşama olarak da her bir ana kriter için bulunan minimum değer, minimumlar toplamına bölünerek kriterlerin önem dereceleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlara göre ana kriterlerin önemlilik dereceleri Çizelge 8.20.'de oransal olarak gösterilmiştir.

Çizelge 8.20. Ana Kriterler Önem Dereceleri

Binalar	K1	K2	K3	K4	K5	P 25 Risk Puanları	Bulanık Metot Risk Puanları
1	6,99	14,33	12,85	3,17	5,22	42,57	39,23
4	3,32	6,72	6,07	1,50	2,38	20,00	18,43
5	5,03	9,85	8,98	2,21	3,65	29,71	27,44
15	4,77	9,52	8,69	2,14	3,65	28,77	26,50
16	2,30	4,68	4,19	1,03	1,76	13,95	12,87
17	4,13	8,19	7,41	1,83	3,01	24,56	22,68
26	5,89	12,24	10,95	2,70	4,45	36,22	33,34
29	2,07	3,98	3,70	0,92	1,46	12,12	11,19
38	4,98	9,99	8,91	2,20	3,76	29,85	27,58
62	3,06	6,35	5,66	1,40	2,39	18,86	17,36
88	1,48	3,17	2,86	0,71	1,16	9,38	8,60
94	1,40	2,71	2,50	0,62	1,02	8,25	7,61
Toplam	45,42	91,72	82,78	20,42	33,89	274,23	252,83
P25 için ağırlık oranı	16,56	33,45	30,19	7,45	12,36	100,00	
Bulanık İçin ağırlık oranı	29,22	34,57	15,82	10,87	9,52		100,00

Önem Sırası	Kriterler	Ağırlık Oranı
1	K2	0,3457
2	K1	0,2922
3	K3	0,1582
4	K4	0,1087
5	K5	0,0951

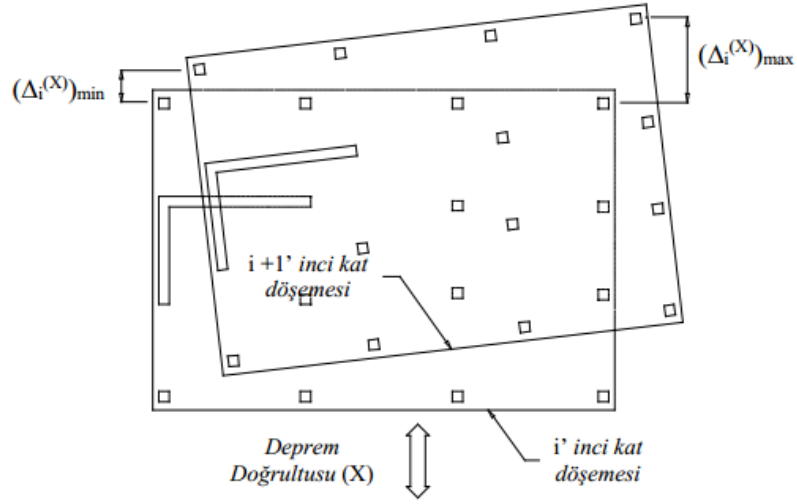
8.1. BULANIK MANTIK UYGULAMASI

Bu bölümde, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemine paralel olarak 2018 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanmış olan binalarda ki düzensizlikler başlığı altında yer alan “A. Planda Düzensizlikler” alt başlığında tanımlanmış olan Burulma Düzensizliği, Döşeme Süreksizliği ve Planda Çıkıntılar düzensizlik parametreleri ve sınır değerleri dikkate alınarak Binaların risk durumları Mamdani tipi Bulanık Mantık modeli ile belirlenmiştir.

Burulma düzensizliği binanın Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında ki farkın yönetmelikte tanımlanan sınır değerin aşılması ve binaya etki eden deprem yükünün binanın kütle merkezinden etki ederek binayı Rijitlik merkezi etrafında momente maruz bırakarak binanın dönmesi ve burulma gerçekleşmesi olarak ifade edilebilir. Döşeme süreksizliği ise özellikle bina döşemesinde görülen ani boşluklar ve döşemenin devam etmemesi olarak ifade edilebilir. Boşluk alanlarının toplamı bina alanının 1/3 ünden fazla olması durumu olarak ifade edilmiştir. Planda çıkıntı olması durumu ise binanın dikkate alınan cephesinde ki çıkıntının aynı cephenin toplam uzunluğunun %20 sinden fazla olması olarak tanımlanmaktadır. Planda ki düzensizlikler 2018 Deprem yönetmeliğinde aşağıda ki şekilde tanımlanmıştır.

Çizelge 8.21. Düzensiz Binalar

A-PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1–Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 8.2). $[\eta_{bi} = (\Delta_i(X))_{\max} / (\Delta_i(X))_{\text{ort}} > 1.2]$. Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7 'ye göre yapılacaktır.	3.6.2.1
A2–Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 8.3); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi Rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	3.6.2.2
A3-Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 8.4).	3.6.2.2



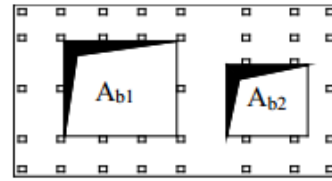
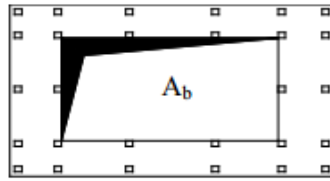
Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 1/2 [(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı: $\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$

Burulma düzensizliği durumu: $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 8.2. Burulma Düzensizliği



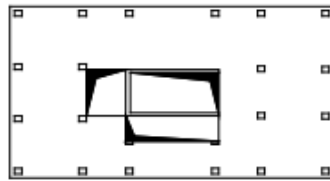
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

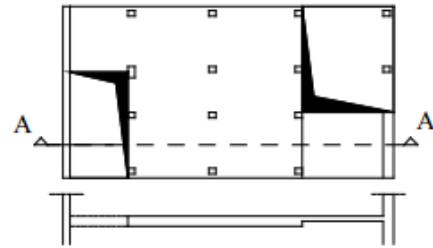
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



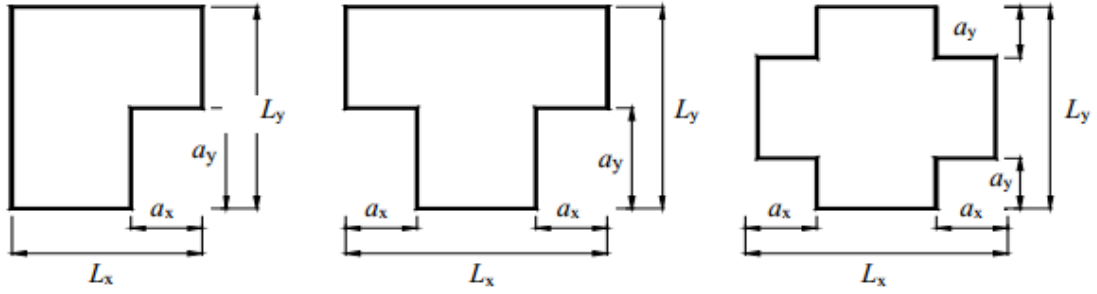
A2 türü düzensizlik durumu – II



Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 8.3. Döşeme Süreksizliği



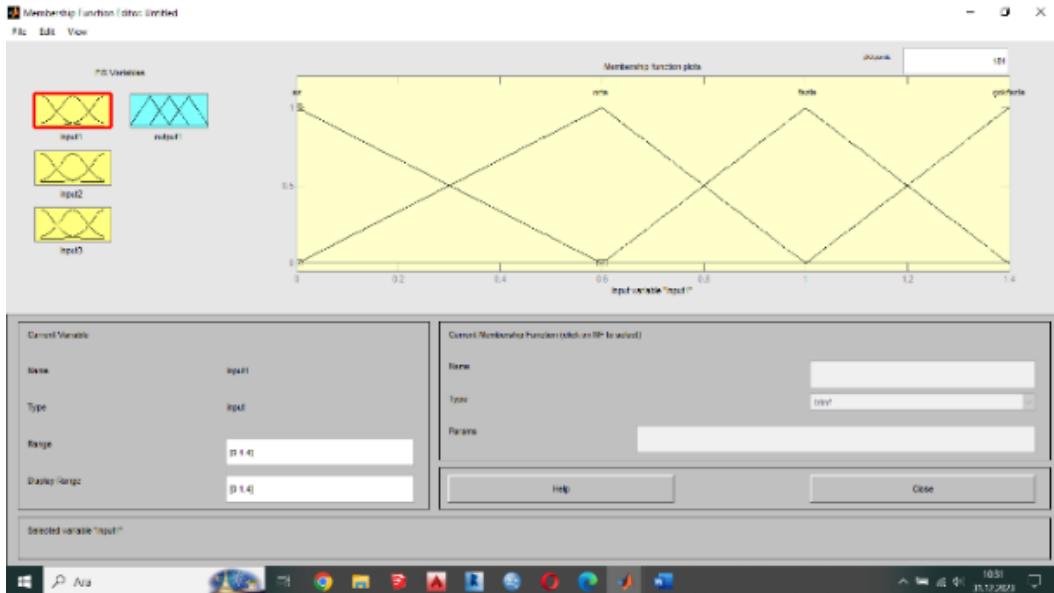
A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 8.4. Planda Çıkıntılar Bulunması

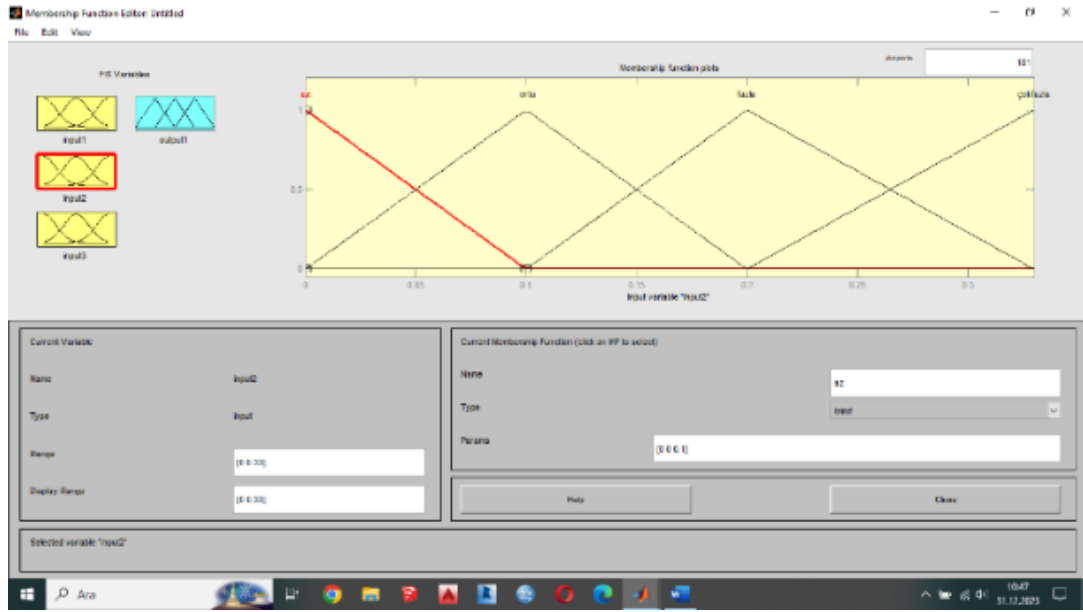
Binaların planlarında ki düzensizliklere bağlı olarak Bina Risk durumunun belirlenmesi amacı ile Mamdani Bulanık Mantık Yaklaşımında 3 tane girdi olarak kullanılan Burulma Düzensizliği 0 ile 1,4 arasında, Döşeme süreksizliği 0 ile 0,33 arasında ve Planda çıkıntılar ise 0 ile 0,2 arasında alınmıştır. Mamdani modelin çıktısı olan Bina Risk Durumu ise 0 ile 1,93 arasında alınmıştır. Modelde kullanılan 3 girdi ve 1 çıktı için sayısal değerlere karşılık gelen sözel ifadeler ise “az”, “orta”, “fazla” ve “çok fazla” olarak tanımlanmıştır.

8.2.1. Girdilerin ve Çıktının Üyelik Fonksiyonları

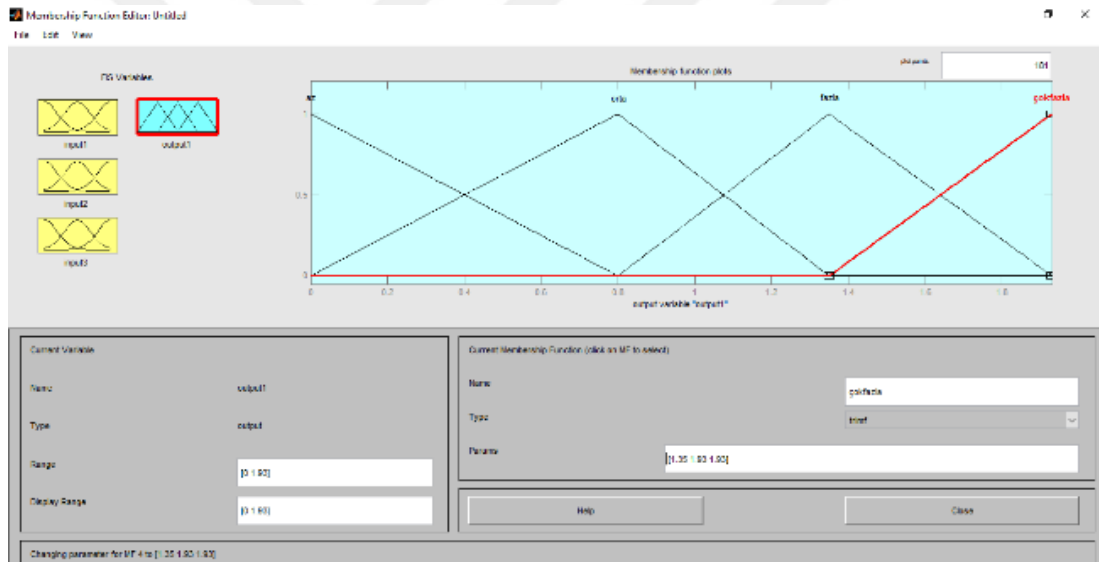
Modelin girdileri olan Burulma Düzensizliği 0 ile 1,4 arasında, Döşeme süreksizliği 0 ile 0,33 arasında ve Planda çıkıntılar ise 0 ile 0,2 arasında alınmış olup bu girdilerin üçgen üyelik fonksiyonları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8.5, Şekil 8.6, Şekil 8.7 ve Şekil 8.8).



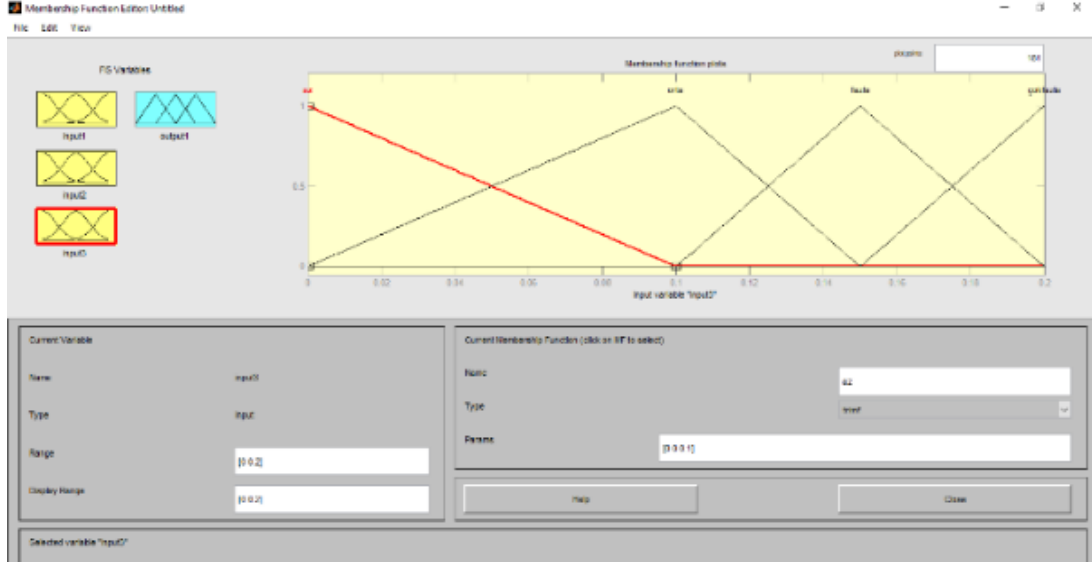
Şekil 8.5. Girdi “Burulma Düzensizliği”



Şekil 8.6. Girdi “Döşeme Süreksizliği”



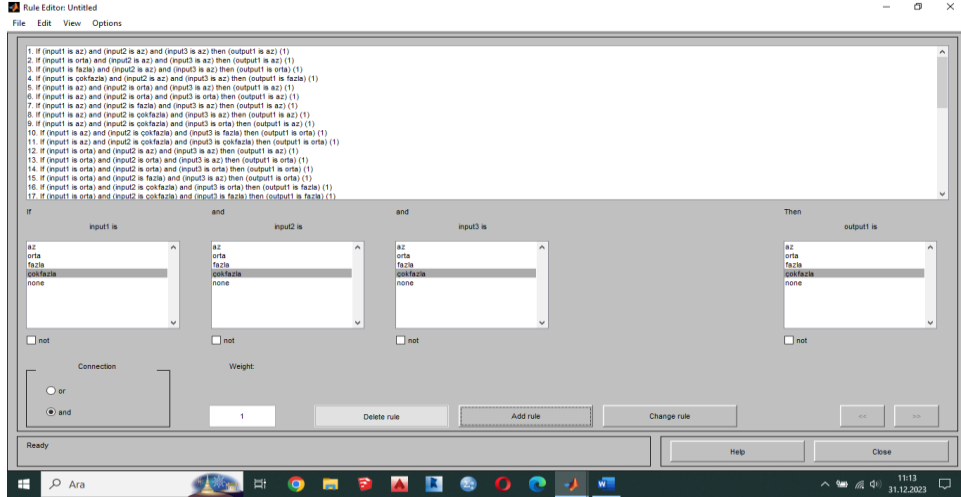
Şekil 8.7. Girdi “Planda Çıktılar”



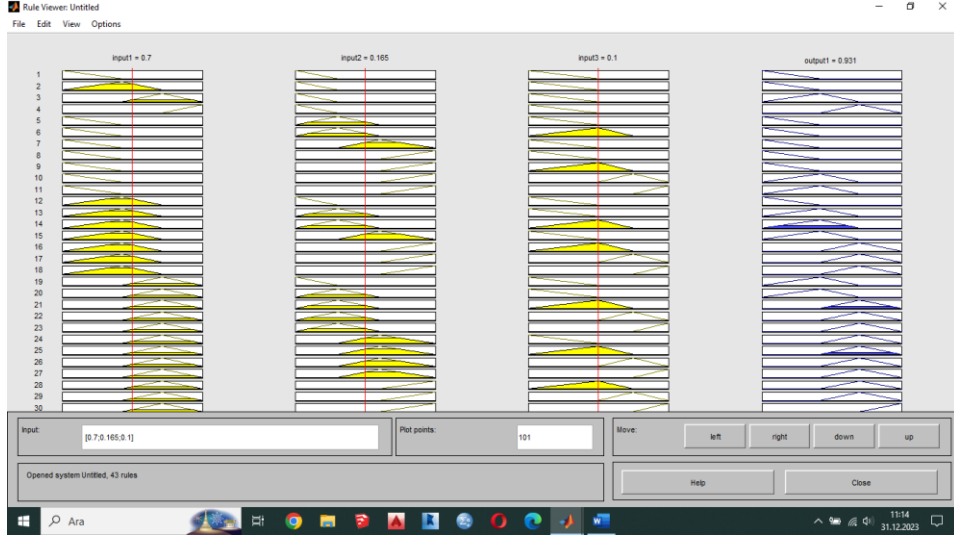
Şekil 8.8. Çıktı “Bina Risk Durumu”

8.2.3. Mamdani Modelin Kuralları ve Kural Görselleri

Mamdani model içinde yazılan kurallar ve bu kuralların görselleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8.9 ve Şekil 8.10).



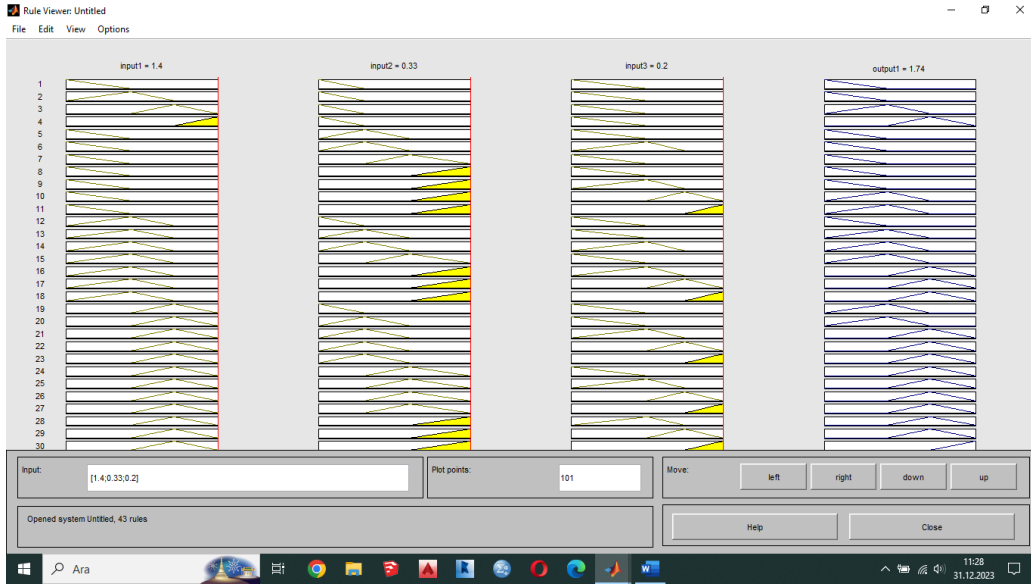
Şekil 8.9. Yazılan Kurallar



Şekil 8.10. Kuralların Görseli

8.2.4. Model Sonuçları

Mamdani bulanık yaklaşım metoduyla oluşturulan kurallara göre yapının burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği ve planda çıkıntılar için tanımlanmış sayısal değerlerle model çalıştırılmış ve binanın risk durumunu gösteren sayısal değerler ile bu sayısal değerlerin sözel karşılıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bir tanesinin modeldeki girdi ve çıktısına ait ara yüz görüntüsü aşağıda verilmiştir (Şekil 8.11).



Şekil 8.11. Modelin Uygulanması ile İlgili Ara Yüzey Görüntüsü

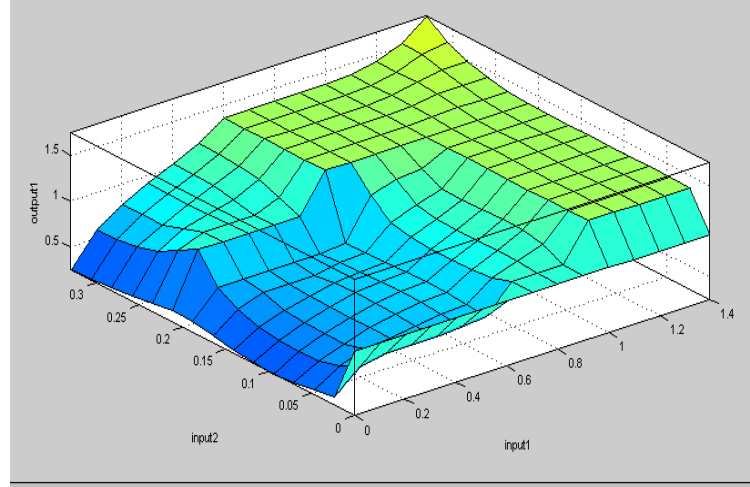
Oluşturulan model ve 43 tane kural tabanına bağlı olarak Burulma, Döşeme Süreksizliği ve Planda Çıkıntıların aşağıda ki tablo da verilen değerler olması durumunda bu bina için Bina

Risk durumu doğru olarak elde edilmiştir (Çizelge 8.22.).

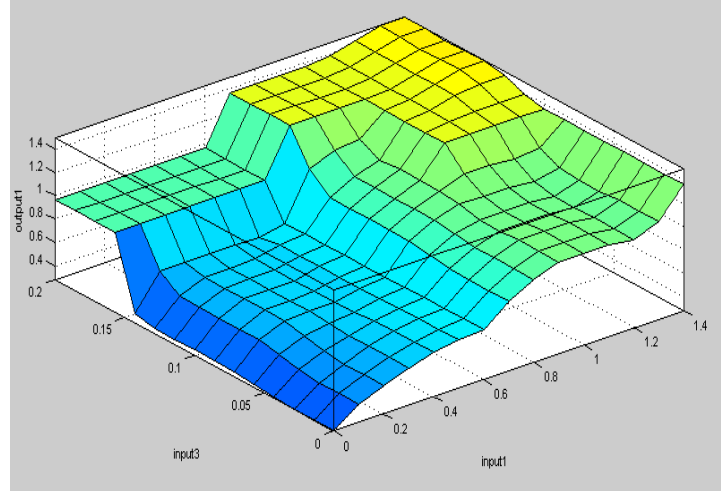
Çizelge 8.22. Düzensiz Sayısal Değerlerine Göre Bina Risk Durumu

Düzensizlikler	Sayısal Değerler				
Burulma	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
Döşeme Süreksizliği	0,10	0,15	0,2	0,25	0,33
Planda Çıkıntı	0,1	0,14	0,16	0,18	0,2
Risk Durumu Sayısal	0,871	1,12	1,36	1,44	1,74
Risk Durumu Sözel Sonuç	Az	Orta	Orta	Fazla	Çok Fazla

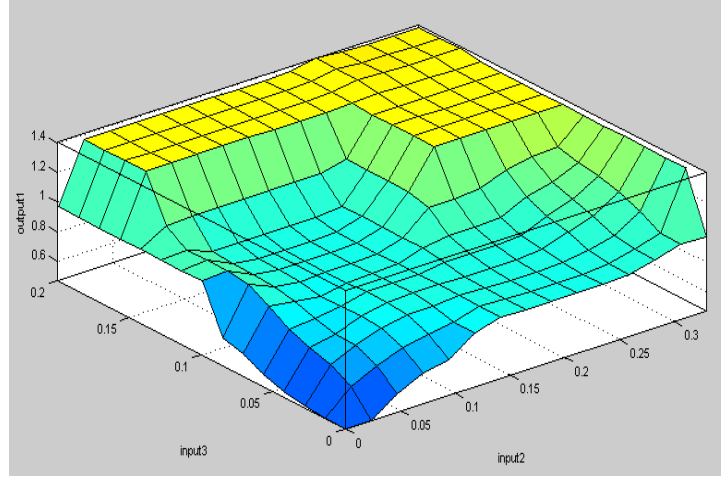
Binanın Risk durumu; girdi1 (Burulma) ve girdi2'ye (Döşeme Süreksizliği) bağlı olarak, girdi1 (Burulma) ve girdi3'e (Planda Çıkıntılar) bağlı olarak, girdi2 (Döşeme Süreksizliği) ve girdi3'e (Planda Çıkıntılar) bağlı olarak üç boyutlu grafik olarak aşağıda ayrı ayrı gösterilmiştir (Şekil 8.12. Şekil 8.13 Şekil 8.14).



Şekil 8.12. İntput 1. Burulma ve İntput 2 Döşeme Süreksizliğinin Bina Risk Durumuna Etkisi



Şekil 8.13. İntut 1. Burulma ve İntut 3 Planda Çıkıntılarının Bina Risk Durumuna Etkisi



Şekil 8.14. İntut 2. Döşeme Süreksizliği ve İntut 3 Planda Çıkıntılarının Bina Risk Durumuna Etkisi

SONUÇ

Ülkemiz coğrafyasının %90'ından fazlası deprem etkisi altında bulunmaktadır. 17 Ağustos 1999 depremleri ve 6 Şubat 2022 Depremleri yakın zamanda yaşadığımız ve tanık olduğumuz depremler olup sonuçları Ülkemiz için çok ağır olmuştur. Özellikle 6 Şubat 2022 Kahramanmaraş depremlerinde 11 ilimiz büyük zarar görmüş binlerce insanımız ölmüş, sakat kalmış ve yaralanmıştır. Depremler sonucunda binlerce bina yıkılmış, ağır hasar almış ve hasarlı duruma düşmüştür. Özellikle daha önce yapılmış yani “mevcut binaların” yeni deprem yönetmeliğinin şartlarını sağlamaması nedeni ile can ve mal güvenliği açısından risk durumları her geçen gün artarak devam etmektedir. Mevcut binaların “Deprem Risk” durumlarının belirlenmesi amacı ile birçok teknik ve yaklaşım uygulanmaktadır. Bunların bir kısmı yüzeysel bir tarama ile risk durumunun tespit edilmesini sağlamaya çalışırken bir kısmı ise daha detaylı bir inceleme ile risk durumunu belirlemeye çalışmaktadır. Binaların deprem risk durumları çok fazla parametreye ve karmaşık ilişkilere bağlı olması nedeni ile zor ve zaman alıcı olabilmektedir.

Bu çalışmada, çok faktörlü sistemler için karar verme tekniklerinden birisi olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi ile Sakarya ili Akyazı ilçe merkezinde bulunan ve Deprem Risk durumları P-25 Metodu ile belirlenmiş olan 12 binanın Deprem Risk durumları belirlenmiştir. Bu kapsamda P-25 metodunda yer alan 25 faktör BAHP yönteminde 5 ana faktör altında toplanmış ve bu 5 ana faktörün Binaların Deprem Risk durumlarına etkileri ağırlık oranları açısından belirlenmiştir. Buna göre 5 ana faktör olarak ifade edilen faktörlerden K1; Binada ki Düzensizlik Faktörünün Bina risk durumunda ki ağırlık oranının %29,22 olduğu, K2; Yapısal Faktörünün Bina risk durumunda ki ağırlık oranının %34,57 olduğu, K3; Zemin ve Arazi Faktörünün Bina risk durumunda ki ağırlık oranının %15,82 olduğu, K4; Malzeme Faktörünün Bina risk durumunda ki ağırlık oranının %10,87 olduğu ve K5; Yapısal Olmayan Faktörünün Bina risk durumunda ki ağırlık oranının %9,51 olduğu belirlenmiştir.

P-25 metodu ile binalardan 1 tanesinin Düşük riskli, 7 tanesinin Şüpheli riskli ve 4 tanesinin Yüksek Riskli olduğu tespit edilmiştir.

Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi ile 12 binadan 8 tanesi Şüpheli Riskli olarak, 4 tanesinin ise Yüksek Riskli olduğu tespit edilmiştir.

2018 Deprem yönetmeliğinde tanımlanmış olan binalarda ki düzensizlikler başlığı altında yer alan “A. Planda Düzensizlikler” alt başlığında tanımlanmış olan Burulma Düzensizliği, Döşeme Süreksizliği ve Planda Çıkıntılar düzensizlik parametreleri ve sınır değerleri dikkate alınarak Binaların risk durumları Mamdani tipi Bulanık Mantık modeli ile belirlenmiştir. Binalarda 2018 Deprem yönetmeliğine göre Planda düzensizlik olarak ifade edilen Burulma Düzensizliği, Döşeme Süreksizliği ve Planda Çıkıntılar bulunması düzensizliklerinin Bina Risk durumuna etkilerinin bulanık mantık ile incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar Bulanık Mantık ile Bina Risk durumunun belirlenebileceğini göstermiştir. Model sonucunda yapılan uygulamada sayısal verilerle bina risk durumunun sözel ifadeye dönüştürülerek tanımlanabileceği görülmüştür.

Oluşturulan model ile Burulma Düzensizliği, Döşeme Süreksizliği ve Planda Çıkıntıların bir örnek olarak Çizelge 8.22.’ de verilen değerler olması durumunda bu bina için Bina Risk durumunun doğru olarak tespit edildiği görülmüştür.

Benzer yaklaşımların binaların zemin özellikleri, taşıyıcı sistem özellikleri, malzeme özellikleri, mimari özellikleri, binaların türü, temel özellikleri vb birçok parametreye bağlı olarak ta uygulanabileceği ve doğru sonuçların alınabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-2007), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Akyılmaz, O. (2005). *Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Jeodezide Uygulamaları*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Aldawood, M., Samali, B., Naghdy, F., & Kwok, K. C. (2001). Active Control of A Long Wind Response of Tall Building Using a Fuzzy Controller. *Engineering Structures*, 23(11), 1512-1522.
- Allali, S. A., Abed, M., & Mebarki, A. (2018). Post earthquake assessment of buildings damage using fuzzy logic. *Engineering Structures*, 166, 117-127.
- Alyamaç, K. E., & Erdoğan, A. S. (2005). *Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları*. Deprem Sempozyumu'nda Sunulan Bildiri. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, Mart 2018.
- Bilkay, A. (2022). 'TDY 2007 ve TBDY 2018'e Göre Döşeme Sistemleri Farklı Olan Betonarme Yapıların Sismik Davranışlarının Kıyaslanması', Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- Cansız, S. (2022). Türkiye'de kullanılan deprem yönetmeliklerinin özellikleri ve eşdeğer yatay deprem yükü hesabının değişimi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(1), 58-71.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655.
- Chao, C. J., & Cheng, F. P. (1998). Fuzzy pattern recognition model for diagnosing cracks in RC structures. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 12(2), 111-119.
- Çelik, B. (2022). '2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Antalya ilinde Tasarlanmış Olan Gevşek Zemin Sınıfına Sahip Betonarme Yapıların 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Antalya Bilim Üniversitesi, Antalya.
- Doran, B., Yetilmezsoy, K., ve Murtazaoglu, S. (2015). Application of fuzzy logic approach in predicting the lateral confinement coefficient for RC columns wrapped with CFRP. *Engineering Structures*, 88, 74-91.
- Duman, N. (2012). '2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanan Betonarme Yapıların Doğrusal ve Doğrusal olmayan Yöntemlerle Deprem Performansının Belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane.

- Eldemir, O. (2019). 'DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinin mevcut yapıların sismik davranış özellikleri açısından karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Elyasino, M. A. (2018). 'DBYBHY ve TBDY ile uyumlu gerçek ivme kaydı setleri kullanılarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi , Denizli.
- Ersoy, U., & Özcebe, G. (2016). Betonarme. Evrim Yayınevi, 145-147.
- Ferlibaş, M. (2020). 'Betonarme bir yapının statik ve dinamik analiz sonuçlarının TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.
- Hava, Ş. (2019). 'Betonarme bir binanın eşdeğer deprem yükü yöntemi ile TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre analizi', Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.
- İşçi, C. (2008). Deprem nedir ve nasıl korunuruz? *Journal of Yaşar University*, 3(9), 959-983.
- Karakaşoğlu, N. (2018). Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Kartal, A. F. (2021). 'Bina deprem yüklerinin 2007 ve 2018 Türkiye bina deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yozgat.
- Kılınç, A. (2022). 'Türkiye bina deprem yönetmeliğine göre binaların deprem etkisi altında davranışının incelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana.
- Kömür, M. (2004). *Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kubat, C. (2019). *Yapay Zekâ ve Mühendislik Uygulamaları*. Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri, İstanbul.
- Mohanaselvi, S., & Hemapriya, G. (2019). Application of fuzzy logic to earthquake damage predictions. In *AIP Conference Proceedings*, 2112 (1), 020043. AIP Publishing LLC.
- Mokarrami, A. (2009). 'İran deprem yönetmeliğinin Türk deprem yönetmeliği ile karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Nemutlu, Ö. F. (2019). '2007-2018 Türk deprem yönetmeliklerinin ve Amerikan deprem yönetmeliğinin deprem hesapları açısından karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Prieto, A. J., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J., & Alejandre, F. J. (2017). Fuzzy modeling of the functional service life of architectural heritage buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31(5), 04017041.

- Sarı, O. (2020). 'Mevcut konut türü bir binanın DBYBHY-2007 ve TB DY-2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem performansının değerlendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.
- Sezen, H., Elwood, J. K., Whittaker, A. S., Mosalam, K. M., Wallace, J. W., & Stanton, J. F. (2000). Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey. Pacific Earthquake Engineering Research Center, California.
- Sülev, E. (2022). 'Kirişsiz döşemeli yapılarda döşeme kalınlığının deprem davranışına etkisinin deneysel ve nümerik olarak incelenmesi', Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Şanlı, S. (2020). 'Demir-Çelik Sektöründe Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Yangın Kullanılamama Sebeplerinin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi ile Analizi-Karabük İli Örneği', Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Turan, G. A. (2020). '2007 ve 2018 Türkiye deprem yönetmeliklerine göre farklı döşeme sistemlerine sahip betonarme bir yapının deprem davranışlarının karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2000). *TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*. Ankara.
- Ulucan, A. (2004). *Yöneylem Araştırması*. Siyasal Kitabevi, Ankara.
- Usta, P., & Bozdağ, Ö. (2021). Tarihi Başdurak Camii'nin deprem analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 244-250.
- Uygurtürk, H. (2015). Bankaların internet şubelerinin bulanık MOORA yöntemi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(25).
- Uzun, D. (2014). '33 katlı betonarme yüksek bir binanın deprem davranışına farklı döşeme sistemlerinin etkisi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uzunoğlu, M., & Özgan, T. (2012). Prediction of concrete compressive strength in buildings that would be reinforced by fuzzy logic. *International Journal of Physical Sciences*, 7(31), 5193-5201.
- Yanık, A. (2008). 'Mevcut deprem yönetmeliği ile yürürlükten kaldırılan deprem yönetmeliğinin karşılaştırılması ve mevcut bir binanın incelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yaşoğlu, F. G. (2015). 'Taşıyıcı sistemleri farklı olan betonarme yapılarda döşeme türlerinin davranışa etkisi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Yıldız, M. A. (2022). ‘Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yılmaz, M., & Arslan, E. (2005). Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik 78 Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 23-25 Kasım 2005, İstanbul, 512-522.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zengin, B., & Usta, P. (2021). Farklı döşeme tiplerine sahip betonarme binaların sismik davranışı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 171-176.
- Zeybek, K. F. (2022). ‘Deprem etkisi altındaki yüksek binaların 2018 Türk deprem yönetmeliğine göre incelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Lübeyne NURDOĞAN

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	Düzce Üniversitesi	2024
Lisans	Mimarlık	Sabahattin Zaim Üniversitesi	2019
Lise	Sayısal	Yozgat Anadolu Lisesi	2014

YAYINLAR

TEZDEN ÇIKAN YAYIN

Nurdoğan, L. (2024). Bina deprem risk durumlarının bulanık mantık ile belirlenmesi. '3. Uluslararası Malzeme Mühendisliği ve İleri İmalat Teknolojileri Kongresi Bildiriler Kitabı. (ımeamtc'24). 20-21 Ocak: İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları, 327-328.