

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK BİNALARDA RÜZGAR ETKİSİ VE KONFOR ŞARTLARININ
ÇEŞİTLİ YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Samet TOZAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK BİNALARDA RÜZGAR ETKİSİ VE KONFOR ŞARTLARININ
ÇEŞİTLİ YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Samet TOZAN
501101248**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir GÜLER

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101248 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Samet TOZAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YÜKSEK BİNALARDA RÜZGAR ETKİSİ VE KONFOR ŞARTLARININ ÇEŞİTLİ YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kadir GÜLER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Erdal ŞAFAK**

Boğaziçi Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Barış ERKUŞ

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**

Savunma Tarihi : **31 Ocak 2013**

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, yüksek katlı bir binada rüzgar etkisi altında oluşan etkiler ve bu etkilere bağlı olarak konfor koşullarının incelenmesi yer almaktadır.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve değerli zamanını bana ayıran çok kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kadir GÜLER' e teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2012

Samet TOZAN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1.GİRİŞ	1
2.YÜKSEK BİNALAR	3
2.1 Yüksek Bina Çeşitleri.....	4
2.1.1 Betonarme yüksek binalar.....	4
2.1.2 Çelik yüksek binalar.....	4
2.1.3 Kompozit yüksek binalar	4
2.2 Yüksek Binalara Etkiyen Yükler.....	4
2.2.1 Sabit yükler	5
2.2.2 Hareketli yükler.....	5
2.2.3 Deprem yükleri	5
2.2.4 Rüzgar yükleri.....	5
2.2.5 Kar yükleri	5
2.2.6 Buz yükleri.....	7
2.3 Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistemler	7
2.3.1 Çerçeve sistemler	7
2.3.2 Perde sistemler	8
2.3.3 Perde-çerçeve sistemler.....	8
2.3.4 Çekirdekli sistemler	9
2.3.5 Tüp sistemler.....	9
3.YÜKSEK YAPILARDA RÜZGAR ETKİSİ.....	11
3.1 Rüzgar ve Konfor	11
3.2 Rüzgar Tüneli Deneyleri	13
4. İSTANBUL YÜKSEK YAPILAR RÜZGAR YÖNETMELİĞİ	15
4.1 Rüzgar Hızı	15
4.1.1 Ortalama rüzgar hızı.....	15
4.1.1.1 Temel rüzgar hızı	15
4.1.1.2 Yüzey pürüzlülük katsayısı	16
4.1.1.3 C_t topoğrafya katsayısı	16
4.1.1.4 Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi	17
4.1.2 Dinamik rüzgar hızı (rüzgar türbülansı).....	17
4.1.2.1 Türbülans şiddeti.....	18
4.1.2.2 Türbülans uzunluğu.....	18

4.1.2.3 Türbülans güç yoğunluk fonksiyonu.....	18
4.1.3 Maksimum rüzgar hızı	19
5.ÇEŞİTLİ YÖNETMELİKLERE GÖRE RÜZGAR İVMESİ.....	21
5.1 ASCE7-10 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi	21
5.1.1 ASCE7-10 'a göre arazi konum sınıfları	21
5.1.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan ortalama karekök rüzgar ivmesi	21
5.1.3 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	23
5.2 AS/NZS 1170.2-2002 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi.....	23
5.2.1 AS/NZS 1170.2-2002'ye göre arazi sınıfları.....	24
5.2.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	24
5.2.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi....	28
5.3 IS:875 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi	30
5.3.1 IS:875'e göre arazi sınıfları	30
5.3.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	30
5.3.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi....	34
5.4 MS 1153-2002 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi.....	35
5.4.1 MS 1153-2002'ye göre arazi sınıfları.....	35
5.4.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	36
5.4.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi....	40
5.5 EUROCODE 1-04 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi.....	41
5.5.1 EUROCODE 1-04 'e göre arazi sınıfları.....	42
5.5.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan ortalama karekök rüzgar ivmesi	42
5.5.3 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	48
5.6 NBCC 2005 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi	49
5.6.1 NBCC 2005 'e göre konum sınıfı	49
5.6.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	49
5.6.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi....	51
5.7 AIJ Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi	52
5.7.1 AIJ yönetmeliğine göre arazi sınıfları.....	52
5.7.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	52
5.7.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi....	55
5.8 EIT 1018-46 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi	56
5.8.1 EIT 1018-46'e göre arazi konum sınıfları	56
5.8.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi	57
5.8.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi....	59
6.YÜKSEK BİR BİNANIN SAYISAL İNCELEMESİ.....	61
6.1 Binanın Genel Parametreleri	61
6.1.1 Bina bilgileri.....	61
6.1.2 Malzeme bilgileri	61
6.1.3 Düşey yük analizi	62
6.1.4 Kiriş bilgileri	63
6.1.5 Kolon bilgileri	63
6.1.6 Perde bilgileri	63
6.2 Binanın Deprem Analizi ve Düzensizliklerin Kontrolü	65
6.2.1 Bina doğal periyodunun belirlenmesi	65
6.2.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemi	67
6.2.3 Düzensizliklerin kontrolü.....	68
6.2.3.1 A1 düzensizliği.....	68
6.2.3.2 A2 düzensizliği.....	70
6.2.3.3 A3 düzensizliği.....	71

6.2.3.4 B1 düzensizliği.....	71
6.2.3.5 B2 düzensizliği.....	73
6.2.3.6 B3 düzensizliği.....	74
6.2.4 Mod birleştirme yöntemi.....	75
6.3 Görelî Kat Ötelemesinin Kontrolü.....	76
6.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	78
6.5 Binada Rüzgar Etkisiyle Oluşan İvmeler.....	80
6.5.1 Temel rüzgar hızının belirlenmesi.....	81
6.5.2 İstanbul yüksek yapılar rüzgar yönetmeliğine göre sayısal çözümler.....	83
6.5.3 ASCE7-10 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	83
6.5.3.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	83
6.5.4 AS/NZS 1170.2 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	85
6.5.4.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	85
6.5.4.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket.....	89
6.5.5 IS875 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	89
6.5.5.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	89
6.5.5.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket.....	92
6.5.6 MS 1553-2002 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	92
6.5.6.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	92
6.5.6.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket.....	96
6.5.7 EUROCODE 1-04 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	96
6.5.7.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	96
6.5.8 NBCC-2005 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	99
6.5.8.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	99
6.5.8.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket.....	101
6.5.9 AIJ yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	101
6.5.9.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	101
6.5.9.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket.....	103
6.5.10 EIT 1018-46 yönetmeliğine göre sayısal çözüm.....	104
6.5.10.1 Rüzgar doğrultusunda hareket.....	104
6.5.10.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket.....	106
6.6 Binada Rüzgar İvmesinin Konforla İlişkisi.....	107
6.7 Binada Rüzgardan Dolayı Oluşan Yerdeğiştirmeler.....	107
6.8 Binada Rüzgar Basınçları.....	109
7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	115

KISALTMALAR

AIJ	: Architectural Institute of Japan
ASCE	: American Society of Civil Engineers
AS/NZS	: Australian / New Zealand Standard
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
EIT	: Engineering Institute of Thailand
IS	: Indian Standard
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
İYBRY	: İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği
MS	: Malaysia Standard
NBCC	: National Building Code of Canada
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS-498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri [8].	6
Çizelge 3.1 : İnsan algı düzeyleri ve ivme düzeyleri [11].	12
Çizelge 3.2 : Pik ivme değerleri ve konfor limitleri [13].	13
Çizelge 4.1 : Yüzey pürüzlülük uzunlukları ve minimum yükseklikler [14].	16
Çizelge 5.1 : Arazi konum sınıfına göre katsayılar [15].	22
Çizelge 5.2 : Kritik sönm oranı [16].	24
Çizelge 5.3 : Türbülans şiddeti katsayısı [16].	25
Çizelge 5.4 : $M_{z,cat}$ değerleri [16].	26
Çizelge 5.5 : Rüzgarın estiği taraf için dış basınç katsayıları [16].	27
Çizelge 5.6 : Rüzgarın estiği tarafın aksi için dış basınç katsayıları [16].	27
Çizelge 5.7 : Türbülans şiddeti katsayısı [17].	31
Çizelge 5.8 : Sönm oranı [17].	31
Çizelge 5.9 : k_1 değerleri [17].	32
Çizelge 5.10: k_2 değerleri [17].	33
Çizelge 5.11: Türbülans şiddeti katsayısı [18].	36
Çizelge 5.12: Kritik sönm oranı [18].	37
Çizelge 5.13: Önem faktörü [18].	38
Çizelge 5.14: $M_{z,cat}$ değerleri [18].	38
Çizelge 5.15: Rüzgarın estiği taraf için dış basınç katsayıları [18].	39
Çizelge 5.16: Rüzgarın estiği tarafın aksi için dış basınç katsayıları [18].	39
Çizelge 5.17: Arazi sınıfları ve katsayıları [19].	42
Çizelge 5.18: δ_s katsayısının değişimi [19].	45
Çizelge 5.19: ζ katsayısının değişimi [19].	47
Çizelge 5.20: K katsayısının değişimi [20].	51
Çizelge 5.21: Arazi sınıflarının belirlenmesi [21].	52
Çizelge 5.22: Z_b , Z_G , α katsayılarının belirlenmesi [21].	53
Çizelge 5.23: C_{pe1} ve C_{pe2} katsayılarının belirlenmesi [21].	54
Çizelge 5.24: K katsayısının değişimi [22].	58
Çizelge 6.1 : Döşeme sabit yükü.	62
Çizelge 6.2 : Kolon boyutları.	64
Çizelge 6.3 : Perde kalınlıkları.	65
Çizelge 6.4 : İlk 6 periyot ve yönler.	66
Çizelge 6.5 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar [23].	67
Çizelge 6.6 : X-Y doğrultusunda A1 düzensizliğinin kontrolü.	69
Çizelge 6.7 : A2 düzensizliğinin kontrolü.	70
Çizelge 6.8 : İncelenen bina için B1 düzensizliğinin kontrolü.	72
Çizelge 6.9 : X doğrultusunda B2 düzensizliğinin kontrolü.	73
Çizelge 6.10: Y doğrultusunda B2 düzensizliğinin kontrolü.	74
Çizelge 6.11: X doğrultusunda görel kat ötelenmesinin kontrolü.	77
Çizelge 6.12: Y doğrultusunda görel kat ötelenmesinin kontrolü.	78
Çizelge 6.13: X doğrultusunda ikinci mertbe etkilerinin kontrolü.	79
Çizelge 6.14: Y doğrultusunda ikinci mertbe etkilerinin kontrolü.	80

Çizelge 6.15: Yönetmeliklere göre süreler ve dönüş periyotları.	81
Çizelge 6.16: Rüzgarın estiği yön için yapılan hesaplamalar.	87
Çizelge 6.17: Rüzgarın estiği doğrultuya ters doğrultu için yapılan hesaplamalar. ..	88
Çizelge 6.18: İvme hesabında kullanılan toplam değerler.	91
Çizelge 6.19: Rüzgarın estiği yön için yapılan hesaplamalar.	94
Çizelge 6.20: Rüzgarın estiği doğrultuya ters doğrultu için yapılan hesaplamalar. ..	95
Çizelge 6.21: Etkili w, d uzunlukları.	100
Çizelge 6.22: Yönetmeliklere göre hesaplanan hız ve ivmeler.	107
Çizelge 6.23: Yönetmeliklere göre bulunan ivmeler ve konfor sınırları.	108
Çizelge 6.24: Yönetmeliklere göre bulunan yerdeğiştirmeler.	108
Çizelge 6.25: Maksimum görelî kat ötelemesi oranları.	109
Çizelge 6.26: Yönetmeliklere göre oluşan rüzgar basınçları(emme+basınç).	110

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Çerçeve tipi taşıyıcı sistem [1].	7
Şekil 2.2 : Perde tipi taşıyıcı sistem[1].	8
Şekil 2.3 : Perde-Çerçeve tipi taşıyıcı sistem [1].	8
Şekil 4.1 : Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi [14].	17
Şekil 4.2 : Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun normalize edilmiş frekansla değişimi [14].	19
Şekil 5.1 : Rüzgar geliş açısı [16].	27
Şekil 5.2 : Çatı eğim açısı [16].	28
Şekil 5.3 : C_f katsayısının değişimi [17].	33
Şekil 5.4 : Çatı eğim açısı [18].	39
Şekil 5.5 : $C_{f,0}$ katsayısı [19].	42
Şekil 5.6 : ψ_f katsayısı [19].	43
Şekil 5.7 : ψ_λ katsayısı [19].	43
Şekil 5.8 : λ katsayısı [19].	44
Şekil 5.9 : S_L ve f_L değişimi [19].	46
Şekil 5.10: k_p ve vT 'nin değişimi [19].	48
Şekil 5.11: Türbülans faktörünün(B) yükseklikle değişimi [20].	50
Şekil 5.12: Türbülans faktörünün(B) yükseklikle değişimi [22].	58
Şekil 6. 1 : 31.kat kalıp planı	62
Şekil 6. 2 : İlk 6 mod şekli	66
Şekil 6. 3 : İvme spektrumu [23]	75
Şekil 6. 4 : Rüzgar süresi ve hız ilişkisi [15]	81
Şekil 6. 5 : Rüzgar yönü ve bina boyutları	82
Şekil 6. 6 : Rüzgar ve rüzgardan dolayı oluşan hareketler [21].	82
Şekil 6. 7 : Rüzgardan dolayı oluşan kuvvetler.	109

SEMBOL LİSTESİ

a_D	: Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi
A_e	: Etkili kesit alanı
a_w	: Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
B	: Yapının rüzgar yönüne dik uzunluğu
b_{0h}	: 0 ile h yükseklikleri arasında yapının ortalama genişliği
b_z	: Herhangi bir z yüksekliğinde yapının ortalama genişliği
$C_e(z)$: Yükseklikle değişen yüzey pürüzlülük katsayısı
C_f	: Kuvvet katsayısı
C_{fs}	: Genelleştirilmiş doğrusal mod şekli için kuvvet spektrumu katsayısı
$C_{f,0}$: Keskin köşeli, açık ucu olmayan düzgün kesit için kuvvet katsayısı
C_{fx}	: Ortalama rüzgar kuvveti katsayısı
C'_g	: Devrilme momenti katsayısı
C'_L	: Devrilme momenti katsayısı
$C_{p,e}$: Dış basınç katsayısı
c_0	: Dağ faktörü
c_r	: Pürüzlülük katsayısı
$C_{\text{şekil}}$: Aerodinamik şekil faktörü
C_t	: Topoğrafya katsayısı
E_g	: Topoğrafya faktörü
E_I	: Değişken rüzgar hızının standart sapması için topoğrafya faktörü
E_H	: Referans H yüksekliğinde rüzgar hızı profili faktörü
E_r	: Arazi sınıfı için konum faktörü
$E_{r,w}$: Dönüş periyodu dönüşüm faktörü
E_t	: Rüzgar akımında türbülans spektrumu
f_D	: Rüzgar doğrultusunda oluşan rüzgar frekansı
$f_L(z,f)$: Normalize edilmiş boyutsuz frekans
F_L	: Rezonans spektrum faktörü
f_w	: Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan rüzgar frekansı
g_r	: Rezonans tepkisi için pik faktörü
g_v	: Rüzgara karşı hızda dalgalanmalar için pik faktör
$g_{\ddot{x}}$: İvme büyütme katsayısı
h	: Bir yapının çatı yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
I_h	: Türbülans şiddet katsayısı
I_v	: Türbülans şiddeti
$I_{\bar{z}}$: Türbülans şiddet katsayısı
k	: Mod şekli için mod şekli üssü
K_c	: Kombinasyon faktörü
K_1	: Yerel basınç faktörü
K_m	: Mod şekli düzeltme faktörü
K_p	: Boşluklu kaplama azaltma faktörü
k_p	: İvme tepe faktörü

k_r	: Pürüzlülük uzunluğuna bağlı katsayı
k_z	: Düşey profil faktörü
k_1	: Olasılık faktörü
k_2	: Arazi pürüzlülüğü ve yükseklik faktörü
k_3	: Topoğrafya faktörü
k_4	: Kasırga bölgesi için önem faktörü
l	: İntegral uzunluğunun büyütme katsayısı
L	: Yapının rüzgar yönüne paralel uzunluğu
L_h	: Türbülansın integral uzunluğu
$L_{\bar{z}}$: Türbülansın integral uzunluğu
m_0	: Birim yüksekliğin ortalama kütlesi
m_1	: Modal kütle
M_d	: Rüzgar yönü çarpanı
M_s	: Engelleme çarpanı
M_t	: Topoğrafik çarpan
$M_{z,cat}$: Arazi ve yükseklik çarpanı
N	: Azaltılmış frekans
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
n_1	: Doğal frekans
n_a	: Rüzgar doğrultusunda oluşan 1.doğal mod frekansı
n_c	: Rüzgar yönüne dik hareket için 1.mod doğal frekansı
P_z	: z yüksekliğinde oluşan rüzgar basıncı
r	: Tasarım dönüş periyodu
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R	: Dönüş periyodu
R	: Rezonans tepki faktörü
R_L	: Rezonans tepki faktörü
S	: Boyut küçültme faktörü
S_L	: Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonu
T	: Rüzgar periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
U_{500}	: 500 yıllık dönüş periyodu için ölçülen hız
$V(z,t)$: Toplam rüzgar hızı
V_b	: Temel rüzgar hızı
V_b	: Yerel (temel) rüzgar hızı
$V_m(z)$: Ortalama rüzgar hızı
V_n	: Azaltılmış hız
\ddot{y}_{maks}	: Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum ivme
$\bar{V}_{\bar{z}}$: \bar{z} yüksekliğinde ortalama rüzgar hızı
z	: Yapının zeminden yüksekliği
z_e	: Eşdeğer yapı yüksekliği
z_{min}	: Yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yükseklik
z_o	: Yüzey pürüzlülük uzunluğu
\bar{z}	: Eşdeğer yapı yüksekliği
\ddot{x}_{maks}	: Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum ivme
\ddot{x}_h	: Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum ivme
$w(z,t)$: Ortalama değerler etrafındaki hız değişimi(türbülans)
w	: Binanın rüzgar estiği yöndeki yüzünün etkin genişliği
W	: Yapı ağırlığı
$\sigma_{\dot{x}}(z)$: Ortalama karekök rüzgar ivmesi(RMS)

β	: Sönüm oranı
Δ_z	: Rüzgar etkisine maruz kalan yapı kesitinin yüksekliği
$\mu(z)$: Yapının birim yükseklik başına düşen kütlesi
ξ	: Mod şekline bağlı katsayı
ρ	: Havanın yoğunluğu
σ_w	: Türbülansın standart sapması
$\phi(z)$: Temel mod şekli
ψ_r	: Köşeleri yuvarlatılmış kare bölümler için azaltma faktörü
ψ_λ	: Uç etki faktörü
φ	: Doluluk, kararlılık oranı
δ	: Toplam sönüm logaritmik azaltma katsayısı
δ_s	: Yapısal sönüm logaritmik azaltma katsayısı
δ_d	: Özel cihazlar nedeniyle sönüm logaritmik azaltma katsayısı
μ	: Ortalama yük etkisi
q_H	: Hız basıncı
λ	: Genel rüzgar kuvveti için mod düzeltme faktörü
Δf_N	: Binanın N'inci katına etkileyen ek eşdeğer deprem yükü

YÜKSEK BİNALARDA RÜZGAR ETKİSİ VE KONFOR ŞARTLARININ ÇEŞİTLİ YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ

ÖZET

Aktif bir deprem kuşağında bulunan ülkemizde meydana gelen depremler, büyük can ve mal kayıplarına neden olmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde hızla artan nüfusa bağlı olarak, özellikle büyük şehirlerde arazilerin kısıtlı olması nedeniyle, yüksek binaların inşa edilmesi gittikçe yaygınlaşmaktadır. Yüksek binaların inşasındaki bu artış, tasarım için bazı ilave koşullar getirmektedir. Ülkemizin deprem aktivitesine bağlı olarak, yüksek binaların tasarımında deprem etkisi ön plandadır. Ancak, deprem kadar önemli bir diğer parametre ise rüzgardır. Rüzgar etkisi yüksek binalarda kullanılabilirlik bakımından çok önemlidir. Dolayısıyla binada rüzgarın etkisiyle ortaya çıkan salınımlar sınırlı kalmalı (konfor şartı), kullanıcıları olumsuz etkilememelidir.

Konfor, yüksek yapıların tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir tasarım kriteridir. Konfor hakkında fikir sahibi olmak için, rüzgardan oluşan ivmeleri hesaplamak gerekir. İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği (İYBRY) taslağında, yüksek binalarda rüzgar etkisine de yer verilmiş, konforla ilgili bilgilere yer verilmemiştir.

Yedi bölümden oluşan bu tez çalışmasında, 1026 m² oturma alanına sahip, 31 katlı, 111.6 m yüksekliği bulunan bir yüksek bina, düşey ve deprem yüklerine göre boyutlandırılmıştır. Daha sonra bu binada rüzgar yükleri etkisinde oluşan ivmeler ve bu ivmelere bağlı olarak konfor durumu, yani kullanılabilirlik araştırması yapılmıştır. Ayrıca, rüzgar nedeniyle binada oluşan kat yerdeğiştirmeleri hesaplanmış ve bazı yönetmeliklerde verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Bu inceleme için binanın planda uzun doğrultusuna paralel yani x doğrultusunda rüzgar yükü uygulanmış ve oluşan etkiler araştırılmıştır. Uygulanan rüzgarın yönü tüm yönetmeliklerde aynı kalmak şartıyla, diğer parametreler değişiklik gösterebilir. Uygulanan rüzgarın hızı incelenen yönetmeliklere göre yapının konumu ve mevcut rüzgar hızı istatistikleri gözönüne alınarak ayrı ayrı açıklanmıştır. 10 dakikalık, 3 saniyelik ve 1 saatlik rüzgar hızları kullanılmıştır. Dönüş periyotları 50 yıl olarak hesaplanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, tez konusunun içeriği, incelenen binanın boyutları ve tezin amacı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, yüksek binaların tarihçesi ve tasarım aşamasında gözönüne alınan önemli parametreler açıklanmıştır. Bu bölümde çeşitli kaynaklara göre yüksek bina kabulleri açıklanmıştır. Betonarme, çelik ve kompozit yüksek binalar hakkında kısa bilgi verilmiştir. Bu binaların olumlu ve olumsuz tarafları ayrı ayrı belirtilmiştir. Yüksek binalara etkiyen sabit, hareketli, deprem, rüzgar, kar ve buz yükleri üzerinde ayrı ayrı durulmuştur. Ayrıca, yüksek binalarda kullanılan taşıyıcı sistemlerden çerçeve sistemler, perde sistemler, perde-çerçeve sistemler ve tüp sistemler bu bölümde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, binalarda rüzgar etkisi ve rüzgarın konforla ilişkisi incelenmiştir. Rüzgar etkisi için bir binada tasarım kriterleri olan kararlılık, dayanıklılık ve kullanılabilirlik bu bölümde açıklanmıştır. İnsanların algı düzeyleri ve ivme sınırları bu bölümde incelenmiştir. Daha önce konu hakkında yapılan çalışmalara bu bölümde yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde rüzgar tüneli deneyleri yapılması açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği'nde verilen rüzgar parametreleri ve rüzgar etkileri açıklanmıştır. İstanbul için ortalama ve maksimum hız değerleri hesaplanmıştır. Bu yönetmelik kapsamında İstanbul için yerden 10m yükseklikte herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılma olasılığına karşı gelen temel rüzgar hızı belirlenmiştir.

Beşinci bölümde, ASCE7-10, AS/NZS 1170.2-2002, IS:875, MS1553-2002, EUROCODE 1-04, NBCC 2005, AIJ ve EIT 1018-46 yönetmeliklerinde rüzgar ve etkileri konusundaki bilgiler kısaca özetlenmiştir. Her bir yönetmeliğe göre arazi sınıfları belirtilmiş ve bu sınıflara göre bazı parametrik değerler bu bölümde verilmiştir. Rüzgar doğrultusunda ve rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda ortaya çıkan ivmelerin bulunması için gerekli formüller bu kısımda incelenmiştir.

Altıncı bölümde, çalışmada sayısal çözüm için ele alınan binanın, beşinci bölümde verilen teorik verilere göre sayısal incelemesi yapılmıştır. Ayrıca, bu bölümde incelenen binanın malzeme, taşıyıcı sistem eleman boyutları, deprem parametreleri gibi karakteristik özellikleri incelenmiştir. Binanın planda ve düşeyde düzensizlik durumları kontrol edilmiştir. İncelenen bina iki doğrultuda eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerine göre düşey ve deprem yükleri altında analiz edilmiştir. Binada görelî kat ötelemesi ve ikinci merteye etkilerin kontrolü yapılmış ve Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre tasarımı tamamlanmıştır. Bu bölümde rüzgar için yapılan sayısal incelemeler neticesinde binada rüzgar doğrultusunda ve rüzgara dik doğrultuda ortaya çıkan maksimum ivmeler elde edilmiştir. Bu ivmelere bağılı olarak üçüncü bölümde verilen sınırlar göz önüne alınarak, incelen bina için konfor veya kullanılabilirlik sınırları tespit edilmiştir. Ayrıca, rüzgardan dolayı oluşan maksimum kat yerdeğiştirmeleri beşinci bölümde verilen formüller ve ETABS programı yardımıyla hesaplanmış ve sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Yedinci bölümde, sunulan bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar verilmiş ve yorumlanmıştır.

INVESTIGATION OF THE WIND EFFECT AND COMFORT CRITERIA IN TALL BUILDINGS CONSIDERING VARIOUS CODE REQUIREMENTS

SUMMARY

Turkey is located in a seismically active zone and the country has suffered a significant number of loss of lives and property.

In our country during the recent years, limited construction area especially in the big cities associated with rapidly increasing population has triggered the preferability of tall buildings. This increase in tall buildings brings up some additional restrictions. According to the earthquake activity in our country, earthquake comes into prominence for the design of tall buildings.

Wind is an important factor in the design of tall building. The effect of wind can bring a negative impact in terms of comfort. When the serviceability limit states are considered, the wind effects should be considered as comfort condition

The comfort criteria must be considered as an important design criteria of tall buildings. The acceleration based upon wind must be calculated to have an opinion about the comfort criteria.

Wind Design Code for Tall Buildings in Istanbul has been prepared to calculate the wind effects on tall buildings. This code consists of various formulas to give information about the calculation of wind effects, however there is inadequate information considering comfort criteria.

The building has 31 storeys and its storey height is 3.6 m and total height is 111.6 m. Length of the structure is 35.5 m in x direction and 28.9 m in y direction. The lateral system of building is a dual system of shear walls and moment frames. The layout of the RC tall building is symmetrical in two directions and it has approximately 1026 m² total area. The thickness of core walls changes between 55 cm and 50 cm. The thickness of the two way slabs is 18cm. The material classes for concrete and reinforcement is C60 and S420, respectively. Live loads are assumed to be 5.0 kN/m² and 2.0 kN/m². Dead loads are assumed to be 6.50 kN/m²

In this thesis with seven chapters, tall building has been designed for gravity and earthquake loads. After that wind load accelerations and comfort criteria due to those accelerations i.e serviceability have been investigated.

For this analysis, in the x direction i.e. parallel to the long direction of structure wind has been applied and effects arising from the wind have been investigated. Wind direction to be the same for all wind codes but the other parameters may vary. According to the wind codes wind velocity has been calculated differentially.

The wind velocity is subjected to position of the building and wind velocity statistics. 10 minutes, 3 seconds and 1 hour wind velocities have been used. The return periods have been calculated as 50 years.

In the first chapter of the study, the content of the thesis subject, size of the investigated structure and purpose of the thesis has been explained.

In the second chapter, the history of tall buildings and important design parameters have been explained. In this chapter, tall building assumptions according to various literatures have taken place.

Some information has been given about reinforced concrete, steel and composite tall buildings. The advantages and disadvantages of these structures have been indicated separately.

Dead, live, earthquake, wind, snow and ice loads have been emphasized, respectively. Furthermore, frame systems, shear wall systems, shear wall-frame systems, core systems and tube systems have been described in this chapter.

In the third chapter, wind effect on structures and relationship between wind and comfort have been investigated. The wind effect design criteria stability, durability, serviceability have been described in this section.

People's perception levels and acceleration limits have been examined in this section. Previous studies on this subject have been included in this section. Additionally in this chapter, wind tunnel tests have been described.

Wind tunnel tests are usually applied in the design of tall buildings. These tests are important for the intelligibility of wind load and taking into account of wind load in a suitable way in the design. Wind tunnel test is needed in order to obtain wind behavior of a high rise building which is not standard due to architectural and structural feature or location

In the fourth chapter, wind parameters and wind effects which have been described in Wind Design Code for Tall Buildings in Istanbul have been clarified. Average and maximum speed values have been calculated for Istanbul.

Within the scope of this regulation, a height of 10m above the ground, a 10-minute average wind speeds measured in any direction, the basic wind speed corresponding to the exceedance probability at least once in 50 years has been determined.

In the fifth chapter, according to ASCE7-10, AS/NZS 1170.2-2002, IS:875, MS1553-2002, EUROCODE 1-04, NBCC 2005, AIJ and EIT 1018-46 codes wind loads and wind effects have been summarized briefly.

According to the each code terrain category have been specified and according to these classes some parametric values provided in this section. Alongwind and crosswind acceleration formula have been investigated in this section.

In the sixth chapter, numerical analysis of the selected structure has been made with respect to theoretical data given in the fifth chapter. Also, the characteristics of materials, structural element sizes, earthquake parameters of the building have been investigated in this section. Irregularity cases in the plan and vertical direction have been controlled .

Earthquake analysis has been carried out according to the equivalent seismic loads in both directions and mode superposition analysis for the investigated structure and the relationship between these two methods has been investigated.

The relative displacement of the floors and the second-order effects of the structure have been controlled and the design is completed according to Turkish Earthquake Resistant Design Code2007.

As a result of the numerical analysis, maximum accelerations both in the alongwind direction and crosswind direction have been obtained for the structure. The comfort or serviceability boundaries of the structure have been identified according to these accelerations by taking into consideration the limits given in Chapter 3.

Also, the maximum displacements of the floor due to wind effect have been computed by ETABS program with the help of the formulas given in Chapter 5. These values are compared to the limits given in the code.

In the seventh chapter, the results obtained in this thesis have been described. The motion caused by the average value of the maximum acceleration of the wind in the selected structure is felt by most of the people and this motion is at a level that can move a desk. The effect of long term exposure of the motion is at a disturbing level and it may result in disease.

It has been determined that the wind acceleration in the alongwind direction is less than the acceleration in the crosswind direction of the wind. In order to obtain more reliable results from the perspective of design for the critical structure, it is better to make wind tunnel tests, besides the determination of acceleration and displacement values based on formulas.

The wind effect may become as much important as earthquake effect related to position, height, wind speed, stiffness of the structure. The effect of wind will vary according to the direction of the wind. Therefore on the critical structures, it can be foreseen that the maximum wind effects will change depending on the wind directions.

It has been clarified that wind effect increases from base to peak and it is reached the maximum value at the peak. Closed and open facades are affected at different level from the wind. In order to make a better design, it is better to know that if the wind speed increases then the acceleration of the structure increases.

It has been so concluded since there is insufficient information in order to find the acceleration due to wind in Wind Design Code for Tall Buildings in Istanbul. Since the effect of wind varies between codes, it is beneficial to evaluate each code in its own perspective.

By the help of used formulas, it can be remarked that the effect of wind will increase with the increase in the height of buildings. It is understood that the location of the structure is important to find the acceleration due to the wind effect.

It has been clarified that due to the acceleration of the wind is inversely proportional with the increase in the rate of damping of the structure. In the high damping rate structures, low acceleration can be expected. It can be reached the result that frequency of the structures decreases with increase height of the structures, or vice versa.

It has been described that an increase in the weight of the structure will reduce the displacement caused by the wind and the acceleration of the wind. It has been understood that the density of air is to be effective in finding the acceleration, acceleration increased up to the air density.

1.GİRİŞ

Türkiye konumu itibariyle çeşitli aktif fay hatlarının yer aldığı deprem kuşakları üzerinde yer almaktadır. Bu sebepten dolayı geçmişte çok sayıda önemli depremler meydana gelmiştir. Çoğu yıkıcı olan bu depremlerin ülkemize maddi ve manevi çok büyük zararları olmuştur. Son yıllarda deprem konusunda alınan çeşitli önlemlerle yapılarda can güvenliğinin sağlanması ön plana çıkarılmıştır.

Ülkemizde yaşanan ekonomik, sosyal gelişmeler ve artan konut ihtiyacını karşılamak için yüksek binaların inşasını zorunlu kılmıştır. Yüksek binaların hızlı gelişiminde yapı teknolojisinin ve üretiminin gelişmesinin etkisi çok büyüktür. Konut ihtiyacının son yıllarda hızla artması yüksek binaları birçok açıdan toplum için kaçınılmaz olmasına neden olmuştur. Özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu büyük iller için bu tip binalar bir zorunluluk halini almıştır. Bunların tasarımında depremle beraber çeşitli parametreler göz önüne alınarak çalışmalar yapılmaktadır.

Yüksek binalarda en az deprem kadar önemli bir başka önemli etki rüzgardır. Bu tip binalarda karşılaşılan en büyük problem deprem etkileri gibi görünse bile rüzgar da çoğu zaman konfor için önemli bir koşuldur. Yüksek binalarda konforun sağlanması için rüzgar şartlarına bakmak gereklidir. Konfor yüksek binaların tasarımında dikkate alınması gereken bir tasarım kriteridir. Konfor hakkında fikir sahibi olmak için rüzgardan oluşan ivmeleri hesaplamak gerekir. Ülkemizde İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği yüksek binalarda rüzgar etkilerini hesaplamak için hazırlanan bir yönetmeliktir. Burada rüzgarın etkileri hakkında bilgi sahibi olabilecek çeşitli formüller bulunurken konforla ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Yapılan bu çalışmanın esas amacı rüzgar etkisi altında bulunan 31 katlı, kat yüksekliği 3.6m olan toplam 111.6m yükseklikli ticari yüksek bir binanın konfor şartları araştırmaktır. Çeşitli yabancı yönetmelikler kullanılarak konfor sınırları olan maksimum ivmeler bulunarak konfor şartları kontrol edilmiştir. Rüzgardan dolayı oluşan yerdeğiştirmeler kontrol edilmiştir.

2.YÜKSEK BİNALAR

Yüksek binalar medeniyetlerin başlangıcından itibaren insanlığın ilgi odağı olmuştur. Başlangıçta savunma amaçlı olarak yapılmıştır. Modern yüksek binaların gelişmesi 1880'lerde başlamıştır. Bu binalar büyük ölçüde konut ve ticari amaçlıdır. Yüksek ticari binaların yapılması öncelikle iş faaliyetlerinin birbirine yakın olmasını sağlamıştır. Hızla artan kentsel nüfus ve şehirlerinin alanlarının sınırlı olması yüksek yapılaşmayı etkilemiştir. Ayrıca topoğrafik etkiler yüksek binaların oluşumunda etkilidir. Örneğin Hong Kong ve Rio de Janeiro 'da topoğrafik kısıtlamalar ve artan nüfus yüksek bina ihtiyacını ortaya çıkarmıştır [1]. Teknolojinin gelişmesi, yüksek binaların gelişmesini doğrudan etkilemiştir.

Yüksek binaların tasarımında bazı önemli noktalar vardır. Bu tür binalarda malzeme ve taşıyıcı sistemin seçimi, yüksek binanın tasarımı için büyük önem taşımaktadır. Depremden oluşan etkiler taşıyıcı sistem tarafından güvenli olacak şekilde taşıyacak şekilde tasarlanmalıdır. Yüksek binaların tasarımında bir diğer önemli bir yük ise rüzgardır. Yüksek binalarda kat sayısının artmasıyla rüzgardan doğan etkiler artar. Rüzgardan dolayı yapıda bazı olumsuz etkiler ortaya çıkar. Bunlardan en önemlisi binalarda ortaya çıkan hareketlerdir. Ortaya çıkan bu hareketlerin incelenmesi binaların kullanımı ve konforu açısından önemlidir. Rüzgarın konforla ilişkisi rüzgardan dolayı oluşan ivmelerle bağlantılıdır. Yüksek bina sınırlaması ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir. Yüksek bina kabulü ülkemizde birkaç farklı şekilde yapılmaktadır:

1. Bütünüyle yer altında olan ve binayı tümü ile çevreleyen yüksek yatay rijitlikli perdelerle sahip bodrum katlar hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren en az 60m yüksekliği bulunan binalara yüksek bina denir [2].
2. Binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki bina yüksekliği en az 42.50 m olan yapılar yüksek bina olarak kabul edilir [3].
3. Son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13 kat hariç) yapılar yüksek bina olarak kabul edilir [4].

2.1 Yüksek Bina Çeşitleri

Yüksek bina çeşitleri betonarme, çelik ve kompozit yüksek binalar olarak sınıflandırılabilir. Bunların içinden seçim yapmak için inşa edilecek binanın olumlu ve olumsuz yönleri değerlendirilmelidir. Fonksiyon, dayanım, dayanıklılık, ekonomi bu değerlendirmede dikkate alınmalıdır. Yüksek binalar betonarme, çelik ve kompozit yüksek binalar olmak üzere üç çeşittir.

2.1.1 Betonarme yüksek binalar

Betonarme yüksek binaların tercih edilmesinde ekonomi, uzun ömür ve bakım masraflarının az olması önemli etkenlerdir. Mimari isteklere uygun şekil vermenin kolaylığından dolayı betonarme binalar tercih edilir. Betonarme binalar çelik binalara göre daha rijit oldukları için kullanma durumunda rahatsız edici büyük yerdeğiştirmeler ortaya çıkmaz. Bu tür binalar monolitik olarak inşa edildiği için birleşim bölgelerini oluşturmak daha kolaydır [5].

2.1.2 Çelik yüksek binalar

Çelik binaların yaygın olarak kullanılmasının temel nedeni yapım süresinin hızlı oluşu, daha geniş açıklıkların kolay geçilebilmesi, ağırlığının az olması olarak belirtilebilir. Uygun olmayan mevsim koşullarından çok fazla etkilenmemesi süre açısından olumlu bir yönüdür. Bakım masrafları ve mimari istekler çelik yüksek binaların en önemli olumsuz yönünü oluşturmaktadır [6].

2.1.3 Kompozit yüksek binalar

Betonarmenin ekonomik, yangın direnci yüksek, nitelikli elemana az ihtiyaç duyması ve kolay şekil alması, çeliğin ise hızlı inşa edilmesi ve hafif olması sebebiyle kompozit yapılar son zamanlarda tercih edilmeye başlanmıştır.

2.2 Yüksek Binalara Etkiyen Yükler

Yüksek binalara etkiyen yükler az katlı binalara benzer fakat bu tip binalarda depremin ve rüzgarın önemi artar. Deprem ve rüzgar yüklerinin iyi bilinmesi tasarım için önemlidir. Başlıca etkiyen yükler sabit yükler, hareketli yükler, deprem yükleri, rüzgar yükleri, kar yükü ve buz yükleridir.

2.2.1 Sabit yükler

Binanın kullanım ömrü boyunca etkiyen yüklerdir. Binanın ağırlığının önemli bir kısmını oluşturur. Sabit yükler; kolon, giriş, döşeme, bölme duvar, sıva ve kaplama, çatı yükü ve cephe kaplamaları vb. ağırlığıdır [7].

2.2.2 Hareketli yükler

Sabit yüklerden farklı olarak hareketli yükler değişkendir ve tahmin edilmeleri zordur. Hareketli yük, insan, mobilya, yük taşımayan hafif bölme duvarları, depolama malzemesi, makine, araç, gereç, vinç, rüzgar, kar gibi yüklerdir[8]. Düzgün yayılı düşey hareketli yükler **Çizelge 2.1'**de verilmiştir.

2.2.3 Deprem yükleri

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' de verilen kurallara uygun olarak hesaplanarak binaya yatay olarak etkiyen yüklerdir. Deprem bölgelerinde yapılacak olan tüm yapılarda deprem yükleri ve uygulanacak hesap kuralları bu yönetmeliğe göre bulunur. Bu yükler binanın karakteristik özellikleri ve bölgenin deprem özelliklerine bağlı olarak değişen yüklerdir. Deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkiledikleri varsayılır. Yüksek bina tasarımında deprem yükleri en önemli koşullar arasında yer alır.

2.2.4 Rüzgar yükleri

Az katlı binalarda statik olduğu kabul edilen fakat yüksek binalarda dinamik olan ve binaya yatay etkiyen yüküdür. Yüksek binalarda deprem yükleri yanında ikinci önemli etki olarak göz önüne alınan yüklerdir. Tahmin edilmesi ve hesaplanması zor yüklerdir. Rüzgar yükünün her yönde en büyük değerinde etkidiğinin göz önüne alınması gereklidir. Rüzgarın doğrultusu genel olarak yatay kabul edilir. Yüksek bina tasarımında rüzgardan dolayı oluşan konfor şartları önemlidir.

2.2.5 Kar yükleri

Kar yükünün hesap değeri kar yağışı artış şartlarına göre değişkenlik gösterir. Kar yükü hareketli yük sınıfına girer. Kar yükünün bağlı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. Kar yağmadığı bölgelerde kar yükü sıfır alınır [8].

Çizelge 2.1: Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri [8].

Kullanma Şekli			Hesap Değeri (kN/m ²)
	Çatılar Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	
1		Çatı arası odalar	1.5
2	Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridor, bürolar, konutlardaki 50m ² 'ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları	2
	Çatılar Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	Hesap Değeri (kN/m ²)
3	Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, anfiler yatakhaneler,	Konut Merdivenleri 3.5
4		<ul style="list-style-type: none"> – Camiler – Tiyatro ve sinemalar, – Spor dans ve sergi salonları, – Tribünler (oturma yeri sabit olan) – Toplantı ve bekleme salonları – Mağazalar, – Lokantalar – Kütüphaneler – Arşivler – Hafif ağırlıklı atölyeler – Büyük mutfaklar, kantinler – Mezbahalar – Fırınlr, – Büyükbaş hayvan ahırları – Balkonlar 10 m²'ye kadar – Büro, hastane okul, tiyatro sinema kütüphane depo vb.genel yapı koridorları 	Umuma açık yapılarda büro, hastane, okul, tiyatro, kütüphane, kitaplık vb. 5
5		–Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)	7.5
6		– Garajlar (Toplam ağırlığı 2.5 ton kadar olan araçlar için)	5

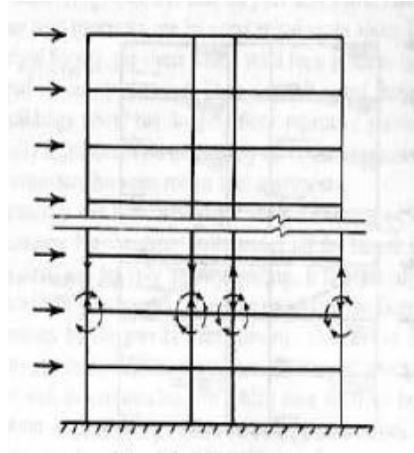
2.2.6 Buz yükleri

Yapılarda buz yükü için sabit bir değer yoktur. Çünkü buz oluşumu birden fazla değişkene bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Buz yükü değerinin hesaplanmasının zorunlu olduğu yapılarda, o bölgeyle ilgili yeterli veri olmadığı zaman , buzlanmayla karşı karşıya kalacak bölgelerde deniz seviyesinden 400 m ve daha yuksekteki yerler için buzlanmaya maruz kalacak yapı elemanlarının bütün yüzeylelerinin 3 cm kalınlıkta buz ile kaplı olduğu kabul edilerek hesap yapılır. Buz birim hacim ağırlığı 7 kN/m^3 alınır [8].

2.3 Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistemler

2.3.1 Çerçeve sistemler

Yüksek binalarda çerçeveler rijit bağlantılarla oluşturulan kolon ve kirişlerden meydana gelir. Rijitliklik, dayanım, süneklilik çerçeve sistemlerin deprem performansında etkili parametrelerdir. Betonarme ve çelik malzemenin kullanılabilirdiği bu taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altında güvenliği, bağlantı noktalarının rijitliğine bağlıdır. Kolon ve kiriş elemanlarının yüksek eğilme rijitliğine sahip olmaları gerekir. Çerçeve sistemlerde pencere ve kapı gibi boşlukların düzenlenmesi rahattır (Şekil 2.1).

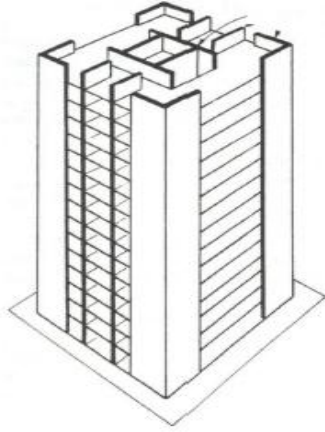


Şekil 2.1: Çerçeve tipi taşıyıcı sistem [1].

25 kata kadar çerçeve taşıyıcı sistemler ekonomik olabilir. 25 kattan daha yüksek yapılarda kat ötelenmesi kısıtlarının karşılanması zordur. Binanın rijitliği eleman boyutları ve kat yüksekliklerine bağlıdır. Eleman boyutlarının artması rijitliği artırırken, kat yüksekliğinin artması rijitliği azaltır [1].

2.3.2 Perde sistemler

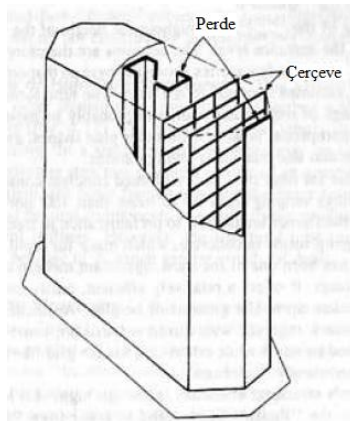
Perde sistemlerin, yatay kuvvetleri taşıma kapasitesi çerçeve sistemlere göre yüksektir. Mimari gereksinimler ve binanın kullanım amacına göre perdelerin plandaki yerleri belirlenir. Perdelerin simetrik yerleştirilmesine özen gösterilmelidir, yoksa burulma ortaya çıkabilir. Perdelerin temelleri taşıdıkları yükleri zemine kolayca aktaracak şekilde tasarlanmalıdır. 35 kata kadar ekonomiktir (**Şekil 2.2**).



Şekil 2.2: Perde tipi taşıyıcı sistem[1].

2.3.3 Perde-çerçeve sistemler

Yüksek yapılarda perde veya çerçeve sistem kullanmak yerine daha ekonomik olan perde-çerçeve sistemleri kullanmak daha uygundur. Yatay yüklerin karşılanmasında perde ve çerçeve elemanlar beraber kullanılır (**Şekil 2.3**).



Şekil 2.3: Perde-Çerçeve tipi taşıyıcı sistem [1].

Perdelerin rijitliklerinin yüksek olmasından dolayı süneklik yetersiz olabilir, bu sistemler çerçeve sistemlerle beraber kullanılarak süneklik artırılır. Eğer yalnız

çerçeve sistemler kullanıyor olsa ötelenmeler sınırı aşabilir fakat perde elemanlar kullanılarak ötelenmeler azaltılır. 40-60 katlı binaların tasarımında perde-çerçeve sistemlerin kullanılması uygundur

2.3.4 Çekirdekli sistemler

Perdelerin birleştirilmesiyle oluşturulan taşıyıcı sistemlere çekirdek sistemlerdir. Çekirdek boyutları yapının özelliklerine ve maruz kaldığı yüklere göre değişir. Çok katlı yapılarda etkiyen yüklerin tamamı veya önemli bir kısmı çekirdekler tarafından taşınır. Çekirdekler betonarme, çelik veya kompozit olarak yapılabilir

2.3.5 Tüp sistemler

Tüp sistemler yüksek bina tasarımı için temel oluşturmaktadır. 1960'lardan bu yana inşa edilmiş 40 katın üzerinde yapılan binaların çoğunda artık Khan'ın yapısal mühendislik ilkeleri ile türetilen, taşıyıcı sistemler uygulanmaktadır.

Bu tür taşıyıcı sistemle, bina çevresinde birbirine yakın kolonlarla birlikte bu kolonları katlarda birbirine bağlayan yüksek kirişlerden oluşur. Binanın dışında bulunan elemanlar rüzgârdan dolayı oluşan etkilerin tamamını ya da önemli bir kısmını karşıladığı için, yapı içindeki perde duvarlarına ihtiyaç olmaz. Tübün rijitliği çok fazladır ve konsol kirişe benzer bir şekilde yatay yüklere karşı koyar [9].

Çerçevesiz tüp sistemler daha az iç kolon olmasına imkan sağlar. Böylece daha kullanışlı kat alanları oluşturulur. Garaj kapıları gibi daha büyük açıklıkların gerekli olduğu durumlarda, tüp çerçeve yapısal bütünlüğünü korumak için kullanılan aktarma kirişleri ile kesilmelidir. Tüp sistemler binaların büyük boyutlara ulaşmasına izin verirken aynı zamanda, bina yapım maliyetlerini azaltmaktadır.

3.YÜKSEK YAPILARDA RÜZGAR ETKİSİ

Yüksek yapıların tasarımında rüzgar etkisi önemli bir parametredir. Yüksek yapılarda rüzgar hızı yapının konumuna, yüksekliğine, çevresel etkilere ve ölçüm zamanına göre değişiklik gösterir. Rüzgar ve diğer aerodinamik etkiler yüksek yapılara devamlı etkilemektedirler [10]. Rüzgarın konfora da önemli derecede etkisi vardır. Rüzgardan dolayı oluşan ivmeler insanlarda belirli eşik değerlerine göre çeşitli etkiler yapar. Bu etkiler kullanılabilirlik koşulları ile karşılaştırılarak konfor sonuçları elde edilir.

Rüzgar yüklerinin hesabında, basitleştirilmiş yöntem, analitik yöntem ve rüzgar tüneli yöntemi gibi yöntemler kullanılır. Ülkemizde rüzgar yüklerinin hesabında TS 498 ve İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliğinin yanında başka yönetmeliklerde kullanılmaktadır. Rüzgar etkisi için bir yapıda aşağıda verilen tasarım koşulları dikkate alınması önemlidir [11].

1. Kararlılık(stabilite): Yapının bir bütün olarak devrilmeye, kaymaya karşı gösterdiği dirençtir.
2. Dayanıklılık : Yapının ömrü boyunca maruz kaldığı etkilere karşı yapısal bileşenlerin yükleri taşıyacak kapasiteye sahip olması.
3. Kullanılabilirlik: Yapı kullanım süresi boyunca yapıdaki hareketlerin belirli sınırlar içinde kalmasıdır.

3.1 Rüzgar ve Konfor

Yüksek yapılarda rüzgar etkisinde konforla ilgili çalışmalar son yıllarda hızla devam etmektedir. Rüzgarın konforla ilişkisi rüzgar nedeniyle oluşan ivmelerin kullanılabilirlik koşulları ile belirli sınırlar altında karşılaştırılması ile belirlenir. İvmelerin hesaplanmasında ve kullanılabilirlik koşullarının incelenmesinde ele alınan yapının yüksekliği, yapının konumu, kütlesi, rijitliği ve rüzgar etkileri gibi koşullar ayrı ayrı veya hep birlikte önemli yer tutar. Rüzgarın konfor üzerindeki etkilerinin incelenmesinde yapının etrafında bulunan diğer yapıların da etkileri vardır.Yüksek yapı tasarımında konfor ile ilgili genel olarak kabul edilmiş bir yönetmelik yoktur.

Yapılan araştırmalarda insanların psikolojileri önemli bir parametre olarak göz önüne alınmıştır. İnsan algı düzeyleri ve ivme değerleri **Çizelge 3.1'de** verilmiştir.

Çizelge 3.1: İnsan algı düzeyleri ve ivme düzeyleri [11].

SEVİYE	İVME DEĞERLERİ(m/s ²)	ETKİ
1	<0.05	İnsanlar hareketi hissedemez.
2	0.05 - 0.1	a) Duyarlı insanlar hareketi hisseder. b) Asılı objeler yavaş şekilde hareket edebilir.
3	0.1-0.25	a) İnsanların çoğunun hissedeceği şekilde hareket. b) Çalışma masasını hareket ettirebilir. c)Uzun süreli maruz kalma hastalığa neden olur.
4	0.25-0.4	a)Masada çalışma zor duruma yada imkansız hale gelir. b)Yürümek mümkündür.
5	0.4-0.5	a) İnsanlar güçlü bir şekilde hareketi algılar b) Normal yürümek zorlaşır. c)İnsanlar dengelerini kaybedebilir.
6	0.5-0.6	Çoğu insan harekete tahammül edemez ve normal yürüyüş yapamaz.
7	0.6-0.7	İnsanlar yürüyemez veya harekete tahammül edemez
8	>0.85	Nesneler düşmeye başlar ve insanlar yaralanabilir.

İvme sınırları titreşimin hissedildiği frekansın fonksiyonu olarak bulunur. Üst sınırlar Irwin (1978) tarafından önerilen ilişki ile titreşime karşılık gelen frekans değerlerinin kullanılması tavsiye edilmiştir. Melbourne (1989) ve Cheung tarafından Irwin E2 eğrisine maksimum ivme değerleri işlenmiştir. İvme tepe değeri elde etmek için, karekök değeri bir büyütme faktörü ile çarpılması anlamına gelir. Büyütme faktörü, genellikle 3 veya 4'tür [11]. Irwin'in yaptığı gözlem ve deneylere dayanarak konfor düzeyini göstermek için aşağıdaki genel bir formül geliştirilmiştir [12].

$$\sigma_a = \exp(-3.65 - 0.41 \log_e n) \quad (3.1)$$

Burada;

σ_a =Yatay düzlemdaki ivmenin karesinin karekökü (m/s²)

n=Bir salınım frekansının yaklaşık normal dağılımı (Hz).

$0.06 < n < 1.00$, $0.5 < R < 10$ ve $T = 600$ s dir.

Melbourne dönüş periyodu 10 yıldan az olan rüzgar için maksimum ivmenin bulunması amacıyla aşağıdaki formülü geliştirilmiştir.

$$a = \sqrt{2(\log_e nT)} \left(0.68 + \left(\frac{\log_e R}{5}\right)\right) \exp(-3.65 - 0.41 \ln n) \quad (3.2)$$

Burada;

a= En büyük yatay ivme(m/s²)

R=Dönüş periyodu (yıl)

T=Rüzgar periyodu (600 s)

Konfor sadece frekansın ve ivmenin bir fonksiyonu değil, aynı zamanda çeşitli fizyolojik ve psikolojik faktörlerin etkileriyle tanımlanması oldukça zor olan bir durumdur. Amerika'da genelde normal binalar için rüzgar yükü tasarım kriteri 50 yıllık dönüş periyodu kabul edilirken, kritik yapılarda ise bu süre 100 yıl olarak alınır. Chang 1973 yılında pik ivme değerleri için konfor limitlerini **Çizelge 3.2** 'de olduğu gibi tanımlamıştır.

Çizelge 3.2: Pik ivme değerleri ve konfor limitleri [13].

Pik ivme değerleri	Konfor Limiti
<0.5% g (0.05m/s ²)	Hissedilmez
0.5 -1.5 % g (0.05- 0.15m/s ²)	Algı Sınır Eşiği
1.5 -5 % g (0.15-0.50m/s ²)	Rahatsız Edici
5 -15 % g (0.50-1.50m/s ²)	Çok Rahatsız Edici
>15 % g (1.50m/s ²)	Dayanılmaz

3.2 Rüzgar Tüneli Deneyleri

Rüzgar tüneli testleri yüksek binaların tasarımı için yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu testler rüzgar yükünün tam anlaşılabilmesi ve tasarımda rüzgar yüklerinin en uygun şekilde dikkate alınması açısından önemlidir. Mimarisi, yapısal özellikleri veya konumu nedeniyle (örneğin geometrisi, yüksekliği, kesiti, kullanılan malzeme, bulunduğu mevki veya çevresindeki yapılar gibi) standart olmayan yüksek yapıların rüzgar davranışının ortaya çıkarılabilmesi için genelde rüzgar tüneli deneyleri yapılması gerekir [14]. Bunlar arasında aşağıdaki bina tiplerini sayabiliriz:

(a) Çok yüksek ve düzgün olmayan en kesitlere sahip binalar.

- (b)** Çok esnek binalar (örn. tabii frekansı 1.0 Hz ün altında olan binalar).
- (c)** Vorteks titreşimlerine, kuyruk çarpmalarına, ve benzer aerodinamik stabilite problemlerine maruz olabilecek binalar.
- (d)** İçinde yaşayanları rahatsız edecek ölçüde titreşim yapması beklenen binalar.
- (e)** Yapısal sisteme ve elemanlarına gelen rüzgar yüklerinin çok daha hassas olarak hesaplanmasını gerektiren binalar.

Rüzgar tüneli deneylerinde aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

- (a)** Rüzgar tüneli, binanın bulunduğu bölgedeki atmosferik sınır tabakasını, yani rüzgar hızının yükseklikle değişimini modelleyebilmelidir.
- (b)** Türbülansın makro ve mikro ölçekteki uzunlukları tüneldeki modelde de sağlanmalıdır.
- (c)** Bina, etrafındaki yapılar ve bölgenin topografyası geometrik olarak gerçekteki benzer şekilde modellenmelidir.
- (d)** Model binanın ve etrafındaki yapıların rüzgar doğrultusundaki projeksiyonunun alanı toplam tünel alanının %8 inden fazla olmamalıdır.
- (e)** Rüzgar basıncının tünel boyunca değişimi göz önüne alınmalıdır.
- (f)** Reynolds sayısının rüzgar basınç ve yüklerindeki etkisi en aza indirilmelidir.
- (g)** Deneyde kullanılan ölçme sensörleri ölçülen değerlerin gerektirdiği özelliklere ve hassasiyete sahip olmalıdır.
- (h)** Rüzgar yüklerinin yanı sıra binanın dinamik davranışı da ölçülecekse, dinamik davranışı kontrol eden parametreler (kütle, rijitlik, sönüm gibi) modelde gerçekçi şekilde temsil edilmelidir [14].

Rüzgar tüneli testlerini yapabilmek için şartlardan en önemlisi, rüzgar etkisi araştırılan projenin prototip modelinin boyutlarının, deneylerin yapılacağı odanın ölçülerine uygun olmasıdır. Rüzgar tüneli deneylerinde, en az iki kuvvet bileşeni ile bir moment bileşeni ölçülebilmelidir. Bu ölçülen değerler gerekliliği en fazla olanlar olmalıdır. Modelin etrafında ilave türbülans oluşmamalıdır. Rüzgar tüneli testlerinin sonucunda farklı hız ve açılardan esen rüzgar akışının oluşturduğu basınç dağılım profilleri çıkartılır.

4. İSTANBUL YÜKSEK YAPILAR RÜZGAR YÖNETMELİĞİ

Bu yönetmelik, yüksek binaların ana taşıyıcı sistemlerinin, dış cephe elemanlarının ve rüzgar yüklerine maruz yapısal ve yapısal olmayan diğer elemanların rüzgara karşı tasarımında kullanılacak minimum rüzgar yüklerini belirler.

4.1 Rüzgar Hızı

Binaya etkiyen rüzgar hızı genel olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$V(z, t) = V_m(z) + w(z, t) \quad (4.1)$$

Bu bağıntıda $V(z, t)$, hem zemin yüzeyinden ölçülen yükseklik z 'ye, hem de zamana (t) bağlı olarak tanımlanan toplam rüzgar hızını göstermektedir. Ortalama rüzgar hızı $V_m(z)$, rüzgarın statik bileşeni olarak adlandırılır ve binaya etki eden rüzgar hızlarının seçilen bir zaman aralığındaki ortalamasına karşı gelir. $w(z, t)$ ise ortalama değer etrafındaki hız değişimlerini (türbülans) ifade eden dinamik rüzgar hızıdır.

4.1.1 Ortalama rüzgar hızı

Herhangi bir bölge ve yükseklikteki ortalama rüzgar hızı $V_m(z)$ aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$V_m(z) = C_e(z) \times C_t \times V_b \quad (4.2)$$

Bu bağıntıda V_b temel rüzgar hızını, $C_e(z)$ yükseklikle değişen yüzey pürüzlülük katsayısını ve C_t topoğrafya katsayısını göstermektedir.

4.1.1.1 Temel rüzgar hızı

Temel rüzgar hızı açık bir arazide (örneğin hava alanları gibi), yerden 10m yükseklikte herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılma olasılığına karşı gelen rüzgar hızıdır. İstanbul Atatürk Havaalanı'nda sürekli olarak 1 dakika ara ile yapılan rüzgar hızı ölçüm verilerinin sonucunda, İstanbul ve civarı için temel rüzgar hızı $V_b = 25$ m/s dir.

Bu çalışmada 10 dakikalık ortalama rüzgar hızının yanında 1 saatlik ortalama hızı ve 3 saniyelik ani rüzgar hızı da hesaplanmıştır.

4.1.1.2 Yüzey pürüzlülük katsayısı

Yüzey pürüzlülük katsayısı, rüzgarın etki ettiği doğrultudaki yüzey pürüzlüğünün ortalama rüzgar hızına ve hızın yükseklikle değişimine yaptığı etkileri tanımlayan bir katsayıdır. Bu katsayı aşağıdaki bağıntılarla verilmiştir:

$$z > z_{\min} \text{ için } C_e(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) ; \quad k_r = 0.23 \times (z_0)^{0.07} \quad (4.3)$$

$$z \leq z_{\min} \text{ için } C_e(z) = C_e$$

Yukarıdaki bağıntılarda z_0 yüzey pürüzlülük uzunluğunu (m), z_{\min} ise yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yüksekliği (m) göstermektedir. Beş değişik arazi tipi için z_0 ve z_{\min} değerleri **Çizelge 4.1**'de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Yüzey pürüzlülük uzunlukları ve minimum yükseklikler [14].

Arazi Tip No	Arazi Tipi	z_0 (m)	z_{\min} (m)
0	Denize açık kıyı şeritleri	0.003	1
I	Göl çevreleri veya engebesiz düz ve geniş alanlar	0.01	1
II	Seyrek ağaçların ve yapıların olduğu ova, çayır tipi alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından fazla)	0.05	2
III	Köyler, banliyöler, ormanlık alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından az)	0.3	5
IV	Şehir merkezleri ve benzeri en az %15 oranında ortalama yüksekliği 15m ve üzeri yapılarla kaplı alanlar.	1.0	10

4.1.1.3 C_t topoğrafya katsayısı

İstanbul'daki bütün bölgeler için topoğrafya katsayısı aşağıdaki gibi alınacaktır:

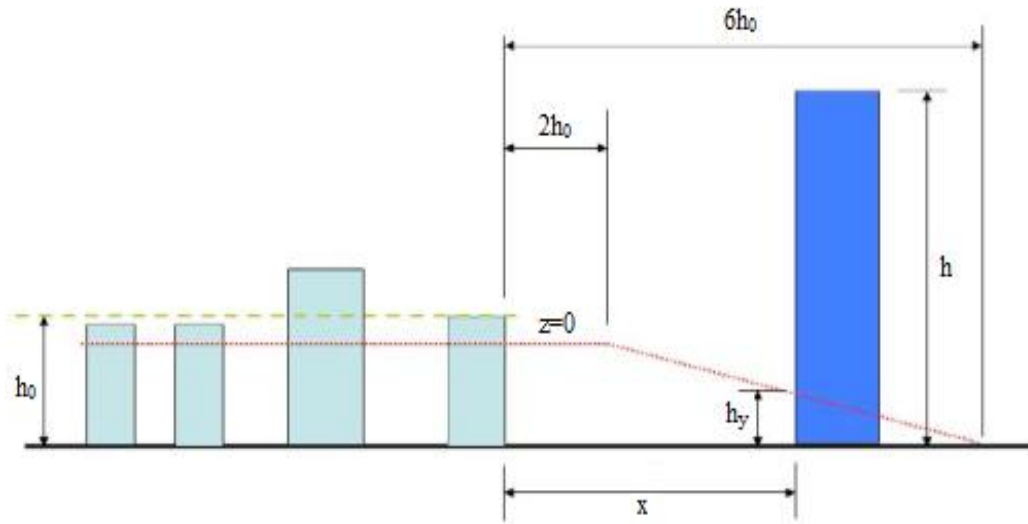
$$C_t = 1.0 + 0.001 \times \Delta \quad (4.4)$$

Bu bağıntıda Δ yapının bulunduğu yerin m cinsinden deniz seviyesinden olan yüksekliğini gösterir.

4.1.1.4 Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi

Şehir merkezlerinde (Arazi tipi IV) etrafı daha alçak yapılarla çevrili yüksek bir yapıya gelen rüzgar yüklerinin hesabında, rüzgarın alçak yapılar tarafından bloke edilmesinin etkisi, zemin seviyesini fiktif olarak yükselterek göz önüne alınır. Yükseltme ile ilgili kurallar aşağıda verilmiştir. Yüksek yapının rüzgar hesabı normal koşullarda yapıya etkiyen rüzgar profili ve yüklerini düşey yönde h_y kadar öteleyerek yapılır.

$$\begin{aligned} x \leq 2h_0 & \text{ ise } h_y = \min[0.8h_0, 0.6h] \\ 2h_0 < x < 6h_0 & \text{ ise } h_y = \min[1.2h_0 - 0.2x, 0.6h] \\ x \geq 6h_0 & \text{ ise } h_y = 0 \end{aligned} \quad (4.5)$$



Şekil 4.1: Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi [14].

Çevre yapıların yüksekliği konusunda detaylı bilginin olmadığı durumlarda $h_0=15$ m alınacaktır.

4.1.2 Dinamik rüzgar hızı (rüzgar türbülansı)

Dinamik rüzgar hızı rüzgar türbülansı olarak adlandırılır. Rüzgar türbülansı, ortalama değeri sıfır olan normal dağılımlı rastgele süreç olarak modellenir. Türbülansın standart sapması σ_w cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\sigma_w = k_r \times V_b \quad (4.6)$$

Binalara etkisi açısından, ortalama maksimum türbülans rüzgar hızı, \bar{w}_{\max} standart sapmanın 3.5 katı olarak alınır.

$$\bar{w}_{\max} = 3.5 \times \sigma_w \quad (4.7)$$

4.1.2.1 Türbülans şiddeti

Türbülansın ortalama rüzgar hızına göre rölatif genliği, aşağıda tanımlanan ve yükseklikle değişen türbülans şiddeti $I_w(z)$ cinsinden belirlenir.

$$z > z_{\min} \text{ için } I_w(z) = \frac{\sigma_w}{V_m(z)} = \frac{1}{C_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (4.8)$$

$$z \leq z_{\min} \text{ için } I_w(z) = I_w(z_{\min})$$

z_0 ve z_{\min} değerleri yukarıda **Çizelge 4.1**'de verilmiştir.

4.1.2.2 Türbülans uzunluğu

Türbülansın büyüklüğünü tanımlayan ikinci parametre, türbülans uzunluğudur. Türbülans uzunluğu, $L(z)$, türbülansı oluşturan rüzgar dalgalarının ortalama dalga boyunu gösterir ve yaklaşık olarak aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir:

$$z \geq z_{\min} \text{ için } L(z) = 300 \times \left(\frac{z}{200}\right)^a ; a = 0.67 + 0.05 \ln(z_0) \quad (4.9)$$

$$z < z_{\min} \text{ için } L(z) = L(z_{\min})$$

4.1.2.3 Türbülans güç yoğunluk fonksiyonu

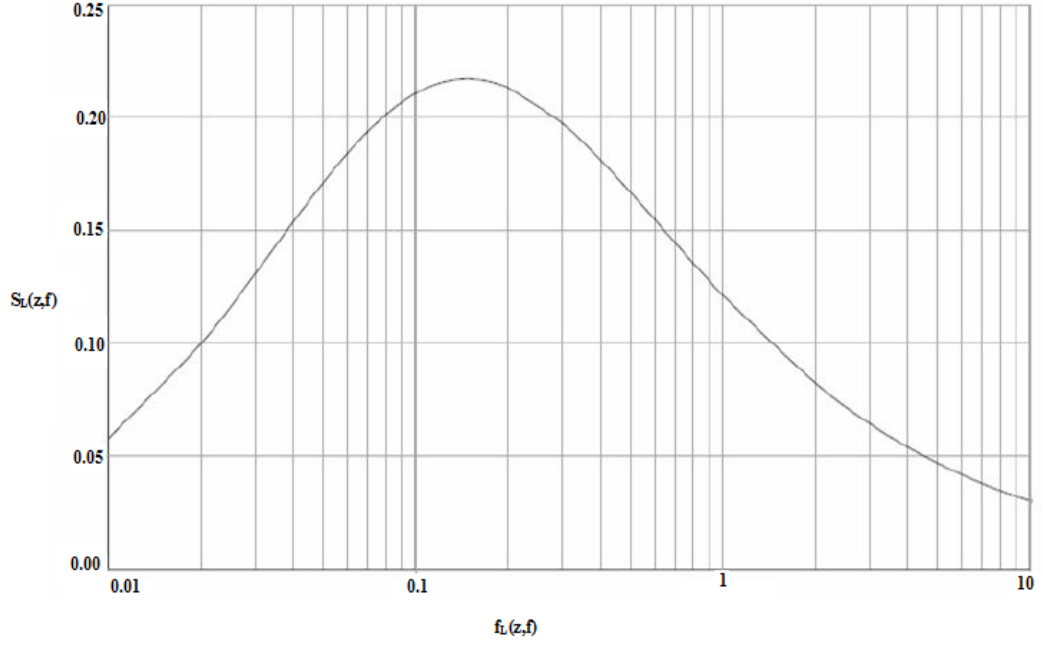
Türbülans enerjisinin frekans tanım alanındaki dağılımı, yükseklikle değişen Türbülans Güç Spektrumu Yoğunluk Fonksiyonu $S_L(z, f)$ ile normalize edilmiş boyutsuz frekans $f_L(z, f)$ cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır .

$$S_L(z, f) = \frac{6.8 \times f_L(z, f)}{[1 + 10.2 \times f_L(z, f)]} \quad (4.10)$$

$$f_L(z, f) = \frac{f \times L(z)}{V_m(z)}$$

Burada f frekansı (Hz) göstermektedir.

$S_L(z, f)$ 'nin $f_L(z, f)$ 'e göre değişimi **şekil 4.2**'de verilmiştir.



Şekil 4.2: Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun normalize edilmiş frekansla değişimi [14].

4.1.3 Maksimum rüzgar hızı

Maksimum rüzgar hızı $|V(z,t)|_{\text{maks}}$ aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$|V(z, t)|_{\text{maks}} = V_m(z) + \bar{w}_{\text{maks}} \quad (4.11)$$

Konfor açısından ivmeyi bulmak için bu yönetmelikte bir hesap yolu yoktur sadece dinamik analiz yapılması gerektiği belirtilmiştir.

5.ÇEŞİTLİ YÖNETMELİKLERE GÖRE RÜZGAR İVMESİ

Rüzgardan dolayı oluşan ivmelerin belirlenmesinde kullanılan çeşitli yönetmelikler ve her yönetmeliğe göre farklı yaklaşımlar vardır.

5.1 ASCE7-10 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelikte 3 saniyelik rüzgar hızı temel rüzgar hızı alınarak hesap yapılması öngörülmüştür [15].

5.1.1 ASCE7-10 'a göre arazi konum sınıfları

B Sınıfı: Ortalama çatı yüksekliğinin 9.1 m'ye eşit veya daha az olduğu durumda ve yüzey pürüzlülüğü olarak B ile tanımlanan zemin yüzey pürüzlülüğü, 457 m'den daha büyük bir mesafe boyunca rüzgâra karşı yönde etkili olması durumudur. Ortalama çatı yüksekliğinin 9.1 m'den daha büyük olduğu durumda, yüzey pürüzlülüğü olarak B ile tanımlanan zemin yüzey pürüzlülüğü, 792 m'den veya 20 kat bina yüksekliğinden daha büyük bir mesafe boyunca rüzgâra karşı yönde etkili olmalıdır.

C Sınıfı : B veya D sınıfında olmadığı durumda C sınıfında yer alır.

D Sınıfı : Yüzey pürüzlülüğü D olarak tanımlanan sınıfın 1524 m veya 20 kat bina yüksekliğinden daha büyük bir mesafe için rüzgâra karşı yönde hakim olması durumunda D sınıfı olarak tanımlanır.

5.1.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan ortalama karekök rüzgar ivmesi

$$\sigma_{\ddot{x}}(z) = \frac{0.85 \times \phi(z) \times \rho \times B \times h \times C_{fx} \times (\bar{V}_z)^2}{m_1} \times I_z \times K \times R \quad (5.1)$$

$\sigma_{\ddot{x}}$ =ortalama karekök rüzgar ivmesi (m/s²)

$\phi(z)$ =temel mod şekli

$$\phi(z) = (z/h)^\xi \quad (5.2)$$

z=Yapının zeminden yüksekliği (m)

h=Bir yapının zeminden çatıya kadar olan yüksekliği (m)

ξ =Mod şekline bağlı katsayı

B=Yapının rüzgar yönüne dik uzunluğu (m)

$\bar{V}_z = \bar{z}$ yüksekliğinde ortalama rüzgar hızı (m/s)

$$\bar{V}_z = \bar{b} \times (\bar{z}/10)^{\bar{\alpha}} \times V \quad (5.3)$$

V=Temel rüzgar hızı (m/s)

\bar{b} = Ortalama saatlik rüzgar hız faktörü. **Çizelge 5.1** 'e göre bulunur

$\bar{\alpha}$ = **Çizelge 5.1** 'e göre bulunur.

Çizelge 5.1: Arazi konum sınıfına göre katsayılar [15].

Sınıf	α	z_g (m)	$\hat{\alpha}$	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	l(m)	$\bar{\epsilon}$	z_{min} (m)
B	7.0	365.76	1/7	0.84	1/4.0	0.45	0.30	97.54	1/3.0	9.14
C	9.5	274.32	1/9.5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152.4	1/5.0	4.57
D	11.5	213.36	1/11.5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198.12	1/8.0	2.13

\bar{z} = Eşdeğer yapı yüksekliğidir. 0.6h veya **Çizelge 5.1**'de olan z_{min} değerinden büyük olan \bar{z} dir. $h \leq z_{min}$ ise \bar{z} değeri z_{min} değerine eşittir.

ρ =Havanın yoğunluğu(kg/m^3)

C_{fx} =Ortalama rüzgar kuvveti katsayısı

$$K = (1.65)^{\hat{\alpha}} \times (\hat{\alpha} + \xi + 1) \quad (5.4)$$

$\hat{\alpha}$ = **Çizelge 5.1** 'e göre bulunur.

I_z = Türbülans şiddeti katsayısı

$$I_z = c \times (10/\bar{z})^{(1/6)} \quad (5.5)$$

c=Türbülans şiddet faktörü. **Çizelge 5.1** 'e göre bulunur.

R=Rezonans tepki faktörü

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} \times R_n \times R_h \times R_B \times (0.53 + 0.47 \times R_L)} \quad (5.6)$$

β =sönüm oranı 0.005 olarak kabul edilmiştir.

$$R_n = (7.47 \times N_1)/(1 + 10.3 \times N_1)^{(5/3)} \quad (5.7)$$

N_1 =azaltılmış frekans

$$N_1 = n_1 \times L_z / \bar{V}_z \quad (5.8)$$

n_1 =doğal frekans(Hz)

$L_{\bar{z}}$ =türbülansın integral uzunluğu(m)

$$L_{\bar{z}} = l \times (\bar{z}/33)^{\bar{\epsilon}} \quad (5.9)$$

l =İntegral uzunluğunun büyütme katsayısı. **Çizelge 5.1** 'e göre bulunur.

$\bar{\epsilon}$ =**Çizelge 5.1** 'e göre bulunur.

R_h, R_B, R_L = Bu değerler aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\eta > 0 \text{ için } R_1 = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} \times (1 - e^{-2\eta}) \quad (5.10)$$

$$\eta = 0 \text{ için } R_1 = 1$$

$$R_h \text{ için } \eta = (4.6 \times n_1 \times h) / \bar{V}_{\bar{z}}$$

$$R_B \text{ için } \eta = (4.6 \times n_1 \times B) / \bar{V}_{\bar{z}}$$

$$R_L \text{ için } \eta = (15.4 \times n_1 \times L) / \bar{V}_{\bar{z}}$$

L = Yapının rüzgar yönüne paralel uzunluğu (m)

m_1 =modal kütle (kg)

$$m_1 = \int_0^h \mu(z) \phi^2(z) dz \quad (5.11)$$

$\mu(z)$ =Birim boyun kütlesi (kg/m)

5.1.3 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{X}_{\text{maks}}(z) = g_{\ddot{x}} \times \sigma_{\ddot{x}}(z) \quad (5.12)$$

$\ddot{X}_{\text{maks}}(z)$ = Maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

$\sigma_{\ddot{x}}(z)$ = Ortalama karekök rüzgar ivmesi (m/s^2)

$g_{\ddot{x}}$ =İvme büyütme katsayısı

$$g_{\ddot{x}} = \sqrt{2 \times \ln(n_1 \times T)} + 0.5772 / \sqrt{2 \times \ln(n_1 \times T)} \quad (5.13)$$

$T = 3600$ s

$n_1=1$. doğal frekans (Hz)

5.2 AS/NZS 1170.2-2002 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelik 200 m yükseklikten az olan binalar için geçerlidir. 3 saniyelik ani rüzgar hızı temel rüzgar hızı olarak dikkate alınır [16]. Bu yönetmeliğe göre dört çeşit arazi sınıfı vardır.

5.2.1 AS/NZS 1170.2-2002'ye göre arazi sınıfları

Bir yapıya etkiyen rüzgar yükleri bulunurken, yapının bulunduğu yerin konumu aşağıda belirtilen sınıflara göre dikkate alınır.

Sınıf 1: Çok az veya hiçbir engelin olmadığı yerlerdir.

Sınıf 2: Düzgün dağılmış, genelde 1.5m ile 10m yükseklikli engellerden oluşan yerlerdir.

Sınıf 3: Çok sayıda, yakın aralıklı dağılmış genelde yüksekliği 3m ile 5m arasında değişen engellerin bulunduğu yerlerdir. Banliyö yerleşim bölgeleridir.

Sınıf 4: Yüksekliği 10m ile 30m arasında, çok sayıda ve sık engellerin bulunduğu yerlerdir. Genelde büyük kent merkezleridir veya gelişmiş sanayi bölgeleridir.

5.2.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{x}_{\text{maks}} = \frac{3}{m_0 \times h^2} \times \frac{\rho_{\text{hava}} \times g_R \times I_h \times \sqrt{\frac{S \times E_t}{\xi}}}{(1 + 2 \times g_v \times I_h)} \times \left\{ C_{\text{şekil,rüzgar}} \times \sum_{z=0}^h [V_{\text{des},\theta}(z)]^2 \times b_z \times z \times \Delta z - C_{\text{şekil,rüzgar}} \times [V_{\text{des},\theta}(h)]^2 \sum_{z=0}^h b_z \times z \times \Delta z \right\} \quad (5.14)$$

\ddot{x}_{maks} = Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum ivme(m/s²)

m_0 = Birim yüksekliğin ortalama kütlesi (kg/m)

h = Bir yapının yerden ortalama çatı yüksekliği (m)

g_R = Rezonans tepkisi için pik faktörü

$$g_R = \sqrt{[2 \times \ln(600 \times n_a)]} \quad (5.15)$$

n_a = rüzgar doğrultusunda oluşan 1.doğal mod (Hz)

ξ = Yapısal kritik sönüm oranı. Çizelge 5.2'ye göre belirlenir.

Çizelge 5.2: Kritik sönüm oranı [16].

Limit Durumu ve Yapı Tipi	Kritik Sönüm Oranı
<u>Kullanabilirlik Limit Durum</u>	
Çelik Yapılar	0.005 -0.010
Betonarme ve Öngerilmeli Yapılar	0.005 -0.010
<u>Nihai limit durum</u>	
Kaynaklı Çelik Yapılar	0.02
Bulonlu Çelik Yapılar	0.05
Betonarme Yapılar	0.05

ρ_{hava} = Havanın yoğunluğu (1.2 kg/m³)

g_v = Rüzgara karşı hızda dalgalanmalar için pik faktörü olup 3.7 olarak alınır.

I_h = Türbülans şiddeti katsayısı. **Çizelge 5.3'e** göre belirlenir.

Çizelge 5.3: Türbülans şiddeti katsayısı [16].

Yükseklik(m)	Limit Durumu, Bölgesi, Arazi Sınıfları			
	Kullanabilirlik Limit Durum			
	1.Sınıf Arazi Tüm Bölge	2.Sınıf Arazi Tüm Bölge	3.Sınıf Arazi Tüm Bölge	4.Sınıf Arazi Tüm Bölge
≤3	0.171	0.207	0.271	0.342
5	0.165	0.196	0.271	0.342
10	0.157	0.183	0.239	0.342
15	0.152	0.176	0.225	0.342
20	0.147	0.171	0.215	0.342
30	0.140	0.162	0.203	0.305
40	0.133	0.156	0.195	0.285
50	0.128	0.151	0.188	0.270
75	0.118	0.140	0.176	0.248
100	0.108	0.131	0.166	0.233
150	0.095	0.117	0.150	0.210
200	0.085	0.107	0.139	0.196
250	0.080	0.098	0.129	0.183
300	0.074	0.092	0.121	0.173
400	0.068	0.082	0.108	0.155
500	0.058	0.074	0.098	0.141

E_t = Rüzgar akımında türbülans spektrumu

$$E_t = \frac{\pi \times N}{(1 + 70.8 \times N^2)^{5/6}} \quad (5.16)$$

N = Azaltılmış frekans

$$N = n_a \times L_h \times [1 + g_v \times I_h] / V_{des,\theta} \quad (5.17)$$

L_h = Türbülans integralinin uzunluğu

$$L_h = 85 \times (h/10)^{0.25} \quad (5.18)$$

$V_{des,\theta}$ = Tasarım rüzgar hızı (m/s)

$V_{des,\theta} = V_{sit,\beta}$ kabul edilmiştir.

$$V_{sit,\beta} = V_R \times M_d \times (M_{z,cat} \times M_s \times M_t) \quad (5.19)$$

V_R = Yerel (temel) rüzgar hızı (m/s)

M_d = Rüzgar yönü çarpanı. Bu yönetmelik kapsamında olmayan bölgeler için 1 alınır.

M_t = Topoğrafik çarpan

M_s = Engelleme çarpanı

$M_{z,cat}$ = Arazi ve yükseklik çarpanı. **Çizelge 5.4'** e göre belirlenir.

Çizelge 5.4: $M_{z,cat}$ değerleri [16].

Yükseklik(m)	$M_{z,cat}$			
	Kullanabilirlik Limit Durum			
	1.Sınıf Arazi	2. Sınıf Arazi	3. Sınıf Arazi	4. Sınıf Arazi
	Tüm Bölge	Tüm Bölge	Tüm Bölge	Tüm Bölge
≤3	0.99	0.91	0.83	0.75
5	1.05	0.91	0.83	0.75
10	1.12	1.00	0.83	0.75
15	1.16	1.05	0.89	0.75
20	1.19	1.08	0.94	0.75
30	1.22	1.12	1.00	0.80
40	1.24	1.16	1.04	0.85
50	1.25	1.18	1.07	0.90
75	1.27	1.22	1.12	0.98
100	1.29	1.24	1.16	1.03
150	1.31	1.27	1.21	1.11
200	1.32	1.29	1.24	1.16
250	1.34	1.31	1.27	1.20
300	1.35	1.32	1.29	1.23
400	1.37	1.35	1.32	1.28
500	1.38	1.37	1.35	1.31

S = Boyut küçültme faktörü

$$S = \frac{1}{\left[1 + \frac{3.5 \times n_a \times h \times (1 + g_v \times I_h)}{V_{des,\theta}}\right] + \left[1 + \frac{4 \times n_a \times b_{0h} \times (1 + g_v \times I_h)}{V_{des,\theta}}\right]}$$

(5.20)

b_{0h} = 0 ile h yükseklikleri arasında yapının ortalama genişliği (m)

$C_{\text{şekil}}$ = aerodinamik şekil faktörü

$$C_{\text{şekil}} = C_{p,e} \times K_a \times K_c \times K_l \times K_p$$

(5.21)

$C_{p,e}$ = Dış basınç katsayısı. **Çizelge 5.5** ve **Çizelge 5.6**'e göre belirlenir.

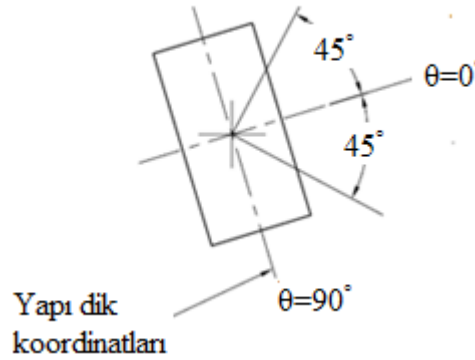
Çizelge 5.5: Rüzgarın estiği taraf için dış basınç katsayıları [16].

Rüzgarın estiği taraf için dış basınç katsayıları	
h(m)	Dış basınç katsayısı ($C_{p,e}$)
> 25.0	0.8 (rüzgar hızı yükseklikle değişen)
≤ 25.0	Zeminde 0.8 (rüzgar hızı yükseklikle değişen) 0.7 (rüzgar hızı z=h alındığında)
	Katlarda 0.8 (rüzgar hızı h yükseklikteki hız alındığında)

Çizelge 5.6: Rüzgarın estiği tarafın aksi için dış basınç katsayıları [16].

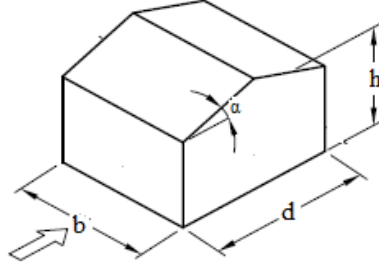
Rüzgarın estiği tarafın aksi için dış basınç katsayıları				
Rüzgar geliş açısı θ (derece)	Çatı Şekli	Çatı eğimi α (derece)	d/b	Dış basınç katsayısı ($C_{p,e}$)
0	Dik veya üçgen çatı	<10	≤1	-0.5
	Dik veya üçgen çatı		2	-0.3
	Dik veya üçgen çatı		≥4	-0.2
0	Dik veya üçgen çatı	10	Tüm değerler	-0.3
0	Dik veya üçgen çatı	15		-0.3
0	Dik veya üçgen çatı	20		-0.4
0	Dik veya üçgen çatı	≥25	≤0.1	-0.75
90	Üçgen çatı	Tüm değerler	≤1	-0.5
	Üçgen çatı		2	-0.3
	Üçgen çatı		≥4	-0.2

θ =Rüzgar geliş açısı olup **Şekil 5.1**'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Rüzgar geliş açısı [16].

α = Çatı eğim açısıdır ve **Şekil 5.2**'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2: Çatı eğim açısı [16].

K_a = Alan küçülme faktörü

K_c = Kombinasyon faktörü

K_1 = Yerel basınç faktörü

K_p = Boşluklu kaplama azaltma faktörü

$V_{des,\theta}(z)$ = Yükseklik z'nin bir fonksiyonu olarak tasarım rüzgar hızı (m/s)

$V_{des,\theta}(h)$ = Yükseklik h için tasarım rüzgar hızı (m/s)

b_z = Herhangi bir z yüksekliğinde yapının ortalama genişliği (m)

Δ_z = Rüzgar etkisine maruz kalan yapı kesitinin yüksekliği (m)

z = Ortalama zemin seviyesinden yapının referans yüksekliği (m)

5.2.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{y}_{maks} = \frac{1.5 \times b \times g_r}{m_0} \times \left[\frac{0.5 \times \rho_{air} \times [V_{des,\theta}]^2}{(1 + g_v \times I_h)^2} \right] \times K_m \times \sqrt{\frac{\pi \times C_{fs}}{\xi}} \quad (5.22)$$

\ddot{y}_{maks} = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum ivme (m/s²)

K_m = Mod şekli düzeltme faktörü

$$K_m = 0.76 + 0.24 \times k \quad (5.23)$$

k = Mod şekli için mod şekli üssü. Kullanılan k değerleri aşağıda verilmiştir.

$k=1.5$: Üniform bir konsol için

$k=0.5$: İnce çerçevesel yapılar (moment aktarabilen)

$k=1.0$: Merkezi bir çekirdek ve moment aktarabilen cephesi olan bir bina için

$k=2.3$: Rijitliği yükseklikle azalan kuleler için veya en üstte büyük bir kütle bulunduran yapılarda.

$\pi = 3.14$

C_{fs} = Genelleştirilmiş doğrusal mod şekli için kuvvet spektrumu katsayısı.

C_{fs} değerinin bulunması için azaltılmış hız (V_n) bulunur.

$$V_n = V_{des,\theta} / [n_c \times b \times (1 + g_v \times I_h)] \quad (5.24)$$

V_n = Azaltılmış hız

n_c = Rüzgar yönüne dik hareket için 1.mod doğal frekansı(Hz)

b =Yapının veya elemanın genişliği (m)

Hesaplanan V_n değeri ve incelenen yapının boyutlarına bağlı olarak C_{fs} değerleri aşağıdaki gibi dört farklı şekilde hesaplanır. I_h değerleri burada değerlerin dışında ise C_{fs} değerleri interpolasyon yapılarak bulunur.

1) (h:b:d) oranı yaklaşık (3:1:1) ve V_n değeri 2 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000353V_n^4 - 0.0134V_n^3 + 0.15V_n^2 - 0.345V_n - 3.109 \quad (5.25)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.00008V_n^4 - 0.0028V_n^3 + 0.0199V_n^2 + 0.13V_n - 2.985 \quad (5.26)$$

2) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:1:1) ve V_n değeri 3 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000406V_n^4 - 0.0165V_n^3 + 0.201V_n^2 - 0.603V_n - 2.76 \quad (5.27)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000334V_n^4 - 0.0125V_n^3 + 0.141V_n^2 - 0.384V_n - 2.36 \quad (5.28)$$

3) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:2:1) ve V_n değeri 2 ile 18 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = (-3.2 + 0.0683V_n^2 - 0.000394V_n^4) / (1 - 0.02V_n^2 + 0.000123V_n^4) \quad (5.29)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = (-3 + 0.0637V_n^2 - 0.00037V_n^4) / (1 - 0.02V_n^2 + 0.000124V_n^4) \quad (5.30)$$

4) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:1:2) ve V_n değeri 2 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000457V_n^3 - 0.0226V_n^2 + 0.396V_n - 4.093 \quad (5.31)$$

ii. $2h/3$ yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.00038V_n^3 - 0.0197V_n^2 + 0.363V_n - 3.82 \quad (5.32)$$

5.3 IS:875 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelik için temel rüzgar hızı açık arazide ortalama zeminden 10m yükseklik için kısa bir zaman aralığında (yaklaşık 3 saniye) ani hıza bağlıdır. 50 yıllık dönüş periyodu esas alınmıştır [17].

5.3.1 IS:875'e göre arazi sınıfları

Arazi sınıflarının seçimi zemin yüzey pürüzlülüğünü oluşturan engellerin etkisini dikkate alarak yapılmalıdır. Bir yapının tasarımında kullanılan arazi sınıfı ele alınan rüzgar yönüne bağlı olarak değişebilir.

Sınıf 1: Yapıyı çevreleyen herhangi bir nesnenin ortalama yüksekliği 1,5 m'den az olan birkaç veya herhangi bir engelin bulunmadığı arazilerdir. Bu sınıf açık deniz kıyıları ve düz ağaçsız ovaları içerir.

Sınıf 2: Engellerin düzgün dağıldığı ve bu engellerin genellikle 1.5 ile 10 m arasında yüksekliğe sahip olduğu arazilerdir. Bu arazi sınıfı temel rüzgar hızı ölçümü için referans arazidir. Bu sınıf araziler havaalanlarını, açık parklar ve gelişmemiş seyrek yapılı kasabaları içerir.

Sınıf 3: Çok sayıda yakın aralıklı yüksekliği 10 metreye kadar olan engellerin veya birkaç izole uzun yapıya sahip olan arazilerdir. Bu sınıfta iyi ağaçlık alanlar ve çalılıklar, ilçe ve endüstriyel alanlarda kısmen veya tamamen gelişmiş alanlar bulunmaktadır.

Sınıf 4: Çok sayıda büyük yüksek yakın aralıklı engellerin bulunduğu arazilerdir. Bu sınıfta genellikle büyük kent merkezlerini içermektedir. 25 metreden daha yüksek engellerin bulunduğu yerlerdir. İyi gelişmiş sanayi alanlarının olduğu arazileri içerir.

5.3.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{x}_h = \frac{6}{m_0 \times h^2} \times \frac{g_R \times I_h \times \sqrt{\frac{S \times E}{\beta}}}{(1 + 2 \times g_v \times I_h)} \times \left[\sum_{z=0}^h C_f \times P_z \times A_e \times Z \right] \quad (5.33)$$

\ddot{x}_h = Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum ivme (m/s^2)

m_0 = Birim yüksekliğin ortalama kütlesi (kg/m)

I_h =Türbülans şiddeti katsayısı olup **Çizelge 5.7'** göre belirlenir.

Çizelge 5.7: Türbülans şiddeti katsayısı [17].

Yükseklik(m)	Limit Durumu, Bölgesi, Arazi Sınıfı			
	Kullanabilirlik Limit Durumu			
	1. Sınıf Arazi Tüm Bölge	2. Sınıf Arazi Tüm Bölge	3. Sınıf Arazi Tüm Bölge	4. Sınıf Arazi Tüm Bölge
10	0.157	0.183	0.239	0.342
15	0.152	0.176	0.225	0.342
20	0.147	0.171	0.215	0.342
30	0.140	0.162	0.203	0.305
40	0.133	0.156	0.195	0.285
50	0.128	0.151	0.188	0.270
75	0.118	0.140	0.176	0.248
100	0.108	0.131	0.166	0.233
150	0.095	0.117	0.150	0.210
200	0.085	0.107	0.139	0.196
250	0.080	0.098	0.129	0.183
300	0.074	0.092	0.121	0.173
400	0.068	0.082	0.108	0.155
500	0.058	0.074	0.098	0.141

g_R = rezonans tepkisi için pik faktörü

$$g_R = \sqrt{[2 \times \ln(3600 \times f_0)]} \quad (5.34)$$

f_0 =rüzgar doğrultusunda oluşan 1.doğal titreşim modu (Hz)

b = Yatay düzlem içinde rüzgar akımına dik olan genişlik (m)

h = Bir yapının yerden ortalama yüksekliği (m)

g_v = Rüzgara karşı hızda dalgalanmalar için pik faktörü olup 3.5 olarak alınır.

β =Yapısal sönüm oranıdır ve **Çizelge 5.8'** göre belirlenir.

Çizelge 5.8: Sönüm oranı [17].

Yapı Tipi	Sönüm Oranı
Kaynaklı Çelik Yapılar	0.01
Bulonlu Çelik Yapılar	0.02
Betonarme ve Öngerilmeli Yapılar	0.02

E = Rüzgar akımında türbülans spektrumu

$$E = \frac{\pi \times N}{(1 + 70 \times N^2)^{5/6}} \quad (5.35)$$

N = Azaltılmış frekans

$$N = f_0 \times L_h \times [1 + g_v \times I_h] / V_h \quad (5.36)$$

L_h = Türbülans integralinin uzunluğu

$$L_h = 100 \times (h/10)^{0.25} \quad (5.37)$$

V_h = h yüksekliğinde tasarım rüzgar hızı (m/s)

V_z = Herhangi bir z yüksekliğinde tasarım rüzgar hızı (m/s)

$$V_z = V_b \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \quad (5.38)$$

V_b = Temel rüzgar hızı (m/s)

k₁ = Olasılık faktörü (risk katsayısı). **Çizelge 5.9'**a göre belirlenir

Çizelge 5.9: k₁ değerleri [17].

Yapı Sınıfı	Yapı Ort. Tasarım Ömrü	Temel Rüzgar Hızlarına Göre k ₁ Faktörü					
		33 (m/s)	39 (m/s)	44 (m/s)	47 (m/s)	50 (m/s)	55 (m/s)
Tüm Yapılar	50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Geçici Önleyiciler, Sınır Duvar İnşaat Sırasında Kullanılan Yapılar	5	0.82	0.76	0.73	0.71	0.70	0.67
Konut Dışındaki Çiftlik Binaları, Can ve Mal Tehlike Derecesi Düşük Yapılar	25	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89
Önemli Yapılar (Haberleşme Merkezleri, Hastaneler, Kuleler, Santraller)	100	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08

k₂ = Arazi pürüzlülüğü ve yükseklik faktörü (risk katsayısı). **Çizelge 5.10'a** göre belirlenir.

k₃ = Topoğrafya faktörü, 1 olarak alınabilir.

k₄ = Kasırga bölgesi için önem faktörü, 1 olarak alınabilir.

S = Boyut küçültme faktörü

$$S = \frac{1}{\left[1 + \frac{4 \times f_0 \times h \times (1 + g_v \times I_h)}{V_h}\right] + \left[1 + \frac{4 \times f_0 \times b_{0h} \times (1 + g_v \times I_h)}{h}\right]} \quad (5.39)$$

Çizelge 5.10: k_2 değerleri [17].

Yükseklik(m)	Arazi ve Yükseklik Katsayısı (k_2)			
	1. Sınıf Arazi	2. Sınıf Arazi	3. Sınıf Arazi	4. Sınıf Arazi
10	1.05	1.00	0.91	0.80
15	1.09	1.05	0.97	0.80
20	1.12	1.07	1.01	0.80
30	1.15	1.12	1.06	0.97
50	1.20	1.17	1.12	1.10
100	1.26	1.24	1.20	1.20
150	1.30	1.28	1.24	1.24
200	1.32	1.30	1.27	1.27
250	1.34	1.32	1.29	1.28
300	1.35	1.34	1.31	1.30
350	1.37	1.36	1.32	1.31
400	1.38	1.37	1.34	1.32
450	1.39	1.38	1.35	1.33
500	1.40	1.39	1.36	1.34

$b_{0h} = 0$ ile h yükseklikleri arasında yapının ortalama genişliği (m)

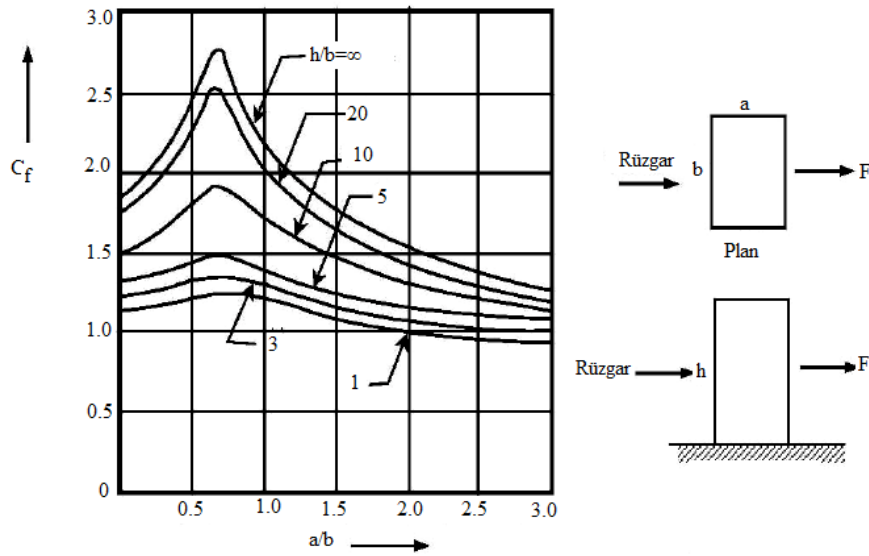
$z =$ Ortalama zemin seviyesinden yükseklik (m)

$P_z = z$ yüksekliğinde oluşan rüzgar basıncı (N/m^2)

$$P_z = 0.6 \times V_z^2 \quad (5.40)$$

$A_e =$ Etkili kesit alanı (m^2)

$C_f =$ Kuvvet katsayısı , Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3: C_f katsayısının değişimi [17].

5.3.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{y}_{\text{maks}} = \frac{0.9 \times b \times g_r}{m_0} \times \left[\frac{V_h}{1 + g_v \times I_h} \right]^2 \times K_m \times \sqrt{\frac{\pi \times C_{fs}}{\beta}} \quad (5.41)$$

\ddot{y}_{maks} = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum ivme (m/s²)

K_m = Mod şekli düzeltme faktörü

$$K_m = 0.76 + 0.24 \times k \quad (5.42)$$

k = Mod şekli için mod şekli üssü. Kullanılan k değerleri aşağıda verilmiştir.

$k=1.5$: Üniform bir konsol için

$k=0.5$: İnce çerçeveli yapılar (moment aktarabilen)

$k=1.0$: Merkezi bir çekirdek ve moment aktarabilen cephesi olan bir bina için

$k=2.3$: Rijitliği yükseklikle azalan kuleler için veya en üstte büyük bir kütle bulunduran yapılarda.

$\pi = 3.14$

C_{fs} = Genelleştirilmiş doğrusal mod şekli için kuvvet spektrumu katsayısı. Bu değer bulunması için azaltılmış hız (V_n) bulunur.

$$V_n = V_z / [f_0 \times b \times (1 + g_v \times I_h)] \quad (5.43)$$

V_n = Azaltılmış hız

f_0 = Rüzgar yönüne dik hareket için 1. mod doğal frekansı (Hz)

Hesaplanan V_n değeri ve yapı boyutlarına bağlı olarak C_{fs} aşağıdaki gibi hesaplanır.

1) (h:b:d) oranı yaklaşık (3:1:1) ve V_n değeri 2 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. $2h/3$ yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000353V_n^4 - 0.0134V_n^3 + 0.15V_n^2 - 0.345V_n - 3.109 \quad (5.44)$$

ii. $2h/3$ yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.00008V_n^4 - 0.0028V_n^3 + 0.0199V_n^2 + 0.13V_n - 2.985 \quad (5.45)$$

2) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:1:1) ve V_n değeri 3 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. $2h/3$ yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000406V_n^4 - 0.0165V_n^3 + 0.201V_n^2 - 0.603V_n - 2.76 \quad (5.46)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000334V_n^4 - 0.0125V_n^3 + 0.141V_n^2 - 0.384V_n - 2.36 \quad (5.47)$$

3) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:2:1) ve V_n değeri 2 ile 18 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = (-3.2 + 0.0683V_n^2 - 0.000394V_n^4)/(1 - 0.02V_n^2 + 0.000123V_n^4) \quad (5.48)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = (-3 + 0.0637V_n^2 - 0.00037V_n^4)/(1 - 0.02V_n^2 + 0.000124V_n^4) \quad (5.49)$$

4) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:1:2) ve V_n değeri 2 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000457V_n^3 - 0.0226V_n^2 + 0.396V_n - 4.093 \quad (5.50)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.00038V_n^3 - 0.0197V_n^2 + 0.363V_n - 3.82 \quad (5.51)$$

5.4 MS 1153-2002 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelik deniz yapıları, köprü ve iletim kuleleri dışında kalan yapılardan, yüksekliği 200 metreden az olan binalar için geçerlidir. 3 saniyelik ani rüzgar hızı temel rüzgar hızı olarak dikkate alınır. Dönüş periyodu 50 yıl olarak kabul edilir [18].

5.4.1 MS 1553-2002'ye göre arazi sınıfları

Bir yapıya etkiyen rüzgar yükleri bulunurken, yapının bulunduğu yerin konumu aşağıda belirtilen sınıflara göre dikkate alınır.

Sınıf 1: Çok az veya hiçbir engelin olmadığı yerlerdir.

Sınıf 2: Düzgün dağılmış, genelde 1.5m ile 10m yükseklikli engellerden oluşan yerlerdir. Açık araziler, otlaklar ve su yüzeyleri bu sınıf içindedirler.

Sınıf 3: Çok sayıda, yakın aralıklı dağılmış genelde yüksekliği 3m ile 5m arasında değişen engellerin bulunduğu yerlerdir. Banliyö yerleşim bölgeleridir.

Sınıf 4: Genelde büyük kent merkezleridir veya gelişmiş sanayi bölgeleridir. Yüksekliği 10m ile 30m arasında, çok sayıda ve sık engellerin bulunduğu yerlerdir.

5.4.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{x}_{maks} = \frac{3}{m_0 \times h^2} \times \frac{\rho_{hava} \times g_R \times \sqrt{\frac{S \times E_t}{\xi}}}{(1 + 2 \times g_v \times I_h)} \times \{C_{\text{şekil,rüzgar}} \times \sum_{z=0}^h [V_{des}(z)]^2 \times b_z \times z \times \Delta z - C_{\text{şekil,rüzgar}} \times [V_{des}(h)]^2 \sum_{z=0}^h b_z \times z \times \Delta z\} \quad (5.52)$$

\ddot{x}_{maks} = Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum ivme(m/s²)

m_0 = Birim yüksekliğin ortalama kütlesi (kg/m)

h = Bir yapının yerden ortalama çatı yüksekliği (m)

ρ_{hava} = Havanın yoğunluğu (1.225 kg/m³)

I_h = Türbülans şiddeti katsayısı. Çizelge 5.11'e göre belirlenir.

Çizelge 5.11: Türbülans şiddeti katsayısı [18].

Yükseklik(m)	Kullanabilirlik Limit Durum			
	1. Sınıf Arazi	2. Sınıf Arazi	3. Sınıf Arazi	4. Sınıf Arazi
≤3	0.17	0.21	0.27	0.34
5	0.16	0.20	0.27	0.34
10	0.16	0.18	0.24	0.34
15	0.15	0.18	0.22	0.34
20	0.15	0.17	0.21	0.34
30	0.14	0.16	0.20	0.34
40	0.13	0.16	0.19	0.30
50	0.13	0.15	0.19	0.27
75	0.12	0.14	0.18	0.25
100	0.11	0.13	0.17	0.23
150	0.10	0.12	0.15	0.21
200	0.09	0.11	0.14	0.20
250	0.08	0.10	0.13	0.18
300	0.07	0.09	0.12	0.17
400	0.07	0.08	0.11	0.15
500	0.06	0.07	0.10	0.14

g_R = rezonans tepkisi için pik faktörü

$$g_R = \sqrt{[2 \times \ln(600 \times n_a)]} \quad (5.53)$$

n_a =rüzgar doğrultusunda oluşan 1.doğal mod (Hz)

ξ =Yapısal kritik sönüm oranı. **Çizelge 5.12'** ye göre belirlenir.

Çizelge 5.12: Kritik sönüm oranı [18].

Limit Durumu ve Yapı Tipi	Kritik Sönüm Oranı
<u>Kullanabilirlik Limit Durumu</u>	
Çelik Yapılar	0.005 -0.010
Betonarme ve Öngerilmeli Yapılar	0.005 -0.010
<u>Nihai Limit Durumu</u>	
Kaynaklı Çelik Yapılar	0.02
Bulonlu Çelik Yapılar	0.05
Betonarme Yapılar	0.05

g_v = Rüzgara karşı hızda dalgalanmalar için pik faktörü, 3.7 olarak alınır.

E_t = Rüzgar akımında türbülans spektrumu

$$E_t = \frac{0.47 \times N}{(2 + N)^{5/6}} \quad (5.54)$$

N = Azaltılmış frekans

$$N = n_a \times L_h \times [1 + g_v \times I_h]/V_{des} \quad (5.55)$$

L_h = Türbülans integralinin uzunluğu

$$L_h = 1000 \times (h/10)^{0.25} \quad (5.56)$$

V_{des} = Tasarım rüzgar hızı (m/s)

$$V_{des} = V_{sit} \times I \quad (5.57)$$

V_{sit} = Yerel rüzgar hızı (m/s)

$$V_{sit} = V_s \times M_d \times M_{z,cat} \times M_s \times M_h \quad (5.58)$$

V_s = Temel rüzgar hızı (m/s)

M_d = Rüzgar yönü çarpanı. 1 alınır.

M_s = Engelleme çarpanıdır. 1 kabul edilebilir.

M_h = Tepe şekil çarpanıdır. 1 olarak alınabilir

I = Önem faktörüdür. **Çizelge 5.13'e** göre belirlenir.

Çizelge 5.13: Önem faktörü [18].

Önem faktörü(I)		
Yapı Niteliği	Yapı Sınıfı	I
Tarımsal Tesisler, Geçici Tesisler ve Küçük Depolama Tesisleri Gibi İnsan Yaşamı İçin Düşük Tehlikeli Yapılar	I	0.87
Sınıf I, III ve IV Dışındaki Tüm Yapılar	II	1.00
300'den Fazla İnsanın Bir Arada Bulunduğu Yapılar	III	1.15
İtfaiye Binaları, Hastaneler, Enerji Santralleri Binaları İletişim Merkezleri Yapıları ve Polis Karakolları Binası	IV	1.15

$M_{z,cat}$ = Arazi ve yükseklik çarpanı. **Çizelge 5.14'**e göre belirlenir.

Çizelge 5.14: $M_{z,cat}$ değerleri [18].

Yükseklik(m)	$M_{z,cat}$			
	Kullanabilirlik Limit Durum			
	1. Sınıf Arazi	2. Sınıf Arazi	3. Sınıf Arazi	4. Sınıf Arazi
	Tüm Bölge	Tüm Bölge	Tüm Bölge	Tüm Bölge
≤3	0.99	0.91	0.83	0.75
5	1.05	0.91	0.83	0.75
10	1.12	1.00	0.83	0.75
15	1.16	1.05	0.89	0.75
20	1.19	1.08	0.94	0.75
30	1.22	1.12	1.00	0.80
40	1.24	1.16	1.04	0.85
50	1.25	1.18	1.07	0.90
75	1.27	1.22	1.12	0.98
100	1.29	1.24	1.16	1.03
150	1.31	1.27	1.21	1.11
200	1.32	1.29	1.24	1.16
250	1.34	1.31	1.27	1.20
300	1.35	1.32	1.29	1.23
400	1.37	1.35	1.32	1.28
500	1.38	1.37	1.35	1.31

S = Boyut küçültme faktörü

$$S = \frac{1}{\left[1 + \frac{3.5 \times n_a \times h \times (1 + g_v \times I_h)}{V_{des}}\right] + \left[1 + \frac{4 \times n_a \times b_{0h} \times (1 + g_v \times I_h)}{V_{des}}\right]} \quad (5.59)$$

$b_{0h} = 0$ ile h yükseklikleri arasında yapının ortalama genişliği (m)

$C_{\text{şekil}}$ = aerodinamik şekil faktörü

$$C_{\text{şekil}} = C_{p,e} \times K_a \times K_c \times K_l \times K_p \quad (5.60)$$

$C_{p,e}$ = Dış basınç katsayısıdır.

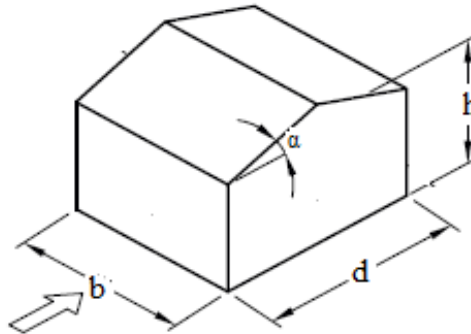
Çizelge 5.15: Rüzgarın estiği taraf için dış basınç katsayıları [18].

Rüzgarın estiği taraf için dış basınç katsayıları.	
h(m)	Dış basınç katsayısı ($C_{p,e}$)
> 25.0	0.8 (rüzgar hızı yükseklikle değişen)
≤ 25.0	Zeminde 0.8 (rüzgar hızı yükseklikle değişen) 0.7 (rüzgar hızı $z=h$ alındığında)
	Katlarda 0.8 (rüzgar hızı h yükseklikteki hız alındığında)

Çizelge 5.16: Rüzgarın estiği tarafın aksi için dış basınç katsayıları [18].

Rüzgarın estiği tarafın aksi için dış basınç katsayıları.		
Çatı eğimi α (derece)	d/b	Dış basınç katsayısı ($C_{p,e}$)
<10	≤1	-0.5
	2	-0.3
	≥4	-0.2
10	Tüm değerler	-0.3
15		-0.3
20		-0.4
≥25	≤0.1	-0.75
	0.2	-0.625
	≥0.3	-0.5

α = Çatı eğim açısı, Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 : Çatı eğim açısı [18].

K_a = Alan küçülme faktörü

K_c = Kombinasyon faktörü

K_l = Yerel basınç faktörü

K_p = Boşluklu kaplama azaltma faktörü

$V_{des}(z)$ = Yükseklik z'nin bir fonksiyonu olarak tasarım rüzgar hızı (m/s)

$V_{des}(h)$ = Yükseklik h için tasarım rüzgar hızı (m/s)

b_z = Herhangi bir z yüksekliğinde yapının ortalama genişliği (m)

Δ_z = Rüzgar etkisine maruz kalan yapı kesitinin yüksekliği (m)

z = Ortalama zemin seviyesinden yapının referans yüksekliği (m)

5.4.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{y}_{maks} = \frac{1.5 \times b \times g_r}{m_0} \times \left[\frac{0.5 \times \rho_{air} \times [V_{des}]^2}{(1 + g_v \times I_h)^2} \right] \times K_m \times \sqrt{\frac{\pi \times C_{fs}}{\xi}} \quad (5.61)$$

\ddot{y}_{maks} = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum ivme (m/s²)

K_m = Mod şekli düzeltme faktörü

$$K_m = 0.76 + 0.24 \times k \quad (5.62)$$

k = Mod şekli için mod şekli üssü. Kullanılan k değerleri aşağıda verilmiştir.

$k=1.5$: Üniform bir konsol için

$k=0.5$: İnce çerçeve yapılar (moment aktarabilen)

$k=1.0$: Merkezi bir çekirdek ve moment aktarabilen cephesi olan bir bina için

$k=2.3$: Rijitliği yükseklikle azalan kuleler için veya en üstte büyük bir kütle bulunduran yapılarda.

C_{fs} = Genelleştirilmiş doğrusal mod şekli için kuvvet spektrumu katsayısı. Bu değer için azaltılmış hız (V_n) bulunur.

$$V_n = V_{des} / [n_c \times b \times (1 + g_v \times I_h)] \quad (5.63)$$

n_c = Rüzgar yönüne dik hareket için 1. mod doğal frekansı (Hz)

b = Yapının veya elemanın genişliği (m)

Hesaplanan V_n değeri ve yapı boyutlarına bağlı olarak C_{fs} aşağıdaki gibi hesaplanır.

1) (h:b:d) oranı yaklaşık (3:1:1) ve V_n değeri 2 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000353V_n^4 - 0.0134V_n^3 + 0.15V_n^2 - 0.345V_n - 3.109 \quad (5.64)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.00008V_n^4 - 0.028V_n^3 + 0.0199V_n^2 + 0.13V_n - 2.985 \quad (5.65)$$

2) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:1:1) ve V_n değeri 3 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000406V_n^4 - 0.0165V_n^3 + 0.201V_n^2 - 0.603V_n - 2.76 \quad (5.66)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000334V_n^4 - 0.0125V_n^3 + 0.141V_n^2 - 0.384V_n - 2.36 \quad (5.67)$$

3) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:2:1) ve V_n değeri 2 ile 18 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = (-3.2 + 0.0683V_n^2 - 0.000394V_n^4) / (1 - 0.02V_n^2 + 0.000123V_n^4) \quad (5.68)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = (-3 + 0.0637V_n^2 - 0.00037V_n^4) / (1 - 0.02V_n^2 + 0.000124V_n^4) \quad (5.69)$$

4) (h:b:d) oranı yaklaşık (6:1:2) ve V_n değeri 2 ile 16 arasında ise aşağıdaki koşullara göre hesap yapılır.

i. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.12$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.000457V_n^3 - 0.0226V_n^2 + 0.396V_n - 4.093 \quad (5.70)$$

ii. 2h/3 yüksekliğinde $I_h = 0.2$ ise

$$\log_{10} C_{fs} = 0.00038V_n^3 - 0.0197V_n^2 + 0.363V_n - 3.82 \quad (5.71)$$

5.5 EUROCODE 1-04 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelik, yüksekliği 200 metreden az olan binalar için geçerlidir. 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı temel rüzgar hızı olarak dikkate alınır. Dönüş periyodu 50 yıl olarak kabul edilir [19]. Bu yönetmelikte rüzgarın estiği doğrultuda ortaya çıkan ivme konusunda bilgi vardır. Dik doğrultuda ortaya çıkan ivme ile ilgili bir formül yoktur.

5.5.1 EUROCODE 1-04 'e göre arazi sınıfları

Bu yönetmelikte arazi sınıfları ve arazi parametreleri **Çizelge 5.17** 'ye göre belirlenir.

Çizelge 5.17: Arazi sınıfları ve katsayıları [19].

Arazi Sınıfı		Z ₀	Z _{min}
		(m)	(m)
0	Deniz veya açık deniz etkisine maruz kıyıları	0.003	1
I	Göller yada engellerin olmadığı düz ve yatay alanlar	0.01	1
II	Ot veya izole engellerin bulunduğu alanlar	0.05	2
III	Köyler , banliyö yerleşim arazileri ve kalıcı orman alanlarının bulunduğu yerler.	0.3	5
IV	Ortalama yüksekliği en az 15 m olan yapılarla %15 kaplı alanlar.	1	10

5.5.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan ortalama karekök rüzgar ivmesi

$$\sigma_{a,x}(z) = \frac{C_f \times \rho \times b \times I_v(z_e) \times [V_m(z_e)]^2}{m_{1,x}} \times R \times K_x \times \phi_{1,x}(z) \quad (5.72)$$

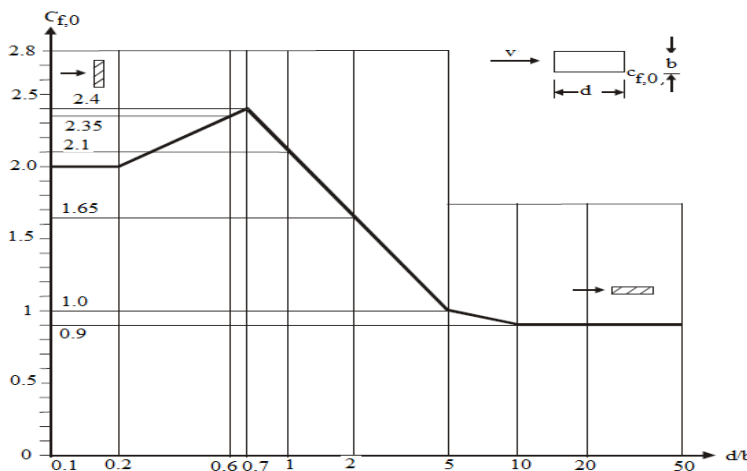
$\sigma_{a,x}$ = ortalama karekök rüzgar ivmesi (m/s²)

C_f = Kuvvet katsayısı

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda \quad (5.73)$$

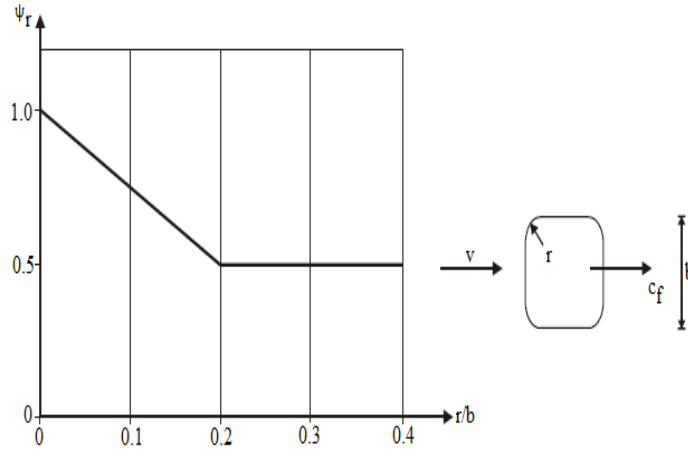
$C_{f,0}$ = Düzgün kesitli, keskin köşeli, açık ucu olmayan kesit için kuvvet katsayısı,

Şekil 5.5'e göre bulunur.



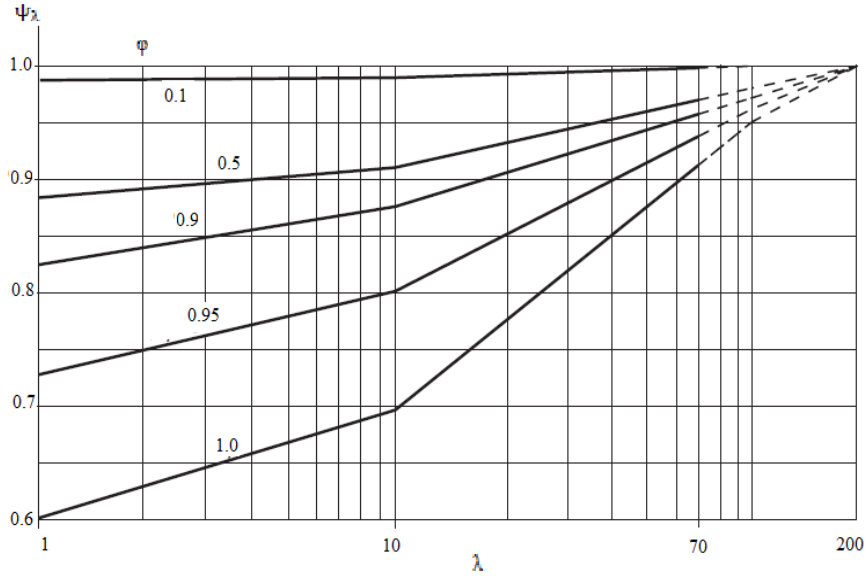
Şekil 5.5: $C_{f,0}$ katsayısı [19].

ψ_r = köşeleri yuvarlatılmış kare bölümler için azaltma faktörü, **Şekil 5.6**'ya göre bulunur.



Şekil 5.6: ψ_r katsayısı [19].

ψ_λ = Uç etki faktörü, **Şekil 5.7**'ye göre bulunur.



Şekil 5.7: ψ_λ katsayısı [19].

ϕ = Doluluk, kararlılık oranı

$$\phi = A/A_c \quad (5.74)$$

A = Yapıda bulunan elemanların toplam alanı(m^2)

A_c = Toplam alan(m^2)

$$A = l \times b \quad (5.75)$$

l = Bir yapının uzunluğu (m)

b = Yapının genişliği (m)

λ = Etkili narinlik, **Şekil 5.8'e** göre bulunur.

No.	Yapının Pozisyonu	Etkili narinlik
1		poligonal, dikdörtgen, kafes yapıları için: $l \geq 50m$ ise $\lambda = 1.4(l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır. $l < 15m$ ise $\lambda = 2(l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır.
2		dairesel silindirik yapılar için: $l \geq 50m$ ise $\lambda = 0.7(l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır. $l < 15m$ ise $\lambda = (l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır.
3		$l \geq 50m$ ise $\lambda = 0.7(l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır. $l < 15m$ ise $\lambda = (l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır.
4		$l \geq 50m$ ise $\lambda = 0.7(l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır. $l < 15m$ ise $\lambda = (l/b)$ veya $\lambda = 70'$ 'den küçük olanıdır.

Şekil 5.8: λ katsayısı [19].

ρ = Havanın yoğunluğu (1.25 kg/m^3)

z_e = Eşdeğer yapı yüksekliği, $0.6h$ veya **Çizelge 5.17'**de verilen z_{\min} değerinden büyük olanıdır.

$I_v(z_e)$ = z_e yüksekliğinde türbülans şiddetidir. $I_v(z)$ 'nin aşağıda verilen genel formülünde $z = z_e$ yazılarak bulunur.

$I_v(z)$ = Türbülans şiddeti

$$z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \text{ için } I_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{k_1}{C_o(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

(5.76)

$$z < z_{\min} \text{ için } I_v(z) = I_v(z_{\min})$$

z_{\min} = **Çizelge 5.17'**ye göre belirlenen minimum yüksekliktir. (m)

z = Yapının hesaplanması istenen yerden yüksekliği (m)

z_{maks} = Maksimum hesaplanacak yüksekliktir. Bu yönetmelik için 200 m dir.

z_0 = Pürüzlülük uzunluğu (m)

σ_v = Türbülansın standart sapması

$$\sigma_v = k_r \times V_b \times k_1 \quad (5.77)$$

$k_r = z_0$ yüksekliğine bağlı olarak hesaplanan pürüzlülük uzunluğuna bağlı katsayı

$$k_r = 0.19 \times (z_0/z_{0,II})^{0.07} \quad (5.78)$$

z_0 , $z_{0,II}$ = **Çizelge 5.17**'de verilen değerlere göre bulunan katsayılarıdır.

V_b = Temel rüzgar hızı (m/s)

k_1 = Türbülans faktörü, 1 olarak alınabilir.

$V_m(z)$ = Ortalama rüzgar hızı (m/s)

$$V_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times V_b \quad (5.79)$$

$c_r(z)$ = Pürüzlülük katsayısı

$$z_{min} \leq z \leq z_{maks} \text{ için } c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (5.80)$$

$$z < z_{min} \text{ için } c_r(z) = c_r \times z_{min}$$

$c_o(z)$ = Dağ faktörü, 1 olarak alınabilir.

R =Rezonans tepki faktörü

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \times \delta} \times S_L(z_e, n_{1,x}) \times R_h(\eta_h) \times R_b(\eta_b) \quad (5.81)$$

δ = Toplam sönüm için logaritmik azaltma katsayısı

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d \quad (5.82)$$

δ_s = Yapısal sönüm logaritmik azaltma katsayısı, **Çizelge 5.18** 'e göre belirlenir.

Çizelge 5.18: δ_s katsayısının değişimi [19].

Yapı Tipi	Yapısal Sönüm
Betonarme Yapılar	0.01
Çelik Yapılar	0.05
Kompozit Yapılar	0.08
Betonarme Kuleler ve Bacalar	0.03

δ_a = Temel mod için aerodinamik sönümlenme logaritmik azaltma katsayısı

$$\delta_a = (C_f \times \rho \times b \times V_m(z_e)) / (2 \times n_1 \times m_e) \quad (5.83)$$

δ_d = Özel cihazlar nedeniyle sönüm logaritmik azaltma katsayısıdır.

S_L = Güç spektralinin yoğunluk fonksiyonu (birimsizdir), Şekil 5.9'da değişimi verilmiştir.

$$S_L(z, n) = \frac{n \times S_v(z, n)}{(\sigma_v)^2} = \frac{6.8 \times f_L(z, n)}{(1 + 10.2 \times f_L(z, n))^{5/3}} \quad (5.84)$$

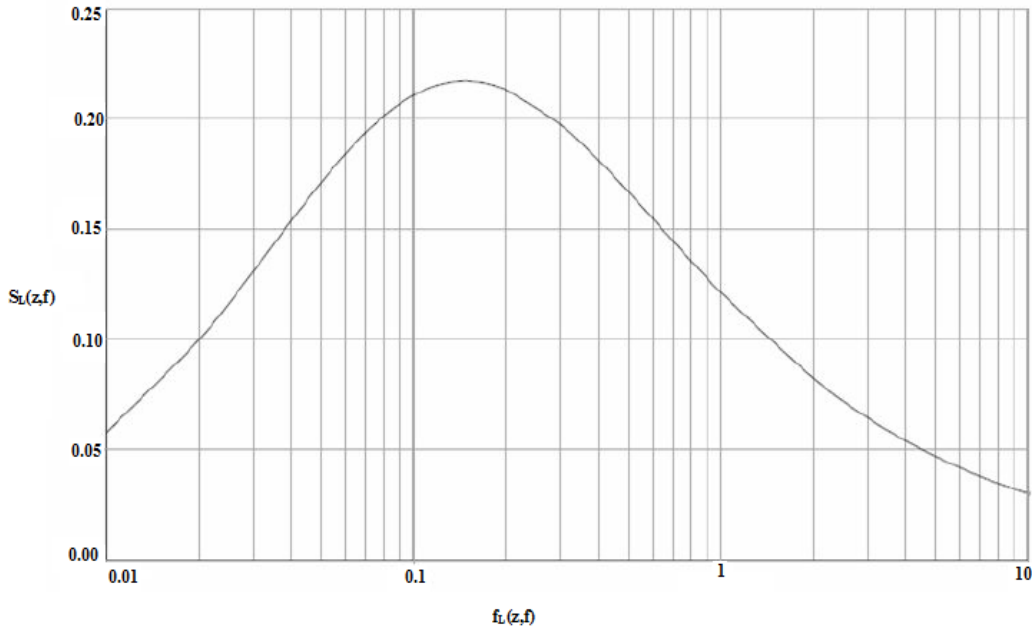
$n=n_{1,x}$ = Yapının Doğal frekansdır.(Hz)

$$n_{1,x} = (46/h) \quad (5.85)$$

S_v = Tek yönlü varyans spektrum katsayısıdır (birimsizdir).

f_L = Birimsiz frekans, Şekil 5.9'da değişimi verilmiştir.

$$f_L = (n \times L(z)) / V_m(z) \quad (5.86)$$



Şekil 5.9: S_L ve f_L değişimi [19].

$L(z)$ = Türbülans uzunluğu (m)

$$z > z_{\min} \text{ için } L(z) = L_t \times \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha \quad (5.87)$$

$$z < z_{\min} \text{ için } L(z) = L(z_{\min})$$

L_t = Referans uzunluk, 300m dir.

z_t = Referans yükseklik, 200m dir.

$$\alpha = 0.67 + 0.05 \times \ln(z_0) \quad (5.88)$$

R_h, R_b = Aerodinamik giriş(geçiş) fonksiyonları

$$\eta > 0 \text{ için } R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \times \eta_h^2} \times (1 - e^{-2\eta_h}) \quad (5.89)$$

$$\eta = 0 \text{ için } R_h = 1$$

$$\eta > 0 \text{ için } R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \times \eta_b^2} \times (1 - e^{-2\eta_b}) \quad (5.90)$$

$$\eta = 0 \text{ için } R_b = 1$$

$$R_h \text{ için } \eta_h = (4.6 \times h \times f_L(z_e, n_{1,x}))/L(z_e)$$

$$R_b \text{ için } \eta_b = (4.6 \times b \times f_L(z_e, n_{1,x}))/L(z_e)$$

K_x = Birimsiz katsayıdır.

$$K_x = \frac{(2 \times \zeta + 1) \times \{(\zeta + 1) \times [\ln(z_e/z_0) + 0.5] - 1\}}{(\zeta + 1)^2 \times \ln(z_e/z_0)} \quad (5.91)$$

ζ =Mod şekline bağlı katsayı, Çizelge 5.19 'a göre belirlenir.

Çizelge 5.19: ζ katsayısının değişimi [19].

Yapı türü	ζ
Yük paylaşımı olmayan duvar veya kaplamaya sahip ince(narin) çerçevesel yapılar	0.6
Merkezi bir çekirdek ile birlikte çevresel kolonların bulunduğu yapılar veya daha büyük kolonlar ile çaprazlı perdelerin daha büyük kolonlar ile çaprazlı perdelerin bulunduğu yapılar	1.0
Merkezi betonarme çekirdek tarafından desteklenen yapılar ve ince(narin) konsol binalar	1.5
Kuleler ve bacalar için	2.0
Çelik kafes kuleler için	2.5

$\phi_{1,x}(z)$ =temel mod şekli

$$\phi_1(z) = (z/h)^\zeta \quad (5.92)$$

z =Yapının zeminden yüksekliği (m)

h =Bir yapının çatı yüksekliği (m)

$m_1(x)$ = Rüzgar doğrultusunda temel eşdeğer kütle (kg/m). Birim yüksekliğin ortalama kütlesi alınabilir.

5.5.3 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$\ddot{X}_{\text{maks}}(z) = k_p \times \sigma_{a,x}(z) \quad (5.93)$$

$\ddot{X}_{\text{maks}}(z)$ = Maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

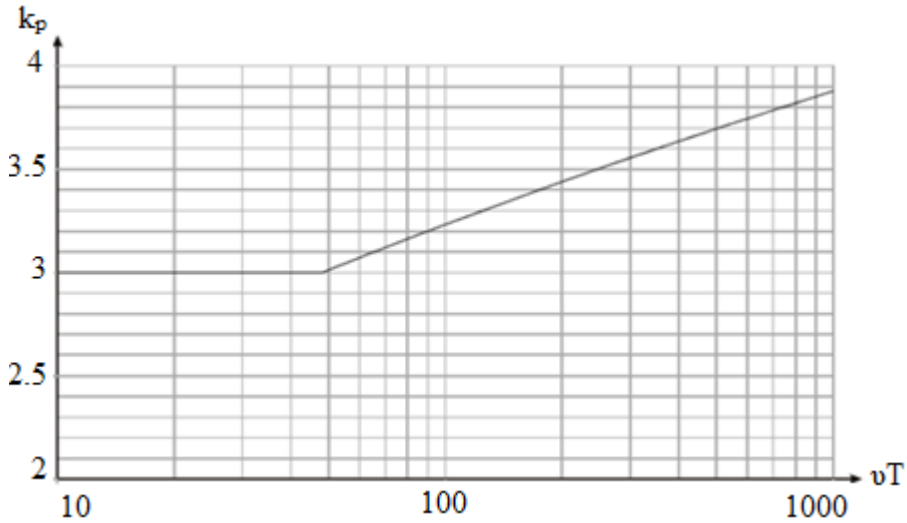
$\sigma_{a,x}(z)$ = Ortalama karekök rüzgar ivmesi (m/s^2)

k_p = Tepe faktörü olup değişimi Şekil 5.10'da verilmiştir.

$$k_p = \sqrt{2 \times \ln(u \times T)} + 0.6 / \sqrt{2 \times \ln(u \times T)} \quad (5.94)$$

$T = 600 \text{ s}$

u = Yukarı geçiş frekansı(Hz)



Şekil 5.10: k_p ve uT 'nin değişimi [19].

$$u = n_{1,x} \times \sqrt{\frac{R^2}{R^2 + B^2}} \quad ; \quad u \geq 0.08 \text{ Hz} \quad (5.95)$$

B = Arka plan faktörü

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \times \left(\frac{b+h}{L(z_e)}\right)^{0.63}} \quad (5.96)$$

5.6 NBCC 2005 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelik, 1 saatlik ortalama rüzgar hızı temel rüzgar hızı olarak dikkate alır. Dönüş periyodu 50 yıl olarak dikkate alınır [20].

5.6.1 NBCC 2005 'e göre konum sınıfı

A Sınıfı : İyi dağılmış binaların, ağaçların ve diğer engellerin bulunduğu kıyı kenarları gibi arazilerdir. Referans rüzgar hızı bu sınıfa karşı gelmektedir.

B Sınıfı: Çok az ve dağınık yüksek binaların bulunduğu banliyö ve kentsel alanlar, ormanlık arazi veya büyük ilçe merkezleri çok az ve dağınık yüksek binalar.

C Sınıfı: Yüksek binaların çok sayıda bulunduğu büyük kentlerin merkezleri bu sınıftadır. Binaların en az %50'si 4 katı aşmalıdır.

5.6.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$a_D = 4 \times \pi^2 \times f_{nd}^2 \times g_p \times \sqrt{\frac{K \times s \times F}{C_{eH} \times \beta_D}} \times \frac{\Delta}{C_g} \quad (5.97)$$

a_D = Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

$\pi = 3.14$

$f_{nD} = f_n$ = Rüzgar doğrultusunda oluşan doğal frekans (Hz)

g_p = Yük etkilerinin istatistiksel tepe faktörüdür.

$$g_p = \sqrt{2 \times \ln(v \times T)} + 0.577 / \sqrt{2 \times \ln(v \times T)} \quad (5.98)$$

$T = 3600$ s

v = Ortalama dalgalanma aralığı

$$v = f_n \times \sqrt{(s \times F) / (s \times F + \beta \times B)} \quad (5.99)$$

s = Boyut küçültme faktörüdür.

$$s = \frac{\pi}{3} \times \left[\frac{1}{1 + \frac{8 \times f_n \times H}{3 \times V_H}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{10 \times f_n \times w}{V_H}} \right] \quad (5.100)$$

H = Binaların rüzgar estiği yöndeki yüzünün yüksekliği (m)

w = Binaların rüzgar estiği yöndeki yüzünün etkin genişliği (m)

V_H = H yüksekliğinde ortalama rüzgar hızı (m/s)

$$V_H = \bar{V} \times \sqrt{C_{eH}} \quad (5.101)$$

\bar{V} = Referans rüzgar hızı (m/s)

$$\bar{V} = 32.9 \times \sqrt{q} \quad (5.102)$$

q= Hız basıncı (kPa)

$$q = 0.5 \times \rho \times V^2 \quad (5.103)$$

ρ = Havanın yoğunluğu, 1.2929 kg/m³ alınabilir.

V = Temel rüzgar hızı (m/s)

C_e = Konum faktörü

C_{eH} = H yüksekliğindeki konum faktörü

Konum A sınıfı için

$$C_e = (h/10)^{0.28} \quad 1.0 \leq C_e \leq 2.5 \quad (5.104)$$

Konum B sınıfı için

$$C_e = 0.5 \times (h/12.7)^{0.50} \quad 0.5 \leq C_e \leq 2.5 \quad (5.105)$$

Konum C sınıfı için:

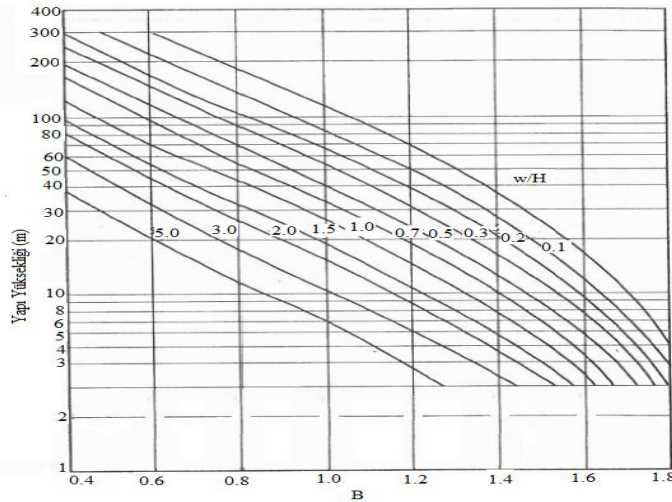
$$C_e = 0.4 \times (h/30)^{0.72} \quad 0.4 \leq C_e \leq 2.5 \quad (5.106)$$

F = Ani rüzgar enerjisi oranı

$$F = x_0^2 / (1 + x_0^2)^{4/3} \quad (5.107)$$

$$x_0 = (1220 \times f_n) / V_H \quad (5.108)$$

B = Arka plan türbülans faktörü, Şekil 5.11'de değişimi verilmiştir.



Şekil 5.11: Türbülans faktörünün(B) yükseklikle değişimi [20].

$$B = \frac{4}{3} \times \int^{\frac{914}{H}} \left[\frac{1}{1 + \frac{x \times H}{457}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{x \times W}{122}} \right] \times \left[\frac{x}{(1 + x^2)^{\frac{4}{3}}} \right] dx \quad (5.109)$$

$\beta = \beta_D$ Kritik sönüm oranı

K = Arazi yüzey pürüzlülüğü katsayısı ile ilgili bir etken olup **Çizelge 5.20** 'ye göre belirlenir.

Çizelge 5.20: K katsayısının değişimi [20].

Arazi Konum Sınıfı	K
A	0.08
B	0.10
C	0.14

Δ = Rüzgar etkisiyle rüzgar doğrultusunda yapının en üst katında oluşan maksimum yerdeğiştirme (m)

C_g = Harici ani rüzgar etkisi faktörü

$$C_g = 1 + \times g_p \times (\sigma/\mu) \quad (5.110)$$

σ = Ortalama karekök yük etkisi

μ = ortalama yük etkisi

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{K}{C_{eH}} \times \left(B + \frac{s \times F}{\beta} \right)} \quad (5.111)$$

5.6.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$a_w = f_{nW}^2 \times g_p \times \sqrt{w \times d} \times \left(\frac{a_r}{\rho_B \times g \times \sqrt{\beta_w}} \right) \quad (5.112)$$

a_w = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

$f_{nW} = f_n$ = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan doğal frekans (Hz)

w = Rüzgar doğrultusuna dik etkili genişlik (m)

d = Rüzgar doğrultusuna paralel etkili derinlik (m)

$$a_r = 78.5 \times 10^{-3} [V_H / (f_{nW} \times \sqrt{w \times d})]^{3.3} \quad (N/m^3) \quad (5.113)$$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$\beta = \beta_w$ = Kritik sönüm oranı

ρ_B = Yapının ortalama yoğunluğu (kg/m^3) olup yapı ağırlığının yapı boyutlarının çarpımına(hacim) bölünmesiyle edilir.

5.7 AIJ Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Düz ve açık bir arazide dönüş periyodu 100 yıl olan 10m yükseklikte ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı temel rüzgar hızı olarak dikkate alınır [21]. Çeşitli dönüş periyotları için hız dönüşümü yapılabilir.

5.7.1 AIJ yönetmeliğine göre arazi sınıfları

AIJ yönetmeliğine göre arazi sınıfı beş çeşittir. Yapının bulunduğu arazi sınıfı belirlenirken inşaat alanının etrafının durumu göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Bu yönetmeliğe göre arazi sınıfları **Çizelge 5.21** 'de verilmiştir.

Çizelge 5.21: Arazi sınıflarının belirlenmesi [21].

Arazi Sınıfı	Yapı İnşaat Alanlarının Durumu ve Rüzgar Bölgesi
I	Açık, Önemli Bir Engel Yok, Deniz ve Göller
II	Açık, Birkaç Engel Var, Otlak ve Tarım Alanı
III	Banliyöler, Ormanlık Araziler, Birkaç Yüksek Bina (4 -9 Kat)
IV	Şehirler, Yüksek Yapılar (4 -9 Kat)
V	Şehirler, Yüksek Yapı Ağırlıklı Yerler(10 Kattan Yüksek)

5.7.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$a_{Dmaks} = \frac{q_H \times g_{aD} \times B \times H \times C_H \times C'_g \times \lambda \times \sqrt{R_d}}{M_D} \quad (5.114)$$

a_{Dmaks} = Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

q_H = Hız basıncı (N/m^2)

$$q_H = 0.5 \times \rho \times U_H^2 \quad (5.115)$$

ρ = Havanın yoğunluğu, 1.22 kg/m^3 alınır.

U_H = Tasarım rüzgar hızı (m/s)

$$U_H = U_0 \times K_D \times E_H \times k_{rW} \quad (5.116)$$

U_0 = Temel rüzgar hızı (m/s)

K_D = Rüzgar yön faktörü, 1.0 olarak alınabilir.

E_H = Referans H yüksekliğinde rüzgar hızı profili faktörü

$$E = E_r \times E_g \quad (5.117)$$

E_r = Arazi sınıfı için konum faktörü

$$Z_b < Z \leq Z_G \quad \text{için} \quad E_r = 1.7 \times \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^\alpha$$
$$Z \leq Z_b \quad \text{için} \quad E_r = 1.7 \times \left(\frac{Z_b}{Z_G}\right)^\alpha \quad (5.118)$$

Z_b, Z_G, α =Katsayıları **Çizelge 5.22** 'ye göre belirlenir.

Çizelge 5.22: Z_b, Z_G, α katsayılarının belirlenmesi [21].

Sınıfı	I	II	III	IV	V
Z_b (m)	5	5	10	20	30
Z_G (m)	250	350	450	550	650
α	0.1	0.15	0.20	0.27	0.35

E_g = Topoğrafya faktörü, 1.0 olarak alınabilir.

k_{rW} = Dönüş periyodu dönüşüm faktörü

$$k_{rW} = 0.63 \times (\lambda_U - 1) \times \ln r - 2.9 \times \lambda_U + 3.9 \quad (5.119)$$

$$\lambda_U = U_{500}/U_0$$

U_{500} = 500 yıllık dönüş periyodu için 10 dakikada 10 m yükseklikte ölçülen hız(m/s)

r = Tasarım dönüş periyodu

$$g_{aD} = \sqrt{2 \times \ln(600 \times f_D) + 1.2} \quad (5.120)$$

f_D = Rüzgar doğrultusunda oluşan doğal frekans (Hz)

B = Yapının genişliği (m)

H = Yapının ortalama çatı yüksekliği (m)

$C_H = C_D$ = Rüzgar kuvveti katsayısı

$$C_D = C_{pe1} - C_{pe2} \quad (5.121)$$

C_{pe1} = Rüzgarın estiği yöndeki yüzü için dış basınç katsayısı, **Çizelge 5.23** 'ye göre belirlenir.

C_{pe2} = Rüzgarın estiği yönün aksi yüzündeki dış basınç katsayısı, **Çizelge 5.23** 'ye göre belirlenir.

Çizelge 5.23: C_{pe1} ve C_{pe2} katsayılarının belirlenmesi [21].

	$D/B \leq 1$	$D/B > 1$
C_{pe1}	$0.8 \times k_z$	
C_{pe2}	-0.5	-0.35

k_z = Düşey profil faktörü

$$\begin{aligned} Z \leq Z_b \quad \text{için} \quad k_z &= (Z_b/H)^{2\alpha} \\ Z_b < Z < 0.8H \quad \text{için} \quad k_z &= (Z/H)^{2\alpha} \\ Z \geq 0.8H \quad \text{için} \quad k_z &= (0.8)^{2\alpha} \end{aligned} \quad (5.122)$$

C'_g = Devrilme momenti katsayısı

$$C'_g = 2 \times I_H \times \frac{0.49 - 0.14 \times \alpha}{\left\{ 1 + \frac{0.63 \times (\sqrt{B} \times H/L_H)^{0.56}}{(H/B)^k} \right\}} \quad (5.123)$$

I_H = Türbülans şiddeti

$$I_H = I_{rZ} \times E_{gI} \quad (5.124)$$

I_{rZ} = Arazi sınıfına göre z yüksekliğinde türbülans şiddeti

$$Z_b < Z \leq Z_G \quad \text{için} \quad I_{rZ} = 0.1 \times \left(\frac{Z}{Z_G} \right)^{-\alpha-0.05} \quad (5.125)$$

$$Z \leq Z_b \quad \text{için} \quad I_{rZ} = 0.1 \times \left(\frac{Z_b}{Z_G} \right)^{-\alpha-0.05}$$

Z = Zeminden yükseklik(m)

E_{gI} = Topoğrafya faktörü

$$E_{gI} = E_I/E_g \quad (5.126)$$

E_I = Değişken rüzgar hızının standart sapması için topoğrafya faktörü, 1 alınır.

$L_H = L_Z$ = İstenilen herhangi bir yükseklikte türbülans uzunluğu

$$30 < Z \leq Z_G \quad \text{için} \quad L_Z = 100 \times \left(\frac{Z}{30} \right)^{0.5} \quad (5.127)$$

$$Z \leq 30 \quad \text{için} \quad L_Z = 100$$

$$H/B \geq 1 \quad \text{için} \quad k = 0.07$$

$$H/B < 1 \quad \text{için} \quad k = 0.15$$

(5.128)

λ = Genel rüzgar kuvveti için mod düzeltme faktörü

$$\lambda = 1 - 0.4\beta \quad (5.129)$$

β = Mod şekline bağlı katsayı

R_D = Rezonans tepki faktörü

$$R_D = (\pi \times F_D)/(4 \times \zeta_D) \quad (5.130)$$

$$F_D = \frac{I_H^2 \times F \times S_D \times (0.57 - 0.35 \times \alpha + 2 \times R \times \sqrt{0.053 - 0.042 \times \alpha})}{C'_g} \quad (5.131)$$

F_D = Rüzgar spektrum faktörü

F = Rüzgar kuvveti spektrum faktörü

$$F = \frac{4 \times \frac{f_D \times L_H}{U_H}}{\left\{1 + 71 \times \left(\frac{f_D \times L_H}{U_H}\right)^2\right\}^{5/6}} \quad (5.132)$$

S_D = Boyut etki faktörü

$$S_D = \frac{0.9}{\left\{1 + 6 \times \left(\frac{f_D \times H}{U_H}\right)^2\right\}^{0.5} \times \left(1 + 3 \times \frac{f_D \times B}{U_H}\right)} \quad (5.133)$$

R = Rüzgarın etkidiği yön ve rüzgar etkidiği yönün aksi tarafta rüzgar basıncı arasındaki ilişki faktörü

$$R = 1/[1 + 20 \times (f_D \times B/U_H)] \quad (5.134)$$

ζ_D = 1.mod için kritik sönüm oranı

M_D = Binanın genelleştirilmiş kütlesi(kg)

5.7.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$a_{Lmaks} = \frac{q_H \times g_{aL} \times B \times H \times C'_L \times \lambda \times \sqrt{R_L}}{M_L} \quad (5.135)$$

a_{Lmaks} = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi (m/s²)

$$g_{aL} = \sqrt{2 \times \ln(600 \times f_L) + 1.2} \quad (5.136)$$

f_L = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan doğal frekans (Hz)

C'_L = Devrilme momenti katsayısı

$$C'_L = 0.0082 \times (D/B)^3 - 0.071 \times (D/B)^2 + 0.22 \times (D/B) \quad (5.137)$$

R_L = Rezonans tepki faktörü

$$R_L = (\pi \times F_L)/(4 \times \zeta_L) \quad (5.138)$$

F_L = Rüzgar spektrum faktörü

$$F_L = \sum_{j=1}^m \left(\frac{4 \times k_j \times (1 + 0.6 \times \beta_j) \times \beta_j \times (f_L/f_{sj})^2}{\pi \times \left[\left\{ 1 - (f_L/f_{sj})^2 \right\}^2 + 4 \times \beta_j^2 \times (f_L/f_{sj})^2 \right]} \right) \quad (5.139)$$

$$D/B < 3 \text{ için } m = 1 \quad (5.140)$$

$$D/B \geq 3 \text{ için } m = 2$$

$$k_1 = 0.85$$

$$k_2 = 0.02$$

$$f_{s1} = \frac{(0.12 \times U_H)}{\{1 + 0.38 \times (D/B)^2\}^{0.89} \times B} \quad (5.141)$$

$$f_{s2} = \frac{0.56 \times U_H}{(D/B)^{0.85} \times B} \quad (5.142)$$

$$\beta_1 = \frac{(D/B)^4 + 2.3 \times (D/B)^2}{\{2.4 \times (D/B)^4 - 9.2 \times (D/B)^3 + 18 \times (D/B)^2 + 9.5 \times D/B - 0.15\}} + \frac{0.12}{D/B} \quad (5.143)$$

$$\beta_2 = 0.28/(D/B)^{0.34} \quad (5.144)$$

ζ_L = 1.mod için kritik sönüm oranı

M_L = Binanın genelleştirilmiş kütlesi (kg)

5.8 EIT 1018-46 Yönetmeliğine Göre Rüzgar İvmesi

Bu yönetmelik, 1 saatlik ortalama rüzgar hızı temel rüzgar hızı olarak dikkate alır. Dönüş periyodu 50 yıl olarak dikkate alınır [22]. Bu yönetmelik esasları NBCC2005 yönetmelik esaslarına benzerdir.

5.8.1 EIT 1018-46'e göre arazi konum sınıfları

A sınıfı : İyi dağılmış binaların, ağaçların ve diğer engellerin bulunduğu kıyı kenarları gibi arazilerdir. Referans rüzgar hızı bu sınıfa dayanmaktadır.

B sınıfı : Çok az ve dağınık yüksek binaların bulunduğu banliyö ve kentsel alanlar, ormanlık arazi veya büyük ilçe merkezleri çok az ve dağınık yüksek binalar.

C sınıfı : Yüksek binaların çok sayıda bulunduğu büyük kentlerin merkezleri bu sınıftadır. Binaların en az %50'si 4 katı aşmalıdır. Büyük şehirlerin merkezleri için geçerlidir ve bu nedenle yüksek binalara yakınlığı birbirine etki oluşabilir.

5.8.2 Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$a_D = 4 \times \pi^2 \times n_D^2 \times g_p \times \sqrt{\frac{K \times s \times F}{C_{eH} \times \beta_D}} \times \frac{\Delta}{C_g} \quad (5.145)$$

a_D = Rüzgar doğrultusunda oluşan maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

$\pi = 3.14$

n_D = Rüzgar doğrultusunda oluşan doğal frekans (Hz)

$$n_D = 44/H \quad (5.146)$$

H = Bina yüksekliği (m)

g_p = Yük etkilerinin istatistiksel tepe faktörüdür.

$$g_p = \sqrt{2 \times \ln(v \times T)} + 0.577/\sqrt{2 \times \ln(v \times T)} \quad (5.147)$$

T = 3600 s

v = Ortalama dalgalanma aralığı

$$v = n_D \times \sqrt{(s \times F)/(s \times F + \beta_D \times B)} \quad (5.148)$$

s = Boyut küçültme faktörüdür.

$$s = \frac{\pi}{3} \times \left[\frac{1}{1 + \frac{8 \times n_D \times H}{3 \times V_H}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{10 \times n_D \times W}{V_H}} \right] \quad (5.149)$$

W = Rüzgar yönüne dik yönde binanın etkili genişliği (m)

V_H = H yüksekliğinde ortalama rüzgar hızı (m/s)

$$V_H = \bar{V} \times \sqrt{C_{eH}} \quad (5.150)$$

$\bar{V} = V_{50}$ = Referans rüzgar hızı (m/s)

C_{eH} = H yüksekliğindeki konum faktörü

Konum A sınıfı için :

$$C_e = (h/10)^{0.28} \quad 1.0 \leq C_e \leq 2.5 \quad (5.151)$$

Konum B sınıfı için :

$$C_e = 0.5 \times (h/12.7)^{0.50} \quad 0.5 \leq C_e \leq 2.5 \quad (5.152)$$

Konum C sınıfı için:

$$C_e = 0.4 \times (h/30)^{0.72} \quad 0.4 \leq C_e \leq 2.5 \quad (5.153)$$

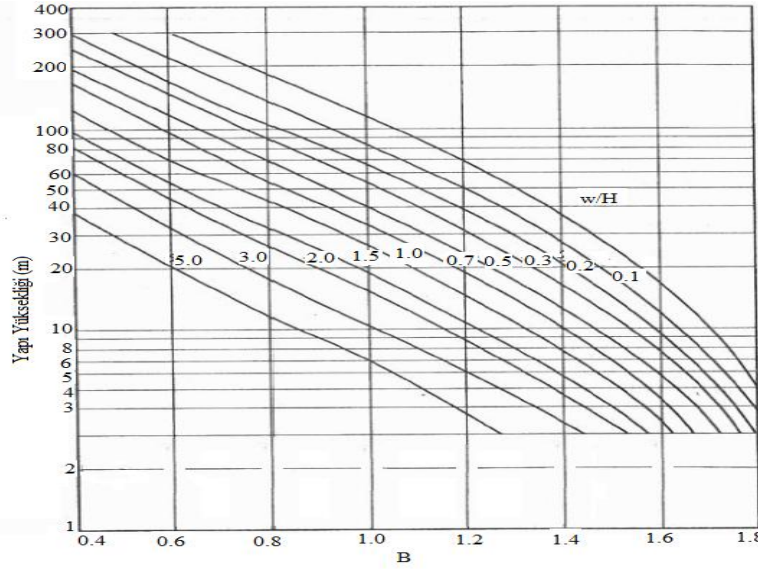
F = Ani rüzgar enerjisi oranı

$$F = x_0^2 / (1 + x_0^2)^{4/3} \quad (5.154)$$

$$x_0 = (1220 \times n_D) / V_H \quad (5.155)$$

$\beta = \beta_D$ Kritik sönüm oranı

B = Arkaplan türbülans faktörü olup değışimi Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12: Türbülans faktörünün (B) yükseklikle değışimi [22].

$$B = \frac{4}{3} \times \int \frac{914}{H} \left[\frac{1}{1 + \frac{z \times H}{457}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{z \times W}{122}} \right] \times \left[\frac{z}{(1 + z^2)^{3/4}} \right] dz \quad (5.156)$$

K = Arazi yüzey pürüzlülüğü katsayısı ile ilgili bir etkendir ve Çizelge 5.24 'e göre belirlenir.

Çizelge 5.24: K katsayısının değışimi [22].

Arazi Konum Sınıfı	K
A	0.08
B	0.10
C	0.14

C_g = Harici ani rüzgar etkisi faktörü

$$C_g = 1 + \times g_p \times (\sigma/\mu) \quad (5.157)$$

σ = Ortalama yük etkisi

μ = Ortalama karekök yük etkisi

$$\sigma/\mu = \sqrt{\frac{K}{C_{eH}} \times \left(B + \frac{s \times F}{\beta_D} \right)} \quad (5.158)$$

Δ = Rüzgar etkisiyle rüzgar doğrultusunda yapının en üst katında oluşan maksimum yerdeğiştirme (m)

$$\Delta = \frac{3 \times \left(\frac{H^2}{2 + \alpha} \right) \times I_w \times q \times C_{eH} \times C_g \times C_p}{4 \times \pi^2 \times n_D^2 \times D \times \rho_B \times H^2} \quad (5.159)$$

α =Arazinin konum sınıfına göre konum faktörü (C_e) belirlenirken kullanılan büyüklüktür.

Konum A sınıfı için :0.28

Konum B sınıfı için :0.50

Konum C sınıfı için :0.72

I_w =Rüzgar önem katsayısı olup kullanılabilirlik araştırılırken 0.75 olarak alınır.

q = Hız basıncı (N/m^2)

$$q = 0.5 \times \rho \times \bar{V}^2 \quad (5.160)$$

ρ = Havanın yoğunluğu, 1.25 kg/m^3 alınır.

C_p = Dış basınç katsayısıdır, 1.3 olarak alınır.

ρ_B = Yapının ortalama yoğunluğu (kg/m^3)

5.8.3 Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi

$$a_w = 3 \times I_w \times q_H \times C'_L \times g_L \times \frac{W}{\rho_B \times W \times D} \times \frac{z}{H} \sqrt{R_L} \quad (5.161)$$

a_w = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan maksimum rüzgar ivmesi (m/s^2)

q_H =H yüksekliğinde hız basıncı (N/m^2)

$$q_H = 0.5 \times \rho \times V_H^2 \quad (5.162)$$

C'_L = Devrilme momenti katsayısı

$$C'_L = 0.0082 \times (D/W)^3 - 0.071 \times (D/W)^2 + 0.22 \times (D/W) \quad (5.163)$$

D = Rüzgar yönüne binanın paralel yatay boyut(m)

g_L = İstatistiksel tepe faktörüdür.

$$g_L = \sqrt{2 \times \ln(600 \times n_w)} + 0.577/\sqrt{2 \times \ln(600 \times n_w)} \quad (5.164)$$

n_w = Rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan doğal frekans (Hz)

$$n_w = 44/H \quad (5.165)$$

R_L = Rezonans tepki faktörü

$$R_L = (\pi \times F_L)/(4 \times \beta_w) \quad (5.166)$$

F_L = Rüzgar spektrum faktörü

$$F_L = \sum_{j=1}^m \left(\frac{4 \times k_j \times (1 + 0.6 \times \beta_j) \times \beta_j \times (\lambda_j)^2}{\pi \times \left[\{1 - (\lambda_j)^2\}^2 + 4 \times \beta_j^2 \times (\lambda_j)^2 \right]} \right) \quad (5.167)$$

$$D/B < 3 \text{ için } m = 1$$

$$(5.168)$$

$$D/B \geq 3 \text{ için } m = 2$$

$$k_1 = 0.85$$

$$k_2 = 0.02$$

$$\beta_1 = \frac{(D/W)^4 + 2.3 \times (D/W)^2}{\{2.4 \times (D/W)^4 - 9.2 \times (D/W)^3 + 18 \times (D/W)^2 + 9.5 D/W - 0.15\}} + \frac{0.12}{D/W} \quad (5.169)$$

$$\beta_2 = 0.28/(D/B)^{0.34} \quad (5.170)$$

$$\lambda_1 = \frac{(1 + 0.38 \times (D/W)^2)^{0.89}}{0.12} \times \frac{n_w \times W}{V_H} \quad (5.171)$$

$$\lambda_2 = \frac{(D/W)^{0.85}}{0.56} \times \frac{n_w \times W}{V_H} \quad (5.172)$$

β_w = 1.mod için kritik sönüm oranı

6.YÜKSEK BİR BİNANIN SAYISAL İNCELEMESİ

Bu bölümde çok katlı betonarme bir binanın DBYBHY'07'ye göre tasarımı ve çeşitli yönetmeliklere göre rüzgar analizi yapılarak bu binanın konfor düzeyinin belirlenmesi için inceleme yapılmıştır.

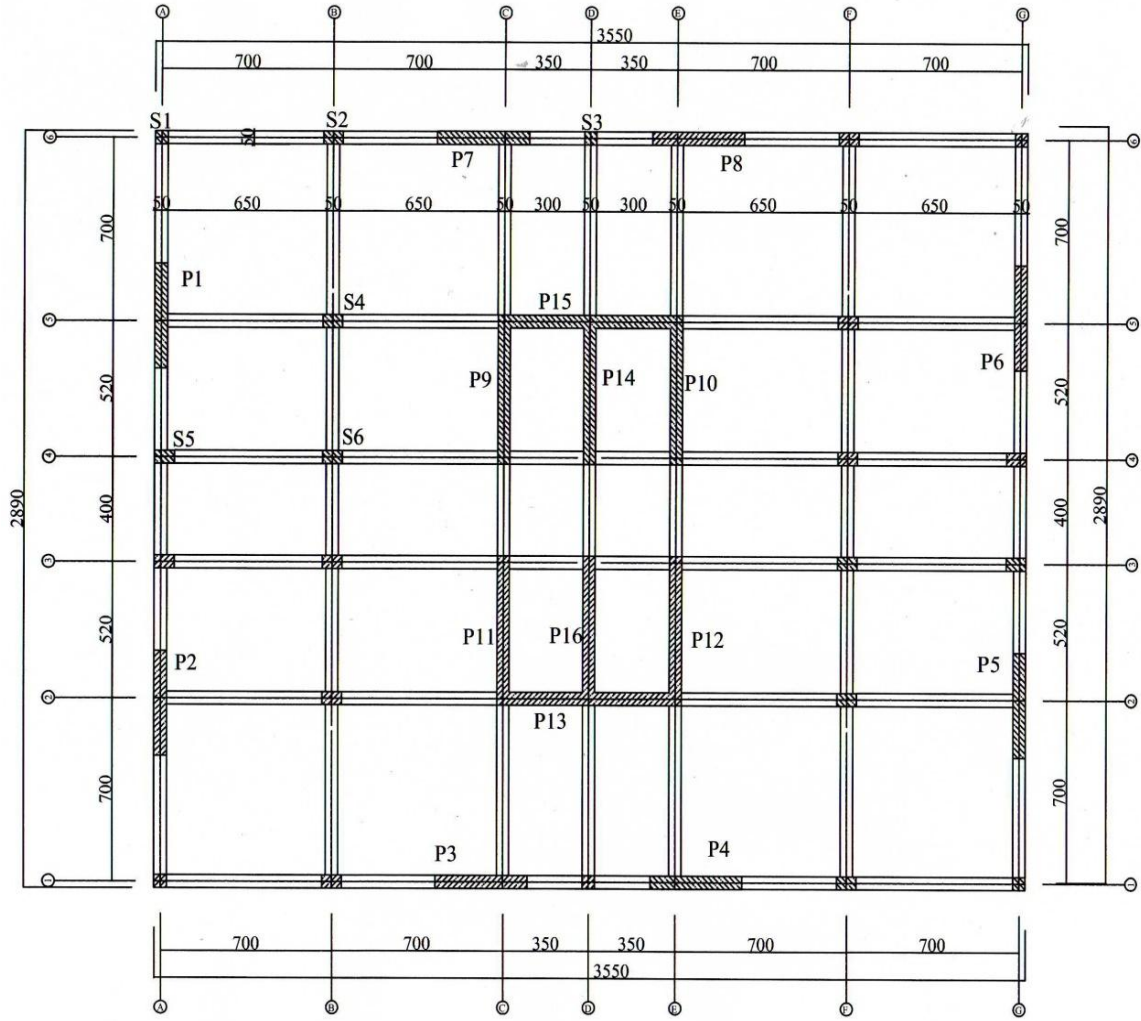
6.1 Binanın Genel Parametreleri

6.1.1 Bina bilgileri

- Kat Adedi = 31
- Bina Kat Yüksekliği = 3.6 m
- Toplam Bina Yüksekliği = 111.6 m
- Bina Oturma Alanı = 1026 m²
- Kullanım Amacı = Ofis
- Deprem Bölgesi = 1
- Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0) = 0.40
- Bina Önem Katsayısı (I) = 1
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) = 7
- Yerel Zemin Sınıfı = Z1
- Spektrum Karakteristik Periyotları = $T_A=0.1s$ - $T_B=0.3s$
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) = 0.3

6.1.2 Malzeme bilgileri

- Beton Sınıfı = C60 ($f_{ck}=60$ Mpa)
- Donatı Çeliği = S420 ($f_{yk}=420$ Mpa)
- Beton Elastisite Modülü = 39174.39 MPa
- Donatı Çeliği Elastisite Modülü = 200000 MPa
- Beton Malzeme Güvenlik Katsayısı = 1.50
- Donatı Çeliği Malzeme Güvenlik Katsayısı = 1.15



Şekil 6. 1: 31.kat kalıp planı.

6.1.3 Düşey yük analizi

Sayısal çözümü yapılan binanın kalıp planı Şekil 6.1'de verilmiştir. Yapı taşıyıcı sistemi perde-çerçeve sistemdir. Döşeme kalınlığı yönetmeliklerdeki sınırlar göz önüne alınarak 18 cm seçilmiştir. Döşemelerde hesaplarda kullanılacak sabit yük Çizelge 6.1 'e göre belirlenir.

Çizelge 6.1: Döşeme sabit yükü.

	γ (kN/m ³)	h (m)	Hesap Yükü (kN/m ²)
Döşeme kendi ağırlığı	25	0.18	4.50
Sıva	20	0.02	0.40
Şap	22	0.03	0.66
Asma tavan+İzolasyon+ Tesisat	-	-	0.64
Kaplama	20	0.015	0.30
Toplam=			6.50

Döşemelerde kullanılacak hareketli yük koridorlarda 5.00 kN/m^2 , diğer döşemelerde ise 2.00 kN/m^2 dir. Duvar yükü olarak 2.95 kN/m^2 değeri alınmıştır.

6.1.4 Kiriş bilgileri

Kiriş boyutlarının belirlenmesinde TS500 ve DBYBHY 2007'ye göre aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir [23,24].

- Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.
- Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.

Bu bilgiler çerçevesinde kiriş boyutları 50x60 boyutlarında her katta sabit olarak seçilmiştir.

6.1.5 Kolon bilgileri

Kolonlar DBYBHY'e göre, kiriş boyutlarının belirlenmesinde aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75000 mm^2 den daha az olmayacaktır. Dairesel kolonların çapı en az 300 mm olacaktır.

- Kolonun brüt enkesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan aksenal basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm} / (0.50 f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

Yukarıdaki koşullar göz önüne alınarak hesaplanan kolon boyutları **Çizelge 6.2** 'de verilmiştir.

6.1.6 Perde bilgileri

DBYBHY 2007'de perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdelerin gövde kalınlığı kat yüksekliğinin $1/20$ 'sinden ve 200 mm'den az olmamalıdır. Perdelerin uç bölgelerinde ise kalınlıkları kat yüksekliğinin $1/15$ 'inden ve 200 mm'den az olmamalıdır. Bina yüksekliği boyunca perde boyutları sabittir. **Çizelge 6.3**'de perde boyutları verilmiştir.

Çizelge 6.2: Kolon boyutları.

Kolon Adı	Kat	Kolon boyut (cm x cm)
S1	1-3	90x90
	4-7	80x80
	8-14	70x70
	15-19	60x60
	20-31	50x50
S2	1-2	110x100
	3-8	100x90
	9-13	90x80
	14-18	80x70
	19-22	70x60
	23-31	60x50
S3	1-3	90x90
	4-6	80x80
	7-11	70x50
	12-17	50x50
	18-31	50x50
S4	1-5	120x110
	6-10	110x100
	11-14	100x90
	15-18	90x80
	19-21	80x70
	22-24	70x60
	25-31	60x50
S5	1-6	90x80
	7-13	80x70
	14-18	70x60
	19-31	60x50
S6	1-5	110x100
	6-10	100x90
	11-15	90x80
	16-19	80x70
	20-23	70x60
	24-31	60x50

Çizelge 6.3: Perde kalınlıkları.

Perde Numarası	Kalınlıkları(cm)
P1	50
P2	50
P3	50
P4	50
P5	50
P6	50
P7	50
P8	50
P9	55
P10	55
P11	55
P12	55
P13	55
P14	55
P15	55
P16	55

6.2 Binanın Deprem Analizi ve Düzensizliklerin Kontrolü

Binaların deprem hesabında kullanılacak yöntemler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemidir. Bu çalışmada Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi incelenmiştir. İki yöntemden bulunan değerler DBYBHY 2007'ye göre karşılaştırılmıştır.

6.2.1 Bina doğal periyodunun belirlenmesi

İncelenen binanın doğal titreşim periyodunun bulunması ve diğer hesaplar için ETABS programı kullanılmıştır. Serbest titreşim analizlerinde her iki doğrultudaki serbest titreşim periyotları:

$$T_x = 2.4663 \text{ s}$$

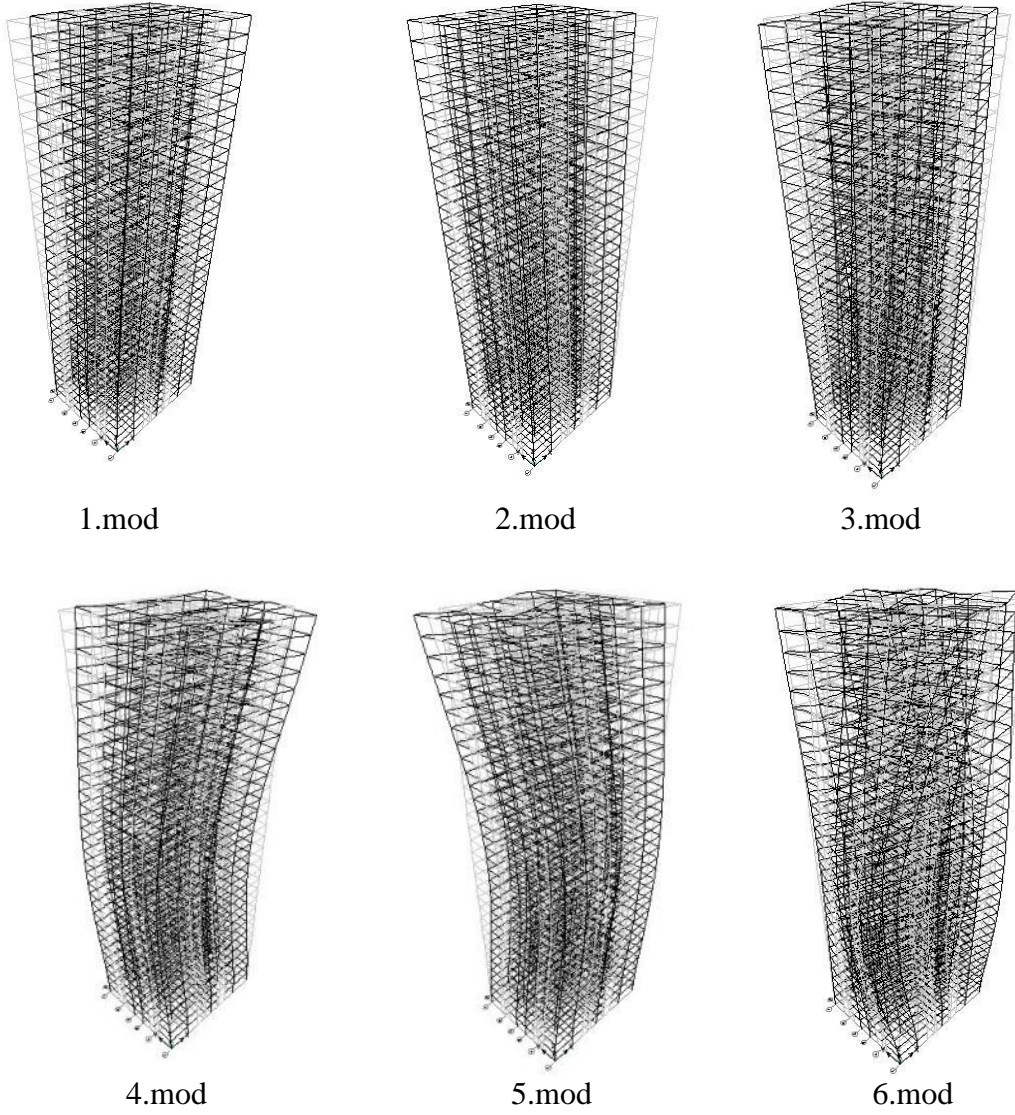
$$T_y = 2.3781 \text{ s olarak hesaplanmıştır.}$$

Serbest titreşim analizlerinden elde edilen ilk 6 periyot **Çizelge 6.4**'de verilmiştir.

Çizelge 6.4: İlk 6 periyot ve yönler.

Mod	Period(s)	Yön
1	2.4663	X
2	2.3781	Y
3	1.9239	Burulma
4	0.7002	Y
5	0.6822	X
6	0.6137	Burulma

Serbest titreşim analizlerinden ortaya çıkan ilk 6 mod şekilleri sırasıyla **Şekil 6.2**'de verilmiştir.



Şekil 6. 2: İlk 6 mod şekli.

6.2.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği yapılar **Çizelge 6.5**'de verilmiştir.

Çizelge 6.5: Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar [23].

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25m$
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40m$
3,4	Tüm Binalar	$H_N \leq 40m$

Binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) V_t aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 \times A_0 \times I \times W \quad (6.1)$$

$A(T_1)$ = Spektral ivme katsayısı

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (6.2)$$

A_0 = Etkin yer ivme katsayısıdır. Deprem bölgesine bağlı olup incelenen bina için 0.40 olarak hesaba katılacaktır.

I = Bina önem katsayısı, konut, işyeri gibi yapılar için 1.0 olarak belirlenmiştir.

$S(T)$ = Spektrum katsayısıdır.

$$\begin{aligned} 0 \leq T \leq T_A \text{ için } S(T) &= 1 + 1.5 \times \frac{T}{T_A} \\ T_A < T \leq T_B \text{ için } S(T) &= 2.5 \end{aligned} \quad (6.3)$$

$$T_B < T \text{ için } S(T) = 2.5 \times \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8}$$

T_A ve T_B = Spektrum karakteristik periyotlarıdır. Bina bilgilerinde verilmiştir.

Δf_N = Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü (kN)

$$\Delta f_N = 0.075 \times N \times V_t \quad (6.4)$$

W = Bina ağırlığıdır = 510388.67 kN

X yönü için deprem hesabı

$T_x = 2.4663$ s

$$S(T) = 2.5 \times \left(\frac{0.3}{2.4663} \right)^{0.8} = 0.463$$

$$A(T) = 0.4 \times 1 \times 0.463 = 0.185$$

$$0 \leq T \leq T_A \text{ için } R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \times \frac{T}{T_A}$$

$$T_A < T \text{ için } R_a(T) = R$$

(6.5)

$R_a(T) = 7$ (Süneklik düzeyi yüksek perde-çerçeve sistem)

$$(V_t)_{\min} = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 510388.67 = 20415.55 \text{ kN}$$

$$V_t = \frac{510388.67 \times 0.185}{7} = 13488.84 \text{ kN}$$

$(V_t)_{\min} \geq V_t$ olduğu için hesaplarda $(V_t)_{\min}$ kullanılmıştır.

$$\Delta f_N = 0.075 \times 31 \times 20415.55 = 4746.62 \text{ kN}$$

Y yönü için deprem hesabı

$$S(T) = 2.5 \times \left(\frac{0.3}{2.3781} \right)^{0.8} = 0.477$$

$$A(T) = 0.4 \times 1 \times 0.477 = 0.191$$

$$R_a(T) = 7$$

$$V_t = \frac{510388.67 \times 0.191}{7} = 13926.32 \text{ kN}$$

$(V_t)_{\min} \geq V_t$ olduğu için hesaplarda $(V_t)_{\min}$ kullanılmıştır.

$$\Delta f_N = 0.075 \times 31 \times 20415.55 = 4746.62 \text{ kN}$$

6.2.3 Düzensizliklerin kontrolü

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımdan ve yapımından kaçınılması gereken planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik meydana getiren durumlar bu kısımda incelenmiştir [23].

6.2.3.1 A1 düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin $(\Delta_i)_{\max}$ o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî

ötelemesine $(\Delta_i)_{ort}$ oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur. Göreli kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlilik etkileri de göz önüne alınacaktır. **Çizelge 6.6**'da bu bina için A1 kontrol edilmiştir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks}/(\Delta_i)_{ort} \geq 1.2 \quad (6.6)$$

Çizelge 6.6: X-Y doğrultusunda A1 düzensizliğinin kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{max}$ [m]	$(\Delta_i)_{ort}$ [m]	η_{bi}	$(\Delta_i)_{max}$ [m]	$(\Delta_i)_{ort}$ [m]	η_{bi}
	(x doğ.)	(x doğ.)	(x doğ.)	(y doğ.)	(y doğ.)	(y doğ.)
31	0.0051	0.0050	1.0246	0.0043	0.0039	1.0910
30	0.0053	0.0051	1.0495	0.0044	0.0040	1.0878
29	0.0054	0.0051	1.0524	0.0045	0.0041	1.0921
28	0.0054	0.0052	1.0447	0.0046	0.0042	1.0899
27	0.0055	0.0053	1.0476	0.0047	0.0043	1.0921
26	0.0056	0.0054	1.0467	0.0048	0.0044	1.0884
25	0.0057	0.0054	1.0556	0.0049	0.0045	1.0847
24	0.0057	0.0054	1.0502	0.0051	0.0046	1.1087
23	0.0058	0.0055	1.0545	0.0051	0.0047	1.0915
22	0.0059	0.0055	1.0647	0.0052	0.0048	1.0935
21	0.0058	0.0056	1.0434	0.0053	0.0048	1.1010
20	0.0059	0.0056	1.0594	0.0053	0.0048	1.0955
19	0.0059	0.0056	1.0624	0.0054	0.0049	1.1036
18	0.0058	0.0056	1.0450	0.0054	0.0049	1.1020
17	0.0059	0.0055	1.0704	0.0054	0.0049	1.0943
16	0.0058	0.0055	1.0605	0.0054	0.0049	1.0951
15	0.0057	0.0054	1.0617	0.0054	0.0049	1.1020
14	0.0056	0.0053	1.0535	0.0054	0.0048	1.1170
13	0.0055	0.0052	1.0609	0.0053	0.0048	1.1034
12	0.0054	0.0051	1.0686	0.0052	0.0047	1.1023
11	0.0052	0.0049	1.0586	0.0051	0.0046	1.1029
10	0.0051	0.0047	1.0815	0.0050	0.0045	1.1111
9	0.0047	0.0045	1.0517	0.0048	0.0044	1.1021
8	0.0046	0.0042	1.0841	0.0046	0.0041	1.1098
7	0.0042	0.0039	1.0793	0.0043	0.0039	1.0996
6	0.0038	0.0036	1.0658	0.0041	0.0036	1.1292
5	0.0034	0.0032	1.0782	0.0036	0.0032	1.1083
4	0.0030	0.0027	1.0971	0.0031	0.0028	1.1112
3	0.0023	0.0022	1.0545	0.0026	0.0023	1.1494
2	0.0017	0.0016	1.0776	0.0017	0.0015	1.1029
1	0.0008	0.0007	1.1373	0.0008	0.0007	1.1897

Her iki doğrultuda η_{bi} değerlerinin 1.20 değerinden küçük olduğu görülmüştür. Bu yüzden incelenen binada A1 burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.3.2 A2 düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede, merdiven ve asansör boşlukları dahil tüm boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumlarından birinin ya da birkaçının olması durumudur. Çizelge 6.7'de incelenen bina için boşluk alanının kat alanına oranı verilmiştir.

Çizelge 6.7: A2 düzensizliğinin kontrolü.

Kat	Kat Alanı(A)	Boşluk Alanı(A _b)	Oranı
	m ²	m ²	
31	1026	72.8	0.070955
30	1026	72.8	0.070955
29	1026	72.8	0.070955
28	1026	72.8	0.070955
27	1026	72.8	0.070955
26	1026	72.8	0.070955
25	1026	72.8	0.070955
24	1026	72.8	0.070955
23	1026	72.8	0.070955
22	1026	72.8	0.070955
21	1026	72.8	0.070955
20	1026	72.8	0.070955
19	1026	72.8	0.070955
18	1026	72.8	0.070955
17	1026	72.8	0.070955
16	1026	72.8	0.070955
15	1026	72.8	0.070955
14	1026	72.8	0.070955
13	1026	72.8	0.070955
12	1026	72.8	0.070955
11	1026	72.8	0.070955
10	1026	72.8	0.070955
9	1026	72.8	0.070955
8	1026	72.8	0.070955
7	1026	72.8	0.070955
6	1026	72.8	0.070955
5	1026	72.8	0.070955
4	1026	72.8	0.070955
3	1026	72.8	0.070955
2	1026	72.8	0.070955
1	1026	72.8	0.070955

İncelenen binada boşluk oranının 1/3'den az olduğu, yerel döşeme boşluklarının bulunmadığı ve döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.3.3 A3 düzensizliği

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 durumudur.

İncelenen binada dikdörtgen şeklinde bir bina olduğu için planda çıkıntı yoktur. Bu yüzden A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.3.4 B1 düzensizliği

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. **Çizelge 6.8**'de B1 düzensizliği incelenmiştir.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.8 \quad (6.7)$$

A_e = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

$$(\sum A_e) = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \times \sum A_k \quad (6.8)$$

$\sum A_w$ = Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları toplamıdır.

$\sum A_g$ = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamıdır.

$\sum A_k$ = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamıdır.

Çizelge 6.8: İncelenen bina için B1 düzensizliğinin kontrolü.

Kat	ΣA_w	ΣA_g	ΣA_k	ΣA_e	η_{ci}	ΣA_w	ΣA_g	ΣA_k	ΣA_e	η_{ci}
	(m^2)	(m^2)	(m^2)	(m^2)		(m^2)	(m^2)	(m^2)	(m^2)	
	x	x	x	x	x	y	y	y	y	y
	yönü	yönü	yönü	yönü	yönü	yönü	yönü	yönü	yönü	yönü
31	6.30	12.20	18.00	21.2	----	6.30	25.16	18.00	34.16	-----
30	6.30	12.20	18.00	21.2	1.00	6.30	25.16	18.00	34.16	1.00
29	6.30	12.20	18.00	21.2	1.00	6.30	25.16	18.00	34.16	1.00
28	6.30	12.20	18.00	21.2	1.00	6.30	25.16	18.00	34.16	1.00
27	6.30	12.20	18.00	21.2	1.00	6.30	25.16	18.00	34.16	1.00
26	6.30	12.20	18.00	21.2	1.00	6.30	25.16	18.00	34.16	1.00
25	6.30	12.20	18.00	21.2	1.00	6.30	25.16	18.00	34.16	1.00
24	7.26	12.20	18.00	22.16	1.05	7.26	25.16	18.00	35.12	1.03
23	7.74	12.20	18.00	22.64	1.02	7.74	25.16	18.00	35.6	1.01
22	8.22	12.20	18.00	23.12	1.02	8.22	25.16	18.00	36.08	1.01
21	8.78	12.20	18.00	23.68	1.02	8.78	25.16	18.00	36.64	1.02
20	8.78	12.20	18.00	23.68	1.00	8.78	25.16	18.00	36.64	1.00
19	9.78	12.20	18.00	24.68	1.04	9.78	25.16	18.00	37.64	1.03
18	10.98	12.20	18.00	25.88	1.05	10.98	25.16	18.00	38.84	1.03
17	11.20	12.20	18.00	26.10	1.01	11.20	25.16	18.00	39.06	1.01
16	11.20	12.20	18.00	26.10	1.00	11.20	25.16	18.00	39.06	1.00
15	11.84	12.20	18.00	26.74	1.02	11.84	25.16	18.00	39.7	1.02
14	13.08	12.20	18.00	27.98	1.05	13.08	25.16	18.00	40.94	1.03
13	14.28	12.20	18.00	29.18	1.04	14.28	25.16	18.00	42.14	1.03
12	14.28	12.20	18.00	29.18	1.00	14.28	25.16	18.00	42.14	1.00
11	14.54	12.20	18.00	29.44	1.01	14.54	25.16	18.00	42.4	1.01
10	16.06	12.20	18.00	30.96	1.05	16.06	25.16	18.00	43.92	1.04
9	16.06	12.20	18.00	30.96	1.00	16.06	25.16	18.00	43.92	1.00
8	16.78	12.20	18.00	31.68	1.02	16.78	25.16	18.00	44.64	1.02
7	17.38	12.20	18.00	32.28	1.02	17.38	25.16	18.00	45.24	1.01
6	18.32	12.20	18.00	33.22	1.03	18.32	25.16	18.00	46.18	1.02
5	20.00	12.20	18.00	34.90	1.05	20.00	25.16	18.00	47.86	1.04
4	20.00	12.20	18.00	34.90	1.00	20.00	25.16	18.00	47.86	1.00
3	21.02	12.20	18.00	35.92	1.03	21.02	25.16	18.00	48.88	1.02
2	21.82	12.2	18.00	36.72	1.02	21.82	25.16	18.00	49.68	1.02
1	21.82	12.2	18.00	36.72	1.00	21.82	25.16	18.00	49.68	1.00

Her iki doğrultuda η_{ci} değerlerinin 0.80 değerinden büyük olduğu görülmüştür. Bu yüzden incelenen binada B1 zayıf kat düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.3.5 B2 düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumudur. **Çizelge 6.9** ve **Çizelge 6.10**'da incelenmiştir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$$

veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (6.9)$$

Çizelge 6.9: X doğrultusunda B2 düzensizliğinin kontrolü.

Kat	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	η_{ki}	
				$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
31	0.0014		0.0014		0.9857
30	0.0014	0.0014	0.0014	1.0145	0.9842
29	0.0014	0.0014	0.0014	1.0160	0.9927
28	0.0014	0.0014	0.0015	1.0074	0.9846
27	0.0015	0.0014	0.0015	1.0157	0.9813
26	0.0015	0.0015	0.0015	1.0190	0.9907
25	0.0015	0.0015	0.0015	1.0093	0.9949
24	0.0015	0.0015	0.0015	1.0051	0.9868
23	0.0015	0.0015	0.0015	1.0133	0.9925
22	0.0015	0.0015	0.0015	1.0075	0.9969
21	0.0015	0.0015	0.0015	1.0031	0.9981
20	0.0015	0.0015	0.0015	1.0019	1.0028
19	0.0015	0.0015	0.0015	0.9972	1.0006
18	0.0015	0.0015	0.0015	0.9994	1.0069
17	0.0015	0.0015	0.0015	0.9932	1.0079
16	0.0015	0.0015	0.0015	0.9922	1.0186
15	0.0015	0.0015	0.0015	0.9817	1.0101
14	0.0015	0.0015	0.0014	0.9900	1.0253
13	0.0014	0.0015	0.0014	0.9753	1.0259
12	0.0014	0.0014	0.0014	0.9747	1.0288
11	0.0014	0.0014	0.0013	0.9720	1.0417
10	0.0013	0.0014	0.0012	0.9600	1.0552
9	0.0012	0.0013	0.0012	0.9477	1.0532
8	0.0012	0.0012	0.0011	0.9495	1.0904
7	0.0011	0.0012	0.0010	0.9171	1.0914
6	0.0010	0.0011	0.0009	0.9163	1.1307
5	0.0009	0.0010	0.0008	0.8844	1.1532
4	0.0008	0.0009	0.0006	0.8671	1.2538
3	0.0006	0.0008	0.0004	0.7976	1.3825
2	0.0004	0.0006	0.0002	0.7233	2.2426
1	0.0002	0.0004		0.4459	

Çizelge 6.10: Y doğrultusunda B2 düzensizliğinin kontrolü.

Kat	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	n_{ki}	
				$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
31	0.0011		0.0011		0.9744
30	0.0011	0.0011	0.0011	1.0262	0.9816
29	0.0011	0.0011	0.0012	1.0188	0.9763
28	0.0012	0.0011	0.0012	1.0243	0.9808
27	0.0012	0.0012	0.0012	1.0196	0.9758
26	0.0012	0.0012	0.0013	1.0248	0.9763
25	0.0013	0.0012	0.0013	1.0242	0.9820
24	0.0013	0.0013	0.0013	1.0183	0.9845
23	0.0013	0.0013	0.0013	1.0157	0.9826
22	0.0013	0.0013	0.0013	1.0177	0.9878
21	0.0013	0.0013	0.0013	1.0123	0.9950
20	0.0013	0.0013	0.0014	1.0050	0.9887
19	0.0014	0.0013	0.0014	1.0114	0.9986
18	0.0014	0.0014	0.0014	1.0014	0.9930
17	0.0014	0.0014	0.0014	1.0070	1.0007
16	0.0014	0.0014	0.0014	0.9993	1.0063
15	0.0014	0.0014	0.0013	0.9937	1.0136
14	0.0013	0.0014	0.0013	0.9866	1.0065
13	0.0013	0.0013	0.0013	0.9936	1.0183
12	0.0013	0.0013	0.0013	0.9821	1.0201
11	0.0013	0.0013	0.0013	0.9803	1.0276
10	0.0013	0.0013	0.0012	0.9732	1.0333
9	0.0012	0.0013	0.0012	0.9678	1.0507
8	0.0012	0.0012	0.0011	0.9517	1.0600
7	0.0011	0.0012	0.0010	0.9434	1.0769
6	0.0010	0.0011	0.0009	0.9286	1.1178
5	0.0009	0.0010	0.0008	0.8946	1.1644
4	0.0008	0.0009	0.0006	0.8588	1.2332
3	0.0006	0.0008	0.0004	0.8109	1.4676
2	0.0004	0.0006	0.0002	0.6814	2.2923
1	0.0002	0.0004		0.4362	

Her iki doğrultuda n_{ki} değerlerinin her ik yönde 2. kat hariç sağladığı fakat bu yüzden binada B2 düzensizliği olduğu görülmüştür.

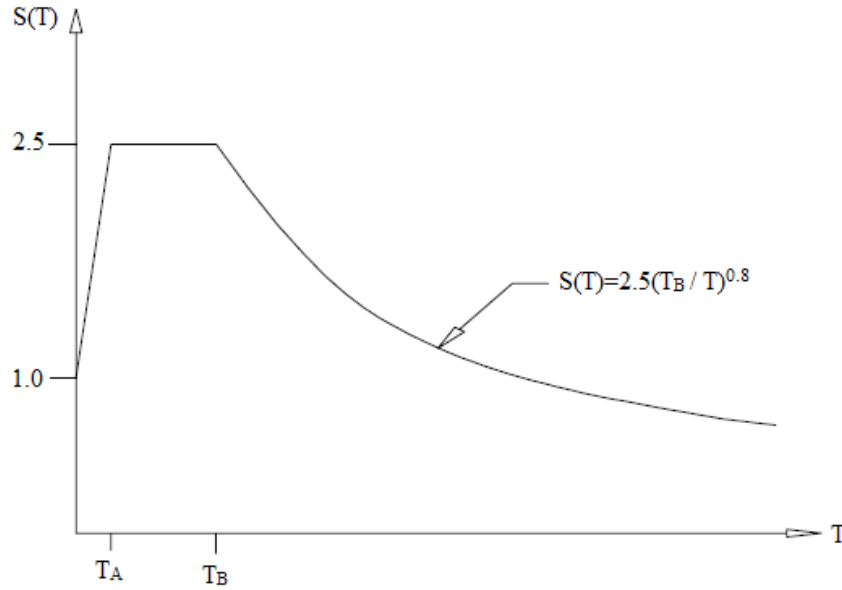
6.2.3.6 B3 düzensizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlar oturtulması durumudur. İncelenen binada böyle bir düzensizlik yoktur.

6.2.4 Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir [23].

ETABS ile üç boyutlu modellenmiş binanın dinamik hesabı Şekil 6.3'de verilen spektrum kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 6. 3: İvme spektrumu [23].

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı. gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde. her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenerek incelenen binada ilk 15 mod göz önüne alınmıştır.

T_m < T_n olmak üzere. gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotlar incelenen bina için;

$$T_1 = T_n = 2.4663 \text{ s}$$

$$T_2 = T_m = 2.3781 \text{ s}$$

T_m / T_n = 0.96 > 0.8 olduğundan Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır.

Mod birleştirme yönteminden ortaya çıkan deprem kuvveti V_{İB} ;

X doğrultusu için;

$$V_{İB} = 12991.97 \text{ kN}$$

$$V_t = 20415.55 \text{ kN}$$

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, elde edilen toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, eşdeğer deprem yükü yönteminden hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının β değerinden küçük olması durumunda Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri aşağıdaki denkleme göre büyütülecektir.

$$B_D = (\beta \times V_t / V_{tB}) \times B_B \quad (6.10)$$

B_B = Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük

$B_D = B_B$ büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

β = Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayıdır. A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta = 0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.80$ alınacaktır. Binada B2 düzensizliği olduğu için $\beta = 0.90$ alınmıştır.

$V_{tB} / V_t = 0.64 < 0.90$ olduğundan büyütme gerekir. Büyütme katsayısı;

$$(\beta \times V_t / V_{tB}) = 0.90 \times \frac{20415.55}{12991.97} = 1.414$$

Y doğrultusu için:

$$V_{tB} = 13117.31 \text{ kN}$$

$$V_t = 20415.55 \text{ kN}$$

$V_{tB} / V_t = 0.64 < 0.90$ olduğundan büyütme gerekir. Büyütme katsayısı;

$$(\beta \times V_t / V_{tB}) = 0.90 \times \frac{20415.55}{13117.31} = 1.401$$

6.3 Görelî Kat Ötelemesinin Kontrolü

$$\delta_i = R \times \Delta_i \quad (6.11)$$

δ_i = Binanın i 'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi

Δ_i = Binanın i 'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\text{maks}}$

aşağıdaki verilen koşulu sağlayacaktır. **Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12** 'de değerler verilmiştir.

$$(\delta_i)_{\text{maks}}/h_i \leq 0.02 \quad (6.12)$$

Çizelge 6.11: X doğrultusunda görel kat ötelenmesinin kontrolü.

KAT	Δ_i	$\delta_i=\Delta_i \times R$	δ_i/H_i
31	0.0032	0.0206	0.0057
30	0.0032	0.0212	0.0059
29	0.0033	0.0218	0.0061
28	0.0034	0.0225	0.0062
27	0.0035	0.0231	0.0064
26	0.0036	0.0236	0.0066
25	0.0037	0.0242	0.0067
24	0.0038	0.0246	0.0068
23	0.0038	0.0250	0.0070
22	0.0039	0.0254	0.0070
21	0.0039	0.0257	0.0071
20	0.0040	0.0259	0.0072
19	0.0040	0.0261	0.0073
18	0.0040	0.0262	0.0073
17	0.0040	0.0263	0.0073
16	0.0040	0.0263	0.0073
15	0.0040	0.0262	0.0073
14	0.0040	0.0261	0.0072
13	0.0039	0.0258	0.0072
12	0.0039	0.0254	0.0071
11	0.0038	0.0249	0.0069
10	0.0037	0.0243	0.0067
9	0.0036	0.0235	0.0065
8	0.0034	0.0226	0.0063
7	0.0033	0.0214	0.0059
6	0.0030	0.0199	0.0055
5	0.0028	0.0181	0.0050
4	0.0024	0.0159	0.0044
3	0.0020	0.0132	0.0037
2	0.0015	0.0097	0.0027
1	0.0007	0.0046	0.0013
MAKSİMUM DEĞER			0.0073≤0.02

Çizelge 6.12: Y doğrultusunda görelî kat ötelenmesinin kontrolü.

KAT	Δ_i	$\delta_i=\Delta_i \times R$	δ_i/H_i
31	0.0027	0.0174	0.0048
30	0.0028	0.0180	0.0050
29	0.0029	0.0187	0.0052
28	0.0031	0.0196	0.0054
27	0.0032	0.0204	0.0057
26	0.0033	0.0212	0.0059
25	0.0035	0.0220	0.0061
24	0.0036	0.0227	0.0063
23	0.0037	0.0234	0.0065
22	0.0038	0.0240	0.0067
21	0.0039	0.0246	0.0068
20	0.0039	0.0251	0.0070
19	0.0040	0.0255	0.0071
18	0.0041	0.0258	0.0072
17	0.0041	0.0261	0.0073
16	0.0041	0.0264	0.0073
15	0.0042	0.0265	0.0074
14	0.0042	0.0266	0.0074
13	0.0042	0.0266	0.0074
12	0.0042	0.0265	0.0074
11	0.0041	0.0263	0.0073
10	0.0041	0.0259	0.0072
9	0.0040	0.0254	0.0071
8	0.0039	0.0247	0.0069
7	0.0037	0.0237	0.0066
6	0.0035	0.0224	0.0062
5	0.0032	0.0205	0.0057
4	0.0029	0.0182	0.0051
3	0.0024	0.0150	0.0042
2	0.0017	0.0107	0.0030
1	0.0007	0.0047	0.0013
MAKSİMUM DEĞER			0.0074≤0.02

6.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \times \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (6.13)$$

θ_i = i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ =Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi

w_j =Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14 'de ikinci mertebe etkileri verilmiştir.

Çizelge 6.13: X doğrultusunda ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.

Kat	hi	$(\Delta_i)_{ort}$	w_i	Σw_i	V_i	θ_i
	m	m	kN	kN	kN	
31	3.6	0.003	13960.75	13960.75	2131.62	0.005
30	3.6	0.003	16060.31	30021.07	4103.74	0.006
29	3.6	0.003	16060.31	46081.38	5604.09	0.007
28	3.6	0.003	16060.31	62141.70	6686.66	0.008
27	3.6	0.003	16060.31	78202.01	7448.36	0.009
26	3.6	0.003	16060.31	94262.33	8006.44	0.011
25	3.6	0.003	16060.31	110322.64	8465.62	0.012
24	3.6	0.003	16084.46	126407.11	8892.98	0.013
23	3.6	0.003	16132.46	142539.57	9314.46	0.015
22	3.6	0.003	16171.16	158710.72	9731.51	0.016
21	3.6	0.004	16211.95	174922.68	10144.00	0.017
20	3.6	0.004	16237.15	191159.83	10558.23	0.018
19	3.6	0.004	16273.15	207432.98	10981.92	0.019
18	3.6	0.004	16370.19	223803.18	11414.99	0.020
17	3.6	0.004	16442.64	240245.82	11842.70	0.021
16	3.6	0.004	16452.54	256698.36	12244.54	0.021
15	3.6	0.004	16475.34	273173.69	12610.74	0.022
14	3.6	0.004	16550.93	289724.63	12949.63	0.023
13	3.6	0.004	16651.73	306376.35	13282.39	0.023
12	3.6	0.004	16705.72	323082.07	13629.75	0.024
11	3.6	0.004	16715.17	339797.25	14001.89	0.024
10	3.6	0.003	16783.27	356580.51	14401.15	0.024
9	3.6	0.003	16851.66	373432.18	14827.60	0.023
8	3.6	0.003	16879.56	390311.74	15287.50	0.023
7	3.6	0.003	16935.96	407247.69	15794.78	0.022
6	3.6	0.003	16998.50	424246.20	16353.53	0.020
5	3.6	0.003	17104.40	441350.59	16942.19	0.019
4	3.6	0.002	17179.99	458530.58	17503.56	0.016
3	3.6	0.002	17220.64	475751.22	17962.16	0.014
2	3.6	0.001	17298.03	493049.26	18257.15	0.010
1	3.6	0.001	17334.41	510383.67	18370.53	0.005
MAKSİMUM DEĞER						0.024≤0.12

Çizelge 6.14: Y doğrultusunda ikinci merteye etkilerinin kontrolü.

Kat	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	w_i	Σw_i	V_i	θ_i
	m	m	kN	kN	kN	
31	3.6	0.002	13960.75	13960.75	2062.78	0.005
30	3.6	0.002	16060.31	30021.07	3958.42	0.005
29	3.6	0.003	16060.31	46081.38	5407.51	0.006
28	3.6	0.003	16060.31	62141.70	6481.25	0.007
27	3.6	0.003	16060.31	78202.01	7284.37	0.008
26	3.6	0.003	16060.31	94262.33	7928.99	0.009
25	3.6	0.003	16060.31	110322.64	8501.72	0.011
24	3.6	0.003	16084.46	126407.11	9045.67	0.012
23	3.6	0.003	16132.46	142539.57	9567.33	0.013
22	3.6	0.003	16171.16	158710.72	10059.30	0.014
21	3.6	0.003	16211.95	174922.68	10522.56	0.016
20	3.6	0.003	16237.15	191159.83	10969.84	0.017
19	3.6	0.004	16273.15	207432.98	11415.91	0.018
18	3.6	0.004	16370.19	223803.18	11866.18	0.019
17	3.6	0.004	16442.64	240245.82	12309.71	0.020
16	3.6	0.004	16452.54	256698.36	12729.60	0.021
15	3.6	0.004	16475.34	273173.69	13119.90	0.021
14	3.6	0.004	16550.93	289724.63	13490.51	0.022
13	3.6	0.004	16651.73	306376.35	13859.16	0.023
12	3.6	0.004	16705.72	323082.07	14237.82	0.023
11	3.6	0.004	16715.17	339797.25	14626.01	0.024
10	3.6	0.004	16783.27	356580.51	15018.36	0.024
9	3.6	0.004	16851.66	373432.18	15413.51	0.024
8	3.6	0.004	16879.56	390311.74	15821.95	0.024
7	3.6	0.003	16935.96	407247.69	16263.20	0.023
6	3.6	0.003	16998.50	424246.20	16745.09	0.022
5	3.6	0.003	17104.40	441350.59	17247.03	0.020
4	3.6	0.003	17179.99	458530.58	17714.40	0.018
3	3.6	0.002	17220.64	475751.22	18080.42	0.015
2	3.6	0.001	17298.03	493049.26	18300.61	0.011
1	3.6	0.001	17334.41	510383.67	18377.28	0.005
MAKSİMUM DEĞER						0.024≤0.12

6.5 Binada Rüzgar Etkisiyle Oluşan İvmeler

Bu kısımda daha önceden 5. ve 6. bölümde ele alınan yönetmeliklere göre sayısal incelemeler yapılmıştır. X doğrultusunda rüzgar etkilerek, bu rüzgardan ortaya

çıkan ivmeler (rüzgar doğrultusunda ve rüzgar doğrultusuna dik) bulunmuştur. Çizelge 6.15 'de yönetmelikler ve dönüş periyotları verilmiştir.

Çizelge 6.15: Yönetmeliklere göre süreler ve dönüş periyotları.

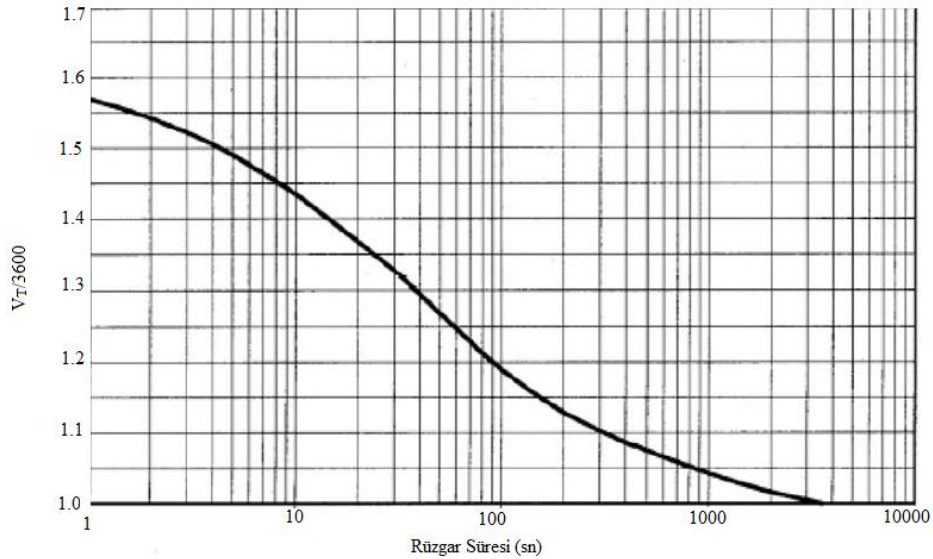
Yönetmelik	Temel Rüzgar Hızına Esas Süre	Dönüş Periyodu(yıl)
İYBRY	10 dakika	50
ASCE7-10	3 saniye	50
AS/NZS 1170.2	3 saniye	50
IS875	3 saniye	50
MS1553	3 saniye	50
EUROCODE	10 dakika	50
NBCC	1 saat	50
AIJ	10 dakika	50-100
EIT	1 saat	50

6.5.1 Temel rüzgar hızının belirlenmesi

Temel rüzgar hızı İstanbul için;

10 dakikalık ortalama rüzgar hızı $\longrightarrow V_b=25$ m/s

1 saatlik ve 3 saniyelik rüzgar hızları Şekil 6.4'de verilen grafiğe göre belirlenmiştir.



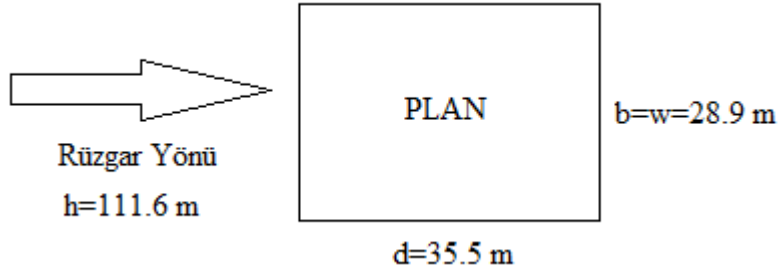
Şekil 6. 4: Rüzgar süresi ve hız ilişkisi [15].

1 saatlik ortalama rüzgar hızı $\longrightarrow V_b=23.81$ m/s

3 saniyelik ani rüzgar hızı $\longrightarrow V_b=36.19$ m/s olarak kullanılacaktır.

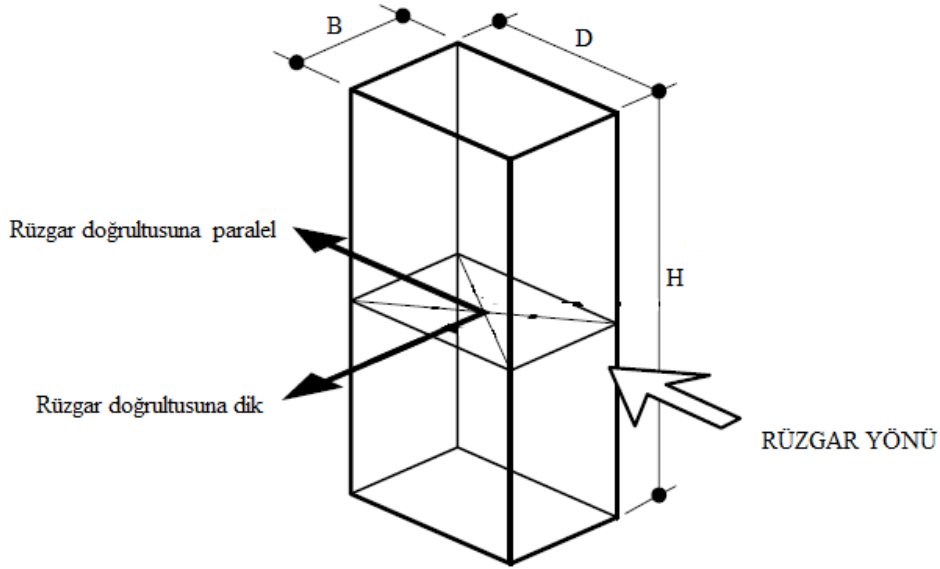
Herhangi bir bölge için temel rüzgar hızı yapılan istatistiksel çalışmalar ile bölgeler haritası dikkate alınarak belirlenir [25].

Binaya uzun doğrultuda paralel rüzgar etkidiği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 6.5'de rüzgar yönü ve boyutlar verilmiştir.



Şekil 6. 5: Rüzgar yönü ve bina boyutları.

Binaya etkileyen rüzgar ve bu rüzgar dolayı oluşan hareketler Şekil 6.6'da görülmektedir.



Şekil 6. 6: Rüzgar ve rüzgardan dolayı oluşan hareketler [21].

Rüzgardan dolayı oluşan frekansın bulunmasında ASCE7-10 verilen ve 122 metreden daha az yüksek binalar için uygun olan formül kullanılmıştır.

$$f_{n1} = \frac{150}{H} \quad (6.14)$$

H=Bina yüksekliğinin feet olarak değeridir yada yukarıdaki formül metreye dönüştürülürse;

$$f_{n1} = \frac{45.72}{H} \quad (6.15)$$

olarak verilebilir.

İncelenen bina için

$$f_{n1} = \frac{45.72}{111.6} = 0.41\text{Hz}$$

Binanın serbest titreşim analizinden bulunan frekansla (0.405 Hz) bu değer çok yakındır. Hesaplarda ve belirli bir formül verilmeyen yönetmeliklerde bu formül kullanılmıştır.

6.5.2 İstanbul yüksek yapılar rüzgar yönetmeliğine göre sayısal çözümler

Temel rüzgar hızı $V_b=25$ m/s

$\Delta= 100$ m (Maslak için)

Arazi tipi **Çizelge 4.1**'e göre IV seçildi.

Buradan $z_o=1.0$ m $z_{min}=10.0$ m

İncelenen 31 katlı bina için;

$$z = 3.6 \times 31 = 111.6 \text{ m}$$

$$z > z_{min} \text{ için } k_r = 0.23 \times 1^{0.07} = 0.23$$

$$C_e(111.6) = 0.23 \times \ln\left(\frac{111.6}{1}\right) = 1.084$$

$$C_t = 1.0 + 0.001 \times 100 = 1.1 \text{ buradan ortalama rüzgar hızı}$$

$$V_m(111.6) = 1.084 \times 1.1 \times 25 = 29.81 \text{ m /s}$$

$$\sigma_w = 0.23 \times 25 = 5.75$$

$$\bar{w}_{maks} = 3.5 \times 5.75 = 20.125 \text{ m/s}$$

$$V_{maks} = 29.810 + 20.125 = 49.935 \text{ m /s}$$

6.5.3 ASCE7-10 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.3.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$V_b=36.19\text{m/s}$$

$$h=z=111.6 \text{ m}$$

$$B=28.9 \text{ m}$$

$$d=L=35.5 \text{ m}$$

$\xi =$ **Çizelge 5.19** ' a göre 2 olarak alınır.

$$\phi(111.6) = (111.6/111.6)^2 = 1$$

$$\rho=1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{fx}=1.3$$

Bina konum olarak C sınıfı seçildi. **Çizelge 5.1**'e göre;

$$\alpha=9.5$$

$$\bar{b}=0.65$$

$$z_g=274.32 \text{ m}$$

$$c=0.20$$

$$\hat{\alpha}=1/9.5$$

$$l=152.4 \text{ m}$$

$$\hat{b}=1$$

$$\bar{c}=1/5.0$$

$$\bar{\alpha}=1/6.5$$

$$z_{\min}=4.57 \text{ m}$$

$$\bar{z} = \text{maks}(0.6h, z_{\min})$$

$$h=111.6 \text{ m} \quad \text{için} \quad \bar{z} = 66.96 \text{ m}$$

$$V_{\bar{z}} = 0.65 \times \left(\frac{66.96}{10}\right)^{1/6.5} \times 36.19 = 31.53 \text{ m/s}$$

$$I_{\bar{z}} = 0.20 \times \left(\frac{10}{66.96}\right)^{1/6} = 0.146$$

$$K=(1.65)^{1/9.5} / (1/9.5+2+1)=0.339$$

$$n_1 = \frac{150}{111.6 \times 3.281} = 0.41 \text{ Hz}$$

$$L_{\bar{z}} = 152.4 \times \left(\frac{66.96}{10}\right)^{1/5} = 222.92 \text{ m}$$

$$N_1 = \frac{0.41 \times 222.92}{31.53} = 2.899$$

$$R_n = \frac{7.47 \times 2.899}{(1 + 10.3 \times 2.899)^{5/3}} = 0.071$$

$$R_h \longrightarrow \eta_h$$

$$\eta = \frac{4.6 \times 0.41 \times 111.6}{31.53} = 6.675$$

$$R_h = \frac{1}{6.675} - \frac{1}{2 \times (6.675)^2} \times (1 - e^{-2 \times 6.675}) = 0.139$$

$$R_B \longrightarrow \eta_B$$

$$\eta = \frac{4.6 \times 0.41 \times 28.90}{31.53} = 1.729$$

$$R_B = \frac{1}{1.729} - \frac{1}{2 \times (1.729)^2} \times (1 - e^{-2 \times 1.729}) = 0.416$$

$$R_L \longrightarrow \eta_L$$

$$\eta = \frac{15.4 \times 0.41 \times 35.50}{31.53} = 7.109$$

$$R_L = \frac{1}{7.109} - \frac{1}{2 \times (7.109)^2} \times (1 - e^{-2 \times 7.109}) = 0.131$$

$$\beta = 0.005$$

$$R = \frac{1}{0.005} \times 0.071 \times 0.139 \times 0.416 \times (0.53 + 0.47 \times 0.131) = 0.697$$

$$M = 52048.610 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\mu(z) = \frac{52048.610 \times 10^3}{111.6} = 466385.394 \text{ kg/m}$$

$\mu(z)$ =birim yükseklik başına düşen kütle sabit kabul edildi.

$m_1 = \int_0^h \mu(z) \phi^2(z) dz$ integralinde sabit olan $\mu(z)$ değeri integral dışına çıkarılarak $\phi(z) = (z/h)^2$ yazılır ve integral çözülür

$$m_1 = 10409721.990 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\ddot{x}}(z) = \frac{0.85 \times 1 \times 1.2 \times 28.9 \times 111.6 \times 1.3 \times 31.53^2}{10409721.990} \times 0.146 \times 0.339 \times 0.697$$

$$\sigma_{\ddot{x}}(111.6) = 0.014 \text{ m/s}^2$$

$$g_{\ddot{x}} = \sqrt{2 \times \ln(0.41 \times 3600)} + 0.5772 / \sqrt{2 \times \ln(0.41 \times 3600)}$$

$$g_{\ddot{x}} = 3.971$$

$$\ddot{X}_{\text{maks}}(111.6) = 3.971 \times 0.014 = 0.056 \text{ m/s}^2$$

6.5.4 AS/NZS 1170.2 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.4.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$V_b = 36.19 \text{ m/s}$$

$$H = z = 111.6 \text{ m}$$

$$b = 28.9 \text{ m}$$

$$d = 35.5 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{hava}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$n_a = 0.41 \text{ Hz}$$

$$g_R = \sqrt{[2 \times \ln(600 \times 0.41)]} = 3.318$$

Arazi sınıfı= 4

$I_h = \text{Çizelge 5.3'e göre } 0.228$

$g_v = 3.7$

$V_b = V_R = 36.19 \text{ m/s}$

$M_d = 1$

$M_{z.cat} = \text{Çizelge 5.4'e göre } 1.05$

$M_s = 1$

$E = 100 \text{ m}$

$M_t = 1 \times 1 \times (1 + 0.00015 \times 100) = 1.015$

$V_{sit,\beta} = 36.19 \times 1 \times (1.05 \times 1 \times 1.015) = 38.57 \text{ m/s}$

$S = \text{Aşağıdaki şekilde bulunur.}$

$$\frac{1}{\left[1 + \frac{3.5 \times 0.41 \times 111.6 \times (1 + 3.7 \times 0.228)}{38.57}\right]} \times \left[1 + \frac{4 \times 0.41 \times 28.9 \times (1 + 3.7 \times 0.228)}{38.57}\right]$$

$S = 0.035$

$E_t \longrightarrow N \longrightarrow L_H$

$$L_H = 85 \times \left(\frac{111.6}{10}\right)^{0.25} = 155.36$$

$$N = \frac{0.41 \times 155.36}{38.57} \times (1 + 3.7 \times 0.228) = 3.045$$

$$E_t = \frac{\pi \times 3.045}{(1 + 70.8 \times 3.045^2)^{5/6}} = 0.043$$

$\xi = \text{Çizelge 5.2'ye göre } 0.005$

$m_0 = 466385.394 \text{ kg/m}$

$K_a = 1. K_c = 1. K_l = 1. K_p = 1$

$C_{pe.rüzgar \text{ tarafı}} = \text{Çizelge 5.5'e göre } 0.8$

$C_{\text{şekil.rüzgar tarafı}} = 0.8$

$\alpha < 10^0$ ve $d/b = 1.22$ için

$C_{pe.rüzgar \text{ tarafının aksi}} = \text{Çizelge 5.6'ya göre } -0.45$

$C_{\text{şekil.rüzgar tarafı}} = -0.45$

$C_{\text{şekil.rüzgar tarafı}} \times \sum_{z=0}^h [V_{des,0}(z)]^2 \times b_z \times z \times \Delta z$ Çizelge 6.16'ya göre bulunur.

$C_{\text{şekil.rüzgar}} \text{ tarafının aksi} \times [V_{\text{des.}\theta}(h)]^2 \sum_{z=0}^h b_z \times z \times \Delta z \times$ Çizelge 6.17' ye göre bulunur.

Çizelge 6.16: Rüzgarın estiği yön için yapılan hesaplamalar.

z	b_z	Δz	$M_{z,\text{cat}}$	$V_{\text{des.}\theta}(z)$	$(V_{\text{des.}\theta})^2 \times b_z \times z \times \Delta z$	$C_{\text{şekil}}$
(m)	(m)	(m)		(m/sn)		
3.6	29.3	3.6	0.75	27.55	288209.27	0.8
7.2	29.3	3.6	0.75	27.55	576418.54	
10.8	29.3	3.6	0.75	27.55	864627.81	
14.4	29.2	3.6	0.75	27.55	1148902.48	
18	29.2	3.6	0.75	27.55	1436128.11	
21.6	29.2	3.6	0.76	27.84	1760314.69	
25.2	29.2	3.6	0.78	28.50	2152395.79	
28.8	29.1	3.6	0.79	29.17	2566503.02	
32.4	29.1	3.6	0.81	29.83	3019710.83	
36	29.1	3.6	0.83	30.49	3505637.23	
39.6	29.1	3.6	0.85	31.15	4025271.49	
43.2	29.1	3.6	0.87	31.81	4579602.86	
46.8	29.1	3.6	0.88	32.47	5169620.59	
50.4	29.1	3.6	0.90	33.11	5787064.08	
54	29	3.6	0.91	33.53	6338088.79	
57.6	29	3.6	0.92	33.95	6932349.98	
61.2	29	3.6	0.94	34.38	7550364.65	
64.8	29	3.6	0.95	34.80	8192536.59	
68.4	29	3.6	0.96	35.22	8859269.61	
72	28.9	3.6	0.97	35.65	9518033.16	
75.6	28.9	3.6	0.98	36.04	10217626.32	
79.2	28.9	3.6	0.99	36.31	10861849.88	
82.8	28.9	3.6	1.00	36.57	11521612.21	
86.4	28.9	3.6	1.00	36.84	12197070.50	
90	28.9	3.6	1.01	37.10	12888381.95	
93.6	28.9	3.6	1.02	37.36	13595703.75	
97.2	28.9	3.6	1.02	37.63	14319193.10	
100.8	28.9	3.6	1.03	37.88	15049666.08	
104.4	28.9	3.6	1.04	38.09	15761758.02	
108	28.9	3.6	1.04	38.31	16486897.64	
111.6	28.9	3.6	1.05	38.57	17272529.13	
Σ					234443338.18	

$$C_{\text{şekil.rüzgar}} \text{ tarafı} \times \sum_{z=0}^h [V_{\text{des.}\theta}(z)]^2 \times b_z \times z \times \Delta z = 187554670.5$$

Çizelge 6.17: Rüzgarın estiği doğrultuya ters doğrultu için yapılan hesaplamalar.

z	b _z	Δz	V _{des.θ} (h)	b _z x z x Δz	C _{şekil}	C _{şekil} x (V _{des.θ} (h)) ² Σ(b _z x z x Δz)
(m)	(m)	(m)	(m/sn)	(m ³)		
0	0	0		0.00		
3.6	29.3	3.6		379.73		
7.2	29.3	3.6		759.46		
10.8	29.3	3.6		1139.18		
14.4	29.2	3.6		1513.73		
18	29.2	3.6		1892.16		
21.6	29.2	3.6		2270.59		
25.2	29.2	3.6		2649.02		
28.8	29.1	3.6		3017.09		
32.4	29.1	3.6		3394.22		
36	29.1	3.6		3771.36		
39.6	29.1	3.6		4148.50		
43.2	29.1	3.6		4525.63		
46.8	29.1	3.6		4902.77		
50.4	29.1	3.6		5279.90		
54	29	3.6		5637.60		
57.6	29	3.6	38.57	6013.44	-0.45	-125755948.27
61.2	29	3.6		6389.28		
64.8	29	3.6		6765.12		
68.4	29	3.6		7140.96		
72	28.9	3.6		7490.88		
75.6	28.9	3.6		7865.42		
79.2	28.9	3.6		8239.97		
82.8	28.9	3.6		8614.51		
86.4	28.9	3.6		8989.06		
90	28.9	3.6		9363.60		
93.6	28.9	3.6		9738.14		
97.2	28.9	3.6		10112.69		
100.8	28.9	3.6		10487.23		
104.4	28.9	3.6		10861.78		
108	28.9	3.6		11236.32		
111.6	28.9	3.6		11610.86		
			Σ	186200.21		

Çizelge 6.16 ve Çizelge 6.17' ye göre:

$$187554670.5 - (-125755948.27) = 313310618.7$$

\ddot{x}_{maks} =aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\frac{3}{466385.394 \times 111.6^2} \times \frac{1.2 \times 3.318 \times 0.228 \times \sqrt{\frac{0.035 \times 0.043}{0.005}}}{(1 + 2 \times 3.7 \times 0.228)} \times 313310618.7$$

$$\ddot{x}_{\text{maks}} = 0.030 \text{ m/s}^2$$

6.5.4.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket

$$n_c = 0.41 \text{ Hz}$$

$$k=2.3$$

$$K_m = 0.76 + 0.24 \times 2.3 = 1.312$$

$$V_n = \frac{38.57}{0.41 \times 28.9 \times (1 + 3.7 \times 0.228)} = 1.77 \text{ m/s}$$

V_n için minimum 2 olduğundan $V_n = 2 \text{ m/s}$ kabul edildi.

$$2h/3 \text{ için } I=0.248$$

$h:b:d \sim 3:1:1$ olduğundan C_{fs} 1.duruma göre hesaplanır.

$$I=0.12 \text{ için } C_{fs} = 5.006 \times 10^{-4}$$

$$I=0.20 \text{ için } C_{fs} = 2.155 \times 10^{-3}$$

$I=0.248$ için ise $C_{fs} = 3.148 \times 10^{-3}$ olarak bulunur.

$$\ddot{y}_{\text{maks}} = \frac{1.5 \times 28.9 \times 3.318}{466385.394} \times \left[\frac{0.5 \times 1.2 \times 38.57^2}{(1 + 3.7 \times 0.228)^2} \right] \times 1.312 \times \sqrt{\frac{\pi \times 3.148 \times 10^{-3}}{0.005}}$$

$$\ddot{y}_{\text{maks}} = 0.149 \text{ m/s}^2$$

6.5.5 IS875 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.5.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$h=z=111.6 \text{ m}$$

$$b=28.9 \text{ m}$$

$$d= 35.5 \text{ m}$$

$$f_0 = 0.41 \text{ Hz}$$

$$g_R = \sqrt{[2 \times \ln(3600 \times 0.41)]} = 3.820$$

$$\text{Arazi sınıfı} = 4$$

$I_h = \text{Çizelge 5.7' göre } 0.228$

$V_b = 36.19 \text{ m/s}$

$k_1 = \text{Çizelge 5.9'a göre önemli yapılar için } 1.05$

$k_2 = \text{Çizelge 5.10'a göre } 1.21$

$k_3 = 1$

$k_4 = 1$

$V_h = 36.19 \times 1.05 \times 1.21 \times 1 \times 1 = 45.98 \text{ m/s}$

$g_v = 3.5$

$S = \text{Aşağıdaki şekilde bulunur.}$

$$\frac{1}{\left[1 + \frac{4 \times 0.41 \times 111.6 \times (1 + 3.5 \times 0.228)}{45.98}\right]} \times \frac{1}{\left[1 + \frac{4 \times 0.41 \times 28.9 \times (1 + 3.5 \times 0.228)}{45.98}\right]}$$

$S = 0.043$

$E \longrightarrow N \longrightarrow L_h$

$$L_h = 100 \times \left(\frac{111.6}{10}\right)^{0.25} = 182.775$$

$$N = \frac{0.41 \times 182.775}{45.98} \times (1 + 3.5 \times 0.228) = 2.930$$

$$E = \frac{\pi \times 2.930}{(1 + 70 \times 2.930^2)^{5/6}} = 0.044$$

$\beta = \text{Çizelge 5.8' göre } 0.020$

$m_0 = 466385.394 \text{ kg/m}$

$$\left[\sum_{z=0}^h C_f \times P_z \times A_e \times Z \right] \text{ Çizelge 6.18'de verilmiştir.}$$

Çizelge 6.18: İvme hesabında kullanılan toplam değerler.

Yükseklik (m)	b _{kat} (m)	h _{kat} (m)	k ₂	V _z (m/sn2)	p _z	Ae m2	C _f	C _f *p _z *Ae*Z
0.0		3.6	0.80	30.40	554.48	0.00	1.3	0.00
3.6	29	3.6	0.80	30.40	554.48	105.48	1.3	273717.75
7.2	29	3.6	0.80	30.40	554.48	105.48	1.3	547435.50
10.8	29	3.6	0.80	30.40	554.48	105.48	1.3	821153.25
14.4	29	3.6	0.80	30.40	554.48	105.12	1.3	1091134.24
18.0	29	3.6	0.80	30.40	554.48	105.12	1.3	1363917.80
21.6	29	3.6	0.83	31.43	592.83	105.12	1.3	1749889.08
25.2	29	3.6	0.89	33.76	683.79	105.12	1.3	2354796.38
28.8	29	3.6	0.95	36.08	781.25	104.76	1.3	3064218.68
32.4	29	3.6	0.99	37.45	841.61	104.76	1.3	3713575.49
36.0	29	3.6	1.01	38.34	882.04	104.76	1.3	4324448.11
39.6	29	3.6	1.03	39.23	923.43	104.76	1.3	4980088.20
43.2	29	3.6	1.06	40.12	965.76	104.76	1.3	5681891.27
46.8	29	3.6	1.08	41.01	1009.05	104.76	1.3	6431252.83
50.4	29	3.6	1.10	41.83	1049.84	104.76	1.3	7205983.03
54.0	29	3.6	1.11	42.10	1063.62	104.40	1.3	7795144.07
57.6	29	3.6	1.12	42.38	1077.49	104.40	1.3	8423234.10
61.2	29	3.6	1.12	42.65	1091.45	104.40	1.3	9065621.94
64.8	29	3.6	1.13	42.92	1105.49	104.40	1.3	9722439.27
68.4	29	3.6	1.14	43.20	1119.63	104.40	1.3	10393817.75
72.0	29	3.6	1.14	43.47	1133.86	104.04	1.3	11041682.52
75.6	29	3.6	1.15	43.75	1148.18	104.04	1.3	11740161.41
79.2	29	3.6	1.16	44.02	1162.58	104.04	1.3	12453544.87
82.8	29	3.6	1.17	44.29	1177.08	104.04	1.3	13181964.11
86.4	29	3.6	1.17	44.57	1191.67	104.04	1.3	13925550.34
90.0	29	3.6	1.18	44.84	1206.34	104.04	1.3	14684434.78
93.6	29	3.6	1.19	45.11	1221.11	104.04	1.3	15458748.63
97.2	29	3.6	1.19	45.39	1235.97	104.04	1.3	16248623.10
100.8	29	3.6	1.20	45.62	1248.91	104.04	1.3	17026949.92
104.4	29	3.6	1.20	45.73	1254.91	104.04	1.3	17719759.89
108.0	29	3.6	1.21	45.84	1260.93	104.04	1.3	18418621.49
111.6	29	3.6	1.21	45.98	1268.46	104.04	1.3	19146334.66
							Σ	270050134.48

$$\ddot{x}_h = \frac{6}{466385.394 \times 111.6^2} \times \frac{3.820 \times 0.228 \times \sqrt{\frac{0.043 \times 0.044}{0.02}}}{(1 + 2 \times 3.5 \times 0.228)} \times 270050134.48$$

$$\ddot{x}_h = 0.029 \text{m/s}^2$$

6.5.5.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket

$$f_0 = 0.41 \text{ Hz}$$

$$k=2.3$$

$$K_m = 0.76 + 0.24 \times 2.3 = 1.312$$

$$V_n = \frac{45.98}{0.41 \times 28.9 \times (1 + 3.5 \times 0.228)} = 2.16 \text{ m/s}$$

2h/3 için I=0.248

h:b:d~3:1:1 olduğundan C_{fs} 1.duruma göre hesaplanır.

$$I=0.12 \text{ için } C_{fs} = 5.227 \times 10^{-4}$$

$$I=0.20 \text{ için } C_{fs} = 2.302 \times 10^{-3}$$

I=0.248 için ise $C_{fs} = 3.370 \times 10^{-3}$ olarak bulunur.

$$\ddot{y}_h = \frac{0.9 \times 28.9 \times 3.820}{466385.394} \times \left[\frac{45.98}{1 + 3.5 \times 0.228} \right]^2 \times 1.312 \times \sqrt{\frac{\pi \times 3.370 \times 10^{-3}}{0.02}}$$

$$\ddot{y}_h = 0.133 \text{ m/s}^2$$

6.5.6 MS 1553-2002 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.6.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$h=z=111.6 \text{ m}$$

$$b=28.9 \text{ m}$$

$$d= 35.5 \text{ m}$$

$$\rho_{hava}=1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$n_a = 0.41 \text{ Hz}$$

$$g_R = \sqrt{[2 \times \ln(600 \times 0.41)]} = 3.318$$

$$\text{Arazi sınıfı} = 4$$

$$I_h = \text{Çizelge 5.11'e göre } 0.225$$

$$g_v = 3.7$$

$$V_b=V_s=36.19 \text{ m/s}$$

$$M_d=1$$

$$M_{z.cat} = \text{Çizelge 5.14'e göre } 1.05$$

$$M_s=1$$

$$M_h = 1$$

$$V_{sit} = 36.19 \times 1 \times 1.05 \times 1 \times 1 = 38.00 \text{ m/s}$$

I = **Çizelge 5.13**'e göre 1.15

$$V_{des} = 38.00 \times 1.15 = 43.70 \text{ m/s}$$

S=Aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\frac{1}{\left[1 + \frac{3.5 \times 0.41 \times 111.6 \times (1 + 3.7 \times 0.225)}{43.70}\right]} \times \left[1 + \frac{4 \times 0.41 \times 28.9 \times (1 + 3.7 \times 0.225)}{43.70}\right]$$

$$S=0.043$$

$$E_t \longrightarrow N \longrightarrow L_h$$

$$L_h = 1000 \times \left(\frac{111.6}{10}\right)^{0.25} = 1827.75$$

$$N = \frac{0.41 \times 1827.75}{43.70} \times (1 + 3.7 \times 0.225) = 31.424$$

$$E_t = \frac{0.47 \times 31.424}{(2 + 31.424)^{5/6}} = 0.793$$

ξ = **Çizelge 5.12**'ye göre 0.005

$$m_0 = 466385.394 \text{ kg/m}$$

$$K_a=1. K_c=1. K_l=1. K_p=1$$

$C_{pe.rüzgar \text{ tarafı}}$ = **Çizelge 5.15**'e göre 0.8

$$C_{\text{şekil.rüzgar tarafı}} = 0.8$$

d/b = 1.22 için

$C_{pe.rüzgar \text{ tarafının aksi}}$ = **Çizelge 5.16**'ya göre -0.45

$$C_{\text{şekil.rüzgar tarafı}} = -0.45$$

$C_{\text{şekil.rüzgar tarafı}} \times \sum_{z=0}^h [V_{des,\theta}(z)]^2 \times b_z \times z \times \Delta z$ **Çizelge 6.19**'a göre bulunur.

$C_{\text{şekil.rüzgar tarafının aksi}} \times [V_{des,\theta}(h)]^2 \sum_{z=0}^h b_z \times z \times \Delta z \times$ **Çizelge 6.20**'ye göre bulunur.

Çizelge 6.19: Rüzgarın estiği yön için yapılan hesaplamalar.

z	b _z	Δz	M _{z.cat}	V _{des.θ(z)}	(V _{des.θ}) ² x b _z x z x Δz	C _{şekil}
(m)	(m)	(m)		(m/sn)		
0	0	0	0.75	31.21	0.00	0.80
3.6	29.3	3.6	0.75	31.21	369971.27	
7.2	29.3	3.6	0.75	31.21	739942.53	
10.8	29.3	3.6	0.75	31.21	1109913.80	
14.4	29.2	3.6	0.75	31.21	1474834.26	
18	29.2	3.6	0.75	31.21	1843542.83	
21.6	29.2	3.6	0.76	31.55	2259697.79	
25.2	29.2	3.6	0.78	32.30	2763008.25	
28.8	29.1	3.6	0.79	33.05	3294593.44	
32.4	29.1	3.6	0.81	33.79	3876371.62	
36	29.1	3.6	0.83	34.54	4500150.33	
39.6	29.1	3.6	0.85	35.29	5167199.47	
43.2	29.1	3.6	0.87	36.04	5878788.93	
46.8	29.1	3.6	0.88	36.79	6636188.59	
50.4	29.1	3.6	0.90	37.51	7428794.43	
54	29	3.6	0.91	37.99	8136139.16	
57.6	29	3.6	0.92	38.47	8898986.12	
61.2	29	3.6	0.94	38.95	9692325.17	
64.8	29	3.6	0.95	39.43	10516674.66	
68.4	29	3.6	0.96	39.91	11372552.96	
72	28.9	3.6	0.97	40.39	12218200.92	
75.6	28.9	3.6	0.98	40.84	13116261.45	
79.2	28.9	3.6	0.99	41.14	13943244.58	
82.8	28.9	3.6	1.00	41.44	14790174.67	
86.4	28.9	3.6	1.00	41.74	15657253.51	
90	28.9	3.6	1.01	42.03	16544682.89	
93.6	28.9	3.6	1.02	42.33	17452664.58	
97.2	28.9	3.6	1.02	42.63	18381400.38	
100.8	28.9	3.6	1.03	42.92	19319101.02	
104.4	28.9	3.6	1.04	43.16	20233206.09	
108	28.9	3.6	1.04	43.40	21164060.33	
111.6	28.9	3.6	1.05	43.70	22172567.37	
				Σ	300952493.43	

$$C_{şekil.rüzgar\ tarafi} \times \sum_{z=0}^h [V_{des.\theta}(z)]^2 \times b_z \times z \times \Delta z = 240761994.75$$

Çizelge 6.20: Rüzgarın estiği doğrultuya ters doğrultu için yapılan hesaplamalar.

z	b _z	Δz	V _{des.θ} (h)	b _z x z x Δz	C _{şekil}	C _{şekil} x (V _{des.θ} (h)) ² Σ(b _z x z x Δz)
(m)	(m)	(m)	(m/sn)	(m ³)		
0	0	0	43.70	0.00	0.45	161435442.55
3.6	29.3	3.6		379.73		
7.2	29.3	3.6		759.46		
10.8	29.3	3.6		1139.18		
14.4	29.2	3.6		1513.73		
18	29.2	3.6		1892.16		
21.6	29.2	3.6		2270.59		
25.2	29.2	3.6		2649.02		
28.8	29.1	3.6		3017.09		
32.4	29.1	3.6		3394.22		
36	29.1	3.6		3771.36		
39.6	29.1	3.6		4148.50		
43.2	29.1	3.6		4525.63		
46.8	29.1	3.6		4902.77		
50.4	29.1	3.6		5279.90		
54	29	3.6		5637.60		
57.6	29	3.6		6013.44		
61.2	29	3.6		6389.28		
64.8	29	3.6		6765.12		
68.4	29	3.6		7140.96		
72	28.9	3.6		7490.88		
75.6	28.9	3.6		7865.42		
79.2	28.9	3.6		8239.97		
82.8	28.9	3.6		8614.51		
86.4	28.9	3.6		8989.06		
90	28.9	3.6		9363.60		
93.6	28.9	3.6		9738.14		
97.2	28.9	3.6		10112.69		
100.8	28.9	3.6	10487.23			
104.4	28.9	3.6	10861.78			
108	28.9	3.6	11236.32			
111.6	28.9	3.6	11610.86			

Çizelge 6.19 ve Çizelge 6.20' ye göre:

$$240761994.75 - (-161435442.55) = 402197437.3$$

\ddot{x}_{maks} =aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\frac{3}{466385.394 \times 111.6^2} \times \frac{1.225 \times 3.318 \times \sqrt{\frac{0.043 \times 0.793}{0.005}}}{(1 + 2 \times 3.7 \times 0.225)} \times 402197437.3$$

$$\ddot{x}_{\text{maks}} = \mathbf{0.83 \text{ m/s}^2}$$

6.5.6.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket

$$n_c = 0.41 \text{ Hz}$$

$$k=2.3$$

$$K_m = 0.76 + 0.24 \times 2.3 = 1.312$$

$$V_n = \frac{43.70}{0.41 \times 28.9 \times (1 + 3.7 \times 0.225)} = 2.01 \text{ m/s}$$

2h/3 için I=0.250

h:b:d~3:1:1 olduğundan C_{fs} 1.duruma göre hesaplanır.

$$I=0.12 \text{ için } C_{fs} = 5.018 \times 10^{-4}$$

$$I=0.20 \text{ için } C_{fs} = 1.351 \times 10^{-3}$$

I=0.250 için ise $C_{fs} = 1.882 \times 10^{-3}$ olarak bulunur.

$$\ddot{y}_{\text{maks}} = \frac{1.5 \times 28.9 \times 3.318}{466385.394} \times \left[\frac{0.5 \times 1.225 \times 43.70^2}{(1 + 3.7 \times 0.225)^2} \right] \times 1.312 \sqrt{\frac{\pi \times 1.882 \times 10^{-3}}{0.005}}$$

$$\ddot{y}_{\text{maks}} = \mathbf{0.153 \text{ m/s}^2}$$

6.5.7 EUROCODE 1-04 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.7.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$h=z=111.6 \text{ m}$$

$$b=28.9 \text{ m}$$

$$d= 35.5 \text{ m}$$

$$C_{f,0} = \text{Şekil 5.5'e göre } 2.228$$

$$\psi_r = \text{Şekil 5.6'ya göre } 1.0$$

$$\varphi = 1$$

$$\lambda = \text{Şekil 5.8'e göre } 5.41$$

$$\psi_\lambda = \text{Şekil 5.7'ye göre } 0.649$$

$$C_f = 1.446$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Arazi sınıfı **Çizelge 5.17**'ye göre = 4

$$z_0 = 1 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 10 \text{ m}$$

$$z_e = \max(0.6 \times 111.6 \cdot 10) = 66.96 \text{ m}$$

$$k_1 = 1$$

$$c_o(z) = 1$$

$$I_v(z_e) = \frac{1}{1 \times \ln\left(\frac{66.96}{1}\right)} = 0.238$$

$$V_b = 25 \text{ m/s}$$

$$z_{0.11} = 0.05$$

$$k_r = 0.19 \times \left(\frac{1}{0.05}\right)^{0.07} = 0.234$$

$$c_r(z_e) = 0.234 \times \ln\left(\frac{66.96}{1}\right) = 0.984$$

$$V_m(z_e) = 25 \times 0.984 = 24.594 \text{ m/s}$$

$$\delta_s = \text{Çizelge 5.18 'e göre } 0.03$$

$$n_1 = 46/111.6 = 0.412 \text{ Hz}$$

$$m_{1,x} = m_e = 466385.394 \text{ kg/m}$$

$$\delta_a = \frac{1.446 \times 1.25 \times 28.9 \times 24.594}{2 \times 0.412 \times 466385.394} = 3.342 \times 10^{-3}$$

δ_d bu incelemede ihmal edilebilir.

$$\delta = 0.033$$

$$S_L(z_e) \longrightarrow f_L(z_e) \longrightarrow L(z_e)$$

$$\alpha = 0.67 + 0.05 \times \ln(1) = 0.67$$

$$L_t = 300 \text{ m}$$

$$z_t = 200 \text{ m}$$

$$L(z_e) = \left(\frac{66.96}{200}\right)^{0.67} \times 300 = 144.12$$

$$f_L(z_e) = \frac{0.412 \times 144.12}{24.594} = 2.414$$

$$S_L(z_e) = \frac{6.8 \times 2.414}{(1 + 10.2 \times 2.414)^{\frac{5}{3}}} = 0.074$$

$$R_h \longrightarrow \eta_h$$

$$\eta_h = \frac{4.6 \times 111.6 \times 2.414}{144.12} = 8.599$$

$$R_h = \frac{1}{8.599} - \frac{1}{2 \times (8.599)^2} \times (1 - e^{-2 \times 8.599}) = 0.110$$

$$R_b \longrightarrow \eta_b$$

$$\eta_b = \frac{4.6 \times 28.9 \times 2.414}{144.12} = 2.227$$

$$R_b = \frac{1}{2.227} - \frac{1}{2 \times (2.227)^2} \times (1 - e^{-2 \times 2.227}) = 0.349$$

$$R = \sqrt{\frac{\pi^2}{0.033} \times 0.074 \times 0.110 \times 0.349} = 0.425$$

$\zeta = \text{Çizelge 5.19 'a göre 2}$

$$K(x) = \frac{(2 \times 2 + 1) \times \left((2 + 1) \times \left[\ln\left(\frac{66.96}{1}\right) + 0.5 \right] - 1 \right)}{(2 + 1)^2 \times \ln\left(\frac{66.96}{1}\right)} = 1.733$$

$$\Phi_{1,x}(z) = (111.6/111.6)^2 = 1$$

$$\sigma_{a,x}(z) = \frac{1.446 \times 1.25 \times 28.9 \times 0.238 \times 24.594^2}{466385.394} \times 0.425 \times 1.733 \times 1$$

$$\sigma_{a,x}(z) = 0.012 \text{m/s}^2$$

$$B = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.9 \times \left(\frac{28.9 + 111.6}{144.12}\right)^{0.63}}} = 0.728$$

$$v = 0.412 \times \sqrt{\frac{0.425^2}{0.425^2 + 0.728^2}} = 0.208 \text{Hz}$$

$$T = 600 \text{ s}$$

$$k_p = \sqrt{2 \times \ln(0.208 \times 600)} + \frac{0.6}{\sqrt{2 \times \ln(0.208 \times 600)}} = 3.300$$

$$\mathbf{x_{maks} = 3.300 \times 0.012 = 0.040 \text{ m/s}^2}$$

6.5.8 NBCC-2005 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.8.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$h=z=111.6 \text{ m}$$

$$b=28.9 \text{ m}$$

$$d= 35.5 \text{ m}$$

$$f_{nD}=0.41\text{Hz}$$

$$V_b =V= 23.81 \text{ m/s}$$

$$\rho=1.2929 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \frac{1}{2} \times 1.2929 \times 23.81^2 \times 10^{-3} = 0.366 \text{ Kpa}$$

$$\bar{V} = 39.2 \times \sqrt{0.366} = 23.73 \text{ m/s}$$

Arazi konum sınıfı =C

$$C_{eH} = 0.4 \times \left(\frac{111.6}{30}\right)^{0.72} = 1.03$$

$$V_H = 23.73 \times \sqrt{1.03} = 24.08$$

w_i, d_i Çizelge 6.21 'e göre belirlenir.

$$s = \frac{\pi}{3} \times \left[\frac{1}{1 + \frac{8 \times 0.41 \times 111.6}{3 \times 24.08}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{10 \times 0.41 \times 29.039}{24.08}} \right] = 0.029$$

$$x_0 = \frac{1220 \times 0.41}{24.08} = 20.77$$

$$F = \frac{(20.77)^2}{(1 + 20.77^2)^{4/3}} = 0.132$$

$$\beta_D=0.005$$

B = Şekil 5.11'den yaklaşık 0.7

$$v = 0.41 \times \sqrt{\frac{(0.029 \times 0.132)}{(0.029 \times 0.132 + 0.005 \times 0.7)}} = 0.293$$

$$T=3600 \text{ s}$$

$$g_p = \sqrt{2 \times \ln(0.293 \times 3600)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \times \ln(0.293 \times 3600)}} = 3.886$$

Çizelge 6.21: Etkili w, d uzunlukları.

KAT	h _i (m)	w _i (m)	d _i (m)	w _{etkili} (m)	d _{etkili} (m)
31	3.6	28.9	35.5	29.039	35.639
30	3.6	28.9	35.5		
29	3.6	28.9	35.5		
28	3.6	28.9	35.5		
27	3.6	28.9	35.5		
26	3.6	28.9	35.5		
25	3.6	28.9	35.5		
24	3.6	28.9	35.5		
23	3.6	28.9	35.5		
22	3.6	28.9	35.5		
21	3.6	28.9	35.5		
20	3.6	28.9	35.5		
19	3.6	29	35.6		
18	3.6	29	35.6		
17	3.6	29	35.6		
16	3.6	29	35.6		
15	3.6	29	35.6		
14	3.6	29.1	35.7		
13	3.6	29.1	35.7		
12	3.6	29.1	35.7		
11	3.6	29.1	35.7		
10	3.6	29.1	35.7		
9	3.6	29.1	35.7		
8	3.6	29.1	35.7		
7	3.6	29.2	35.8		
6	3.6	29.2	35.8		
5	3.6	29.2	35.8		
4	3.6	29.2	35.8		
3	3.6	29.3	35.9		
2	3.6	29.3	35.9		
1	3.6	29.3	35.9		

K = Çizelge 5.20 'ye göre 0.14

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{0.14}{1.03} \times \left(0.7 + \frac{0.029 \times 0.132}{0.005}\right)} = 0.446$$

$$C_g = 1 + 3.886 \times 0.446 = 2.733$$

$\Delta = \Delta$ bulunması için EIT 1018-46 kullanılır. $\Delta=0.011$

$$a_D = 4 \times \pi^2 \times 0.41^2 \times 3.886 \times \sqrt{\frac{0.14 \times 0.029 \times 0.132}{1.03 \times 0.005}} \times \frac{0.011}{2.733}$$

$$a_D = 0.033 \text{ m/s}^2$$

6.5.8.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket

$$f_{nW} = 0.41 \text{ Hz}$$

$$a_r = 78.5 \times 10^{-3} \times [24.08 / (0.41 \times \sqrt{29.039 \times 35.639})]^{3.3} = 0.572 \text{ N/m}^3$$

$$m = 52048.61 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\rho_B = \frac{52048.61 \times 10^3}{29.039 \times 35.639 \times 111.6} = 450.648 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$a_W = 0.41^2 \times 3.886 \times \sqrt{29.039 \times 35.639} \times \left(\frac{0.572}{450.648 \times 9.81 \times \sqrt{0.005}} \right)$$

$$a_W = 0.038 \text{ m/s}^2$$

6.5.9 AIJ yönetmeliğine göre sayısal çözüm

Farklı dönüş periyotları için hızları hesaplamak için ASCE7-10 verilen aşadındaki dönüşüm formülü uygulanır.

$$V_T / V_{50} = (0.36 + 0.1 \times \ln(12T)) \quad (6.16)$$

V_T = T periyodundaki rüzgar hızı

V_{50} = 50 yıllık dönüş periyodu için rüzgar hızı

T = Dönüş periyodu

6.5.9.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$h = z = 111.6 \text{ m}$$

$$b = 28.9 \text{ m}$$

$$d = 35.5 \text{ m}$$

$$U_{50} = 25 \text{ m/s}$$

$$U_{100} / U_{50} = (0.36 + 0.1 \times \ln(12 \times 100))$$

$$U_{100} = 26.73 \text{ m/s}$$

Arazi sınıfı = V

Z_b , Z_G , α katsayıları Çizelge 5.22 'ye göre belirlenir.

$$Z_b = 30 \text{ m}$$

$$Z_G = 650\text{m}$$

$$\alpha = 0.35$$

$$K_D = 1$$

$$E_r = 1.7 \times \left(\frac{111.6}{650}\right)^{0.35} = 0.918$$

$$E_g = 1$$

$$E = 0.918 \times 1 = 0.918$$

$$U_{500}/U_{50} = (0.36 + 0.1 \times \ln(12 \times 500))$$

$$U_{500} = 30.75\text{m/s}$$

$$\lambda_u = \frac{30.75}{26.73} = 1.15$$

$$r = 50 \text{ yıl}$$

$$k_{rw} = 0.63 \times (1.15 - 1) \times \ln 50 - 2.9 \times 1.15 + 3.9 = 0.936$$

$$U_H = 26.73 \times 1 \times 0.918 \times 0.936 = 22.97\text{m/s}$$

$$\rho = 1.22\text{kg/m}^3$$

$$q_H = \frac{1}{2} \times 1.22 \times 22.97^2 = 321.85 \text{ N/m}^2$$

$$f_D = 0.41 \text{ Hz}$$

$$g_{aD} = \sqrt{2 \times \ln(600 \times 0.41) + 1.2} = 3.494$$

C_{pe1} , C_{pe2} Çizelge 5.23 'ye göre belirlenir.

$$D/B = 35.5/28.9 = 1.225 \geq 1$$

$$k_z = (0.8)^{2 \times 0.35} = 0.855$$

$$C_{pe1} = 0.8 \times 0.855 = 0.684$$

$$C_{pe2} = -0.350$$

$$C_H = 0.684 - (-0.350) = 1.034$$

$$I_{RH} = 0.1 \times \left(\frac{111.6}{650}\right)^{-0.4} = 0.202$$

$$E_I = 1$$

$$E_{gI} = 1$$

$$I_H = 1 \times 0.202 = 0.202$$

$$L_H = 100 \times \left(\frac{111.6}{300}\right)^{0.5} = 192.873$$

$$H/B = 111.6/28.9 = 3.862 \geq 1 \text{ için } k = 0.07$$

$$C'_g = 2 \times 0.202 \times \frac{0.49 - 0.14 \times 0.35}{\left[1 + \frac{0.63 \times \left(\sqrt{(28.9 \times 111.6) / 192.873} \right)^{0.56}}{(111.6 / 197.873)^{0.07}} \right]} = 0.138$$

$$\beta = 1 \text{ için } \lambda = 1 - 0.4 \times \ln 2 = 0.2$$

$$F = \frac{4 \times \frac{0.41 \times 192.873}{22.97}}{\left[1 + 71 \times \left(\frac{0.41 \times 192.873}{22.97} \right)^2 \right]^{5/6}} = 0.050$$

$$S_D = \frac{0.9}{\left[1 + 6 \times \left(\frac{0.41 \times 111.6}{22.97} \right)^2 \right]^{0.5} \times \left(1 + 3 \times \frac{0.41 \times 28.9}{22.97} \right)} = 0.071$$

$$R = \frac{1}{1 + 20 \times \left(\frac{0.41 \times 28.9}{22.97} \right)} = 0.088$$

$$F_D = \frac{0.202^2 \times 0.050 \times 0.071 \times (0.57 - 0.35 \times 0.35 + 2 \times 0.088 \times \sqrt{0.053 - 0.042 \times 0.35})}{0.138^2}$$

$$F_D = 3.666 \times 10^{-3}$$

$$\zeta_D = 0.005$$

$$R_D = \frac{\pi \times 3.666 \times 10^{-3}}{4 \times 0.005} = 0.576$$

$$M_D = 10409721.990 \text{ kg}$$

$$a_{D\text{maks}} = \frac{321.85 \times 3.494 \times 28.9 \times 111.6 \times 0.138 \times 1.034 \times 0.2 \times \sqrt{0.576}}{10409721.990}$$

$$a_{D\text{maks}} = 0.01 \text{ m/s}^2$$

6.5.9.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket

$$f_L = 0.41 \text{ Hz}$$

$$g_{aL} = \sqrt{2 \times \ln(600 \times 0.41) + 1.2} = 3.494$$

$$C'_L = 0.0082 \times (35.5/28.9)^3 - 0.071 \times (35.5/28.9)^2 + 0.22 \times (35.5/28.9)$$

$$C'_L = 0.178$$

$$D/B = 35.5/28.9 = 1.223 < 3 \text{ için } m = 1 \text{ dir.}$$

$$k_1 = 0.85$$

$$f_{s1} = \frac{(0.12 \times 22.97)}{\{1 + 0.38 \times (35.5/28.9)^2\}^{0.89} \times 28.9} = 0.064$$

β_1 aşağıdaki şekilde bulunur

$$\frac{(35.5/28.9)^4 + 2.3 \times (35.5/28.9)^2}{\{2.4 \times (35.5/28.9)^4 - 9.2 \times (35.5/28.9)^3 + 18 \times (35.5/28.9)^2 + 9.5 \times 35.5/28.9 - 0.15\}} + \frac{0.12}{35.5/28.9} = 0.310$$

$$\beta_1 = 0.310$$

$$F_L = \frac{4 \times 0.85 \times (1 + 0.6 \times 0.310) \times 0.310 \times (0.41/0.064)^2}{\pi \times [(1 - (0.41/0.064)^2)]^2 + 4 \times 0.310^2 \times (0.41/0.064)^2} = 0.01$$

$$\zeta_L = 0.005$$

$$R_L = \frac{\pi \times 0.01}{4 \times 0.005} = 1.571$$

$$M_L = 10409721.990 \text{ kg}$$

$$a_{L\text{maks}} = \frac{321.85 \times 3.494 \times 28.9 \times 111.6 \times 0.178 \times 0.2 \times \sqrt{1.571}}{10409721.990}$$

$$a_{L\text{maks}} = 0.016$$

6.5.10 EIT 1018-46 yönetmeliğine göre sayısal çözüm

6.5.10.1 Rüzgar doğrultusunda hareket

$$h=z=111.6 \text{ m}$$

$$d= 35.5 \text{ m}$$

$$n_D = 44/111.6 = 0.394 \text{ Hz}$$

$$V_b = \bar{V} = 23.81 \text{ m/s}$$

Arazi konum sınıfı = C

$$C_{eH} = 0.4 \times \left(\frac{111.6}{30}\right)^{0.72} = 1.03$$

$$V_H = 23.81 \times \sqrt{1.03} = 24.16 \text{ m/sn}$$

w_i Çizelge 6.21 'e göre belirlenir.

$$w_i = 29.039 \text{ m}$$

$$s = \frac{\pi}{3} \times \left[\frac{1}{1 + \frac{8 \times 0.394 \times 111.6}{3 \times 24.16}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{10 \times 0.394 \times 29.039}{24.16}} \right] = 0.031$$

$$x_0 = \frac{1220 \times 0.394}{24.16} = 19.90$$

$$F = \frac{(19.90)^2}{(1 + 19.90^2)^{4/3}} = 0.136$$

$$\beta_D = 0.005$$

B = **Şekil 5.12**'den yaklaşık 0.7

$$v = 0.394 \times \sqrt{\frac{(0.031 \times 0.136)}{(0.031 \times 0.136 + 0.005 \times 0.7)}} = 0.291$$

$$T = 3600 \text{ s}$$

$$g_p = \sqrt{2 \times \ln(0.291 \times 3600)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \times \ln(0.291 \times 3600)}} = 3.884$$

K = **Çizelge 5.24** 'e göre 0.14

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{0.14}{1.03} \times \left(0.7 + \frac{0.031 \times 0.136}{0.005}\right)} = 0.458$$

$$C_g = 1 + 3.884 \times 0.458 = 2.78$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \frac{1}{2} \times 1.25 \times 23.81^2 = 354.3 \text{ N/m}^2$$

$$\rho_B = \frac{52048.61 \times 10^3}{29.039 \times 35.5 \times 111.6} = 452.413 \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 0.72$$

$$I_w = 0.75$$

$$C_p = 1.3$$

$$\Delta = \frac{3 \times \left(\frac{111.6^2}{2 + 0.72}\right) \times 0.75 \times 354.3 \times 1.03 \times 2.78 \times 1.3}{4 \times \pi^2 \times 0.394^2 \times 35.5 \times 452.413 \times 111.6^2} = 0.011 \text{ m}$$

$$a_D = 4 \times \pi^2 \times 0.394^2 \times 3.884 \times \sqrt{\frac{0.14 \times 0.031 \times 0.131}{1.03 \times 0.005}} \times \frac{0.011}{2.78}$$

$$a_D = 0.031 \text{ m/s}^2$$

6.5.10.2 Rüzgar doğrultusuna dik hareket

$$V_H = 24.16 \text{ m/s}$$

$$q_H = \frac{1}{2} \times 1.25 \times 24.16^2 = 364.8 \text{ N/m}^2$$

$$D/W = 35.5/29.039 = 1.222$$

$$C'_L = 0.0082 \times (1.222)^3 - 0.071 \times (1.222)^2 + 0.22 \times (1.222)$$

$$C'_L = 0.178$$

$$n_w = 44/111.6 = 0.394 \text{ Hz}$$

$$T = 3600 \text{ s}$$

$$g_L = \sqrt{2 \times \ln(0.394 \times 3600)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \times \ln(0.394 \times 3600)}} = 3.961$$

$$D/W = 35.5/29.039 = 1.222 < 3$$

β_1 aşağıdaki şekilde bulunur

$$\frac{(1.222)^4 + 2.3 \times (1.222)^2}{\{2.4 \times (1.222)^4 - 9.2 \times (1.222)^3 + 18 \times (1.222)^2 + 9.5 \times 1.222 - 0.15\}} + \frac{0.12}{1.222}$$

$$\beta_1 = 0.309$$

$$\lambda_1 = \frac{[1 + 0.38 \times (1.222^2)]^{0.89}}{0.12} \times \frac{0.394 \times 29.039}{24.16} = 5.887$$

$$F_L = \frac{4 \times 0.85(1 + 0.6 \times 0.309) \times 0.309}{\pi} \times \frac{5.887^2}{(1 - 5.887^2)^2 + 4 \times 0.309^2 \times 5.887^2}$$

$$F_L = 0.012$$

$$\beta_w = 0.005$$

$$R_L = \frac{\pi \times 0.012}{4 \times 0.005} = 1.885$$

$$Z/h = 111.6/111.6 = 1$$

$$a_w = 3 \times 0.75 \times 364.8 \times 0.178 \times 3.961 \times \frac{29.039}{452.413 \times 35.5 \times 29.039} \times \sqrt{1.885}$$

$$a_w = 0.049 \text{ m/s}^2$$

Tüm yönetmeliklere göre temel, tasarım rüzgar hızları ve elde edilen ivme değerleri

Çizelge 6.22 'de verilmiştir.

Çizelge 6.22: Yönetmeliklere göre hesaplanan hız ve ivmeler.

Yönetmelik	Temel Rüzgar Hızı (m/s)	Tasarım Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Doğrultusu	Rüzgara Dik Doğrultu	İvmelerin Dönüş Periyotları (Yıl)
			Maks. İvme (m/s ²)	Maks. İvme (m/s ²)	
ASCE7-10	36.19	31.53	0.056	-	50
AS/NZS 1170.2	36.19	38.57	0.030	0.149	50
IS875	36.19	45.98	0.029	0.133	50
MS1553	36.19	43.70	0.83	0.153	50
EUROCODE1-04	25	24.59	0.040	-	50
NBCC	23.81	24.08	0.033	0.038	10
AIJ	26.73	22.97	0.010	0.016	1
EIT	23.81	24.16	0.031	0.049	10

6.6 Binada Rüzgar İvmesinin Konforla İlişkisi

Binada rüzgar etkisinden dolayı oluşan ivmeler konforunun belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bazı yönetmeliklerde (ASCE7-10 ve EUROCODE gibi) rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda oluşan ivmeler hakkında bilgi verilmemiştir. **Çizelge 6.22**'de görüleceği gibi genelde binada rüzgar doğrultusuna dik doğrultuda daha büyük bir ivme oluşmuştur (MS1553 hariç). İvme değerleri yönetmelikler arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılığın en önemli nedeni her yönetmeliğin hazırlandığı bölgenin koşulları göz önüne alındığı için bölgeye bağlı katsayılarının farklı olmasıdır. Ayrıca yönetmeliklere göre ivmelerin dönüş periyotları değişiklik göstermektedir. Genelde kabul edilen dönüş periyodu 10 yıldır. Ayrıca bu bölümde **Çizelge 6.22** 'de verilen ivme değerlerinin maksimum değerleri 3.bölümde **Çizelge 3.1** ve **Çizelge 3.2**'de verilen konfor sınırları ile kontrol edilerek **Çizelge 6.23** 'de verilmiştir.

6.7 Binada Rüzgardan Dolayı Oluşan Yerdeğiştirmeler

Binada rüzgar etkisiyle rüzgar doğrultusunda oluşan yerdeğiştirmeler EIT yönetmeliği hariç diğerleri için ETABS yazılımı yardımıyla bulunmuştur. ETABS yardımıyla bulunan yönetmeliklere göre ortaya çıkan yerdeğiştirmeler ve görelî kat ötelemeleri **Çizelge 6.24** ve **Çizelge 6.25**' de verilmiştir.

Çizelge 6.23: Yönetmeliklere göre bulunan ivmeler ve konfor sınırları.

Yönetmelik	Maks. İvme (m/s ²)	Çizelge 3.1'ye göre	Çizelge 3.2'ye göre
ASCE7-10	0.056	Duyarlı insanlar hareketi hisseder ve asılı objeler yavaş yavaş hareket eder	Algı Sınır Eşiği
AS/NZS 1170.2	0.149	a)İnsanların çoğunun hissedeceği şekilde hareket olur b)Çalışma masasını hareket ettirebilir. c)Uzun süreli maruz kalma hastalığa neden olur.	Algı Sınır Eşiği
IS875	0.133	a)İnsanların çoğunun hissedeceği şekilde hareket olur b)Çalışma masasını hareket ettirebilir. c)Uzun süreli maruz kalma hastalığa neden olur.	Algı Sınır Eşiği
MS1553	0.830	İnsanlar yürüyemez veya harekete tahammül edemez	Çok Rahatsız Edici
EUROCODE1-04	0.040	Duyarlı insanlar hareketi hisseder ve asılı objeler yavaş yavaş hareket eder	Hissedilmez
NBCC	0.038	Duyarlı insanlar hareketi hisseder ve asılı objeler yavaş yavaş hareket eder	Hissedilmez
AIJ	0.016	Duyarlı insanlar hareketi hisseder ve asılı objeler yavaş yavaş hareket eder	Hissedilmez
EIT	0.049	Duyarlı insanlar hareketi hisseder ve asılı objeler yavaş yavaş hareket eder	Hissedilmez

Çizelge 6.24: Yönetmeliklere göre bulunan yerdeğştirmeler.

Yönetmelik	Maksimum Yerdeğştirme	Maksimum Sınır	Kontrol
	(m)	(m)	
ASCE7-10	0.012	H/1000=0.11	Uygun
IS875	0.015		Uygun
NBCC	0.019		Uygun
EIT	0.011		Uygun
ORTALAMA	0.014		Uygun

H=Bina toplam yüksekliği (m) =111.6 m

Çizelge 6.25: Maksimum görelî kat ötelemesi oranları.

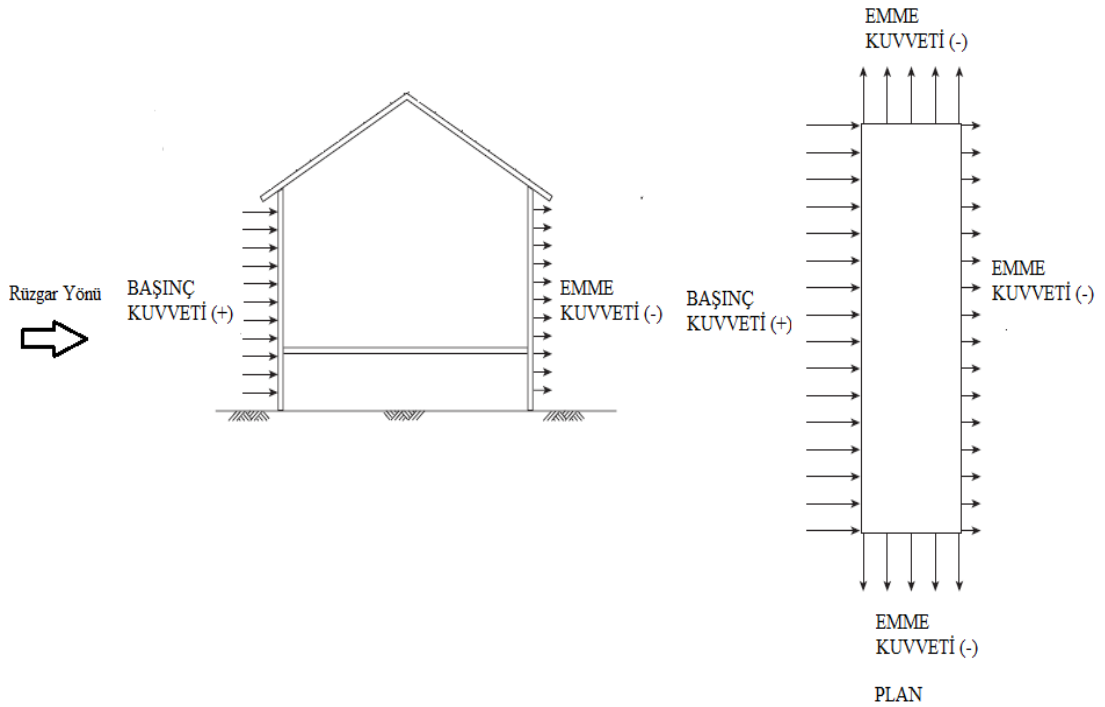
Yönetmelik	$(\delta_i)_{\text{maks}}/h_i$	Sınırı	Kontrol
ASCE7-10	0.0001	0.002	Uygun
IS875	0.0002		Uygun
NBCC	0.0002		Uygun
ORTALAMA	0.00017		Uygun

h_i =Kat yüksekliği (m) =3.6m

$(\delta_i)_{\text{maks}}$ =Maksimum görelî kat ötelemesi

6.8 Binada Rüzgar Basınçları

Rüzgarın estiği doğrultuda çarptığı bina yüzeylerinde basınç, terk ettiği arka yüzeylerde ve yalayıp geçtiği yüzeylerde emme kuvveti oluşur. **Şekil 6.7'**de rüzgardan dolayı oluşan kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 6. 7: Rüzgardan dolayı oluşan kuvvetler.

Rüzgardan dolayı basınç kuvvetleri binanın konumuna, rüzgar hızına, havanın yoğunluğuna bağlı değişiklik gösterir. Yönetmeliklere göre oluşan rüzgar basınçları **Çizelge 6.26'** da verilmiştir. Basınç değerleri hesaplanırken TS498 ve İYBRY göre de hesap yapılmıştır.

Çizelge 6.26: Yönetmeliklere göre oluşan rüzgar basınçları(emme+basınç).

Yönetmelik	Rüzgar Basıncı
	(kN/m ²)
TS498	1.56
İYBRY	1.56
ASCE7-10	1.62
AS/NZS 1170.2	1.12
IS875	1.27
MS1553	1.46
EUROCODE1-04	1.42
NBCC	1.30
EIT	1.00
ORTALAMA	1.41

7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek binalarda rüzgar etkisi ve konfor şartlarının çeşitli yönetmeliklere göre incelenmesi konulu bu tez çalışması kapsamında incelenen toplam 31 katlı, 111.6 m yüksekliğinde yaklaşık 1026 m² alana oturan bu bina için rüzgardan dolayı oluşan etkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Rüzgar etkilerinin belirlenmesi yanında ETABS programı yardımıyla dayanım(kuvvet) bazlı olarak incelenen binanın deprem hesapları ve düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

İYBRY, ASCE 7-10, AS/NZS 1170.2, IS:875, MS1553, EUROCODE 1-04, NBCC, AIJ ve EIT yönetmeliklerine göre oluşan rüzgar etkileri ve/veya ivmeler bulunmuştur. EIT yönetmeliğine göre ise oluşan yerdeğiştirmeler de bulunmuştur. Diğer bazı yönetmeliklere göre oluşan yerdeğiştirmeler ise ETABS programı yardımıyla bulunmuştur.

Yapılan bu tez çalışmasında yukarıda adı geçen 9 yönetmelik ve ETABS programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda çeşitli veriler elde edilmiştir. Bu yönetmeliklerde ve daha önceki çalışmalarda ortaya çıkan ivme ve yerdeğiştirme değerleri için sınır koşulları dikkate alınarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- İncelenen binada rüzgar doğrultusuna paralel oluşan rüzgar ivmesinin rüzgar doğrultusuna dik yönde oluşan ivme değerinden küçük olduğu belirlenmiştir (MS1553 hariç).
- İncelenen binada rüzgardan dolayı oluşan yerdeğiştirmelerin sınır koşullarını aşmadığı görülmüştür.
- Kritik binalarda ivme ve yerdeğiştirme değerlerinin formüllere dayanarak bulunmasının yanında, rüzgar tüneli deneyleri yapılmasının tasarım açısından daha sağlıklı sonuçlar vereceği belirlenmiştir.
- Binanın konumuna, yüksekliğine, rüzgar hızına, deprem etkilerine, taşıyıcı sistem rijitliğine bağlı olarak binalarda rüzgarın deprem kadar önemli bir etki olduğuna dikkat edilmelidir.

- Rüzgarın geldiği doğrultuya göre rüzgar etkileri değişiklik gösterecektir. Bu yüzden kritik binalarda oluşacak maksimum rüzgar etkilerinin yönlere bağlı olarak değişmesini bekleyebiliriz.
- Bina tabanından tepe yüksekliğine kadar rüzgar etkisinin artarak en uç noktada maksimum değere ulaşmasını bekleyebiliriz.
- Binanın cephesinin açık veya kapalı olması rüzgar etkilerinin değişiklik göstermesini etkiler.
- Rüzgar hızının artmasıyla binada ivmenin artacağını bilmesi bina tasarımı açısından faydalı olacaktır.
- İYBRY ve TS498' de rüzgardan dolayı oluşan ivmenin bulunması için yeterli bilgi verilmediğinden konfor incelemesi yapılamamıştır.
- Rüzgar etkisinin yönetmelikler arasında değişiklik gösterdiği, bu yüzden her yönetmeliğin kendi içinde değerlendirilmesi faydalı olacaktır.
- Bina yüksekliği arttıkça oluşan rüzgar etkisinin daha fazla önem kazanacağı beklenebilir.
- Oluşan ivmelerin bulunmasında binanın konumunun önemli olduğu anlaşılmıştır. Aynı bina için, yüksek binaların sık bulunduğu konumlarda ivmenin ve yerdeğiştirmenin küçük, yüksek binaların daha seyrek bulunduğu konumlarda ise daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Rüzgardan dolayı binada oluşan ivmenin, binanın sönüm oranının artmasıyla ters orantılı olduğu anlaşılmıştır. Sönüm oranının yüksek olduğu binalarda ivmenin düşük olmasını bekleyebiliriz.
- Bina frekansının; yüksekliğin artmasıyla azaldığı, yüksekliğin azalmasıyla arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Bina ağırlığının artmasının rüzgardan dolayı oluşan yerdeğiştirmeleri ve rüzgar ivmesini azaltacağı beklenebilir.
- Havanın yoğunluğunun ivmenin bulunmasında etkili olduğu, hava yoğunluğuna göre ivmenin artış gösterdiği anlaşılmıştır.
- Hesaplanan rüzgar basınç değerlerinin yönetmelikler arasında benzerlik gösterdiği TS498 ve İYBRY'de bulunan değerlerin bu bina için uygun olduğu söylenebilir.
- İvme dönüş periyotlarını yönetmeliklere göre değişiklik göstermesini bekleyebiliriz.

KAYNAKLAR

- [1] **Smith, S. B. ve Coull, A.** (1991). Tall Buildings Structures: Analysis and Design, Wiley Publication, United States of America.
- [2] **İYBDY** (2008). İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- [3] **Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği** (2012). Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Bursa.
- [4] **İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği** (2002). İzmir Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı, İzmir.
- [5] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.** (2001). Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Ardıç, H.** (1993). Betonarme Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin İncelenmesi ve Tüp Taşıyıcı Sistemli Yüksek Yapıların Dinamik Hesabı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Keldi, H. İ.** (2005). Yüksek Yapıların Alternatif Sistemler ile Oluşturulması ve Maliyet Bakımından Karşılaştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **TS 498** (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [9] **Yılmaz, F.** (1998). Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Etkinliği, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] **Kumar, D. B. ve Swami, B. L. P.** (2010). Wind Effects on Tall Buildings Frames-Influence of Dynamic Parameters, Indian Journal of Science and Technology, Indian.
- [11] **Mendis, P., Ngo, T., Haritos, N., Hiro, A., Samali, B. ve Cheung, J.** (2007). Wind Loading on Tall Building, Electronic Journal of Structural Engineering, Australia.
- [12] **Menzel, H., Pichler, D., Geier, R. ve Tanaka, H.** (2001). Socio- Economical and Health Impact of Vibration on European Citizen, Competitive and Sustainable Growth Program
- [13] **Griffis, G. L.** (2003). Serviceability Limit States Under Wind Load, American Institute of Steel Construction, United States of America.
- [14] **İYBRY** (2008). İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- [15] **ASCE7-10** (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, United States of America.

- [16] **AS/NZS 1170.2** (2002). Structural Design Actions Part 2: Wind Actions, Australian / New Zealand Standard, Australia.
- [17] **IS:875** (2004). Wind Loads on Buildings and Structures-Proposed Draft and Commentary(Part3), Indian Institute of Technology Roorkee, Indian
- [18] **MS1553** (2002). Code of Practice on Wind Loading for Building Structure, Department of Standards Malaysia, Malaysia
- [19] **BS-EN 1991-1-4** (2005). Eurocode 1: Actions on Structures, Part 1-4: General Actions- Wind Actions, European Standard
- [20] **NBCC** (2005). National Building Code of Canada, Associate Committee on the National Building Code, National Research Council of Canada, Ottawa .
- [21] **AIJ-RLB** (2004). Recommendations on Loads for Buildings, Architectural Institute of Japan, Maruzen.
- [22] **EIT 1018-46** (2003).Wind Loading Code for Building Design in Thai, Engineering Institute of Thailand, Thailand
- [23] **DBYYHY** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.
- [24] **TS 500** (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [25] **Aslan, Z., Şanlı, A. K., Uzgider, E., Güler, K. ve Dilmaç, Ş.** (1991). Türkiye'de Rüzgar Yükünün İstatistiksel Dağılımı ve Yüksek Yapılar Üzerindeki Etkileri, VII. Ulusal Mekanik Kongresi, Antalya

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Samet TOZAN
Doğum Yeri ve Tarihi: Konya - 17.07.1989
E-Posta: samettozan42@hotmail.com
Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi (2006-2011)