

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASCE 7-10, EUROCODE 1-4 VE TS 498 YÖNETMELİKLERİ
KULLANILARAK YAPILARA ETKİ EDEN RÜZGAR YÜKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem ÖZLEK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASCE 7-10, EUROCODE 1-4 VE TS 498 YÖNETMELİKLERİ
KULLANILARAK YAPILARA ETKİ EDEN RÜZGAR YÜKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cem ÖZLEK
(501101013)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cavidan YORGUN

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **501101013** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cem ÖZLEK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ASCE 7-10, EUROCODE 1-4 VE TS 498 YÖNETMELİKLERİ KULLANILARAK YAPILARA ETKİ EDEN RÜZGAR YÜKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Cavidan YORGUN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Cüneyt VATANSEVER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI
Yeditepe Üniversitesi

Teslim Tarihi : **27 Kasım 2015**
Savunma Tarihi : **30 Aralık 2015**

Anneme,

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim süresince ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerlerini örnek edindiğim, öğrencisi olmaktan onur duyduğum değerli hocam, Prof. Dr. Cavidan YORGUN'a,

Eğitim süresince benden deneyim ve sabırlarını esirgemeyen Dr. Esin ÖZLEK ve İnş. Yük. Müh. Mahmut DEMİR'e,

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum İnş. Yük. Müh. Vahap ATAŞ, Mimar Ramazan YAVUZ, İnş. Müh. Servet ÇETİN, İnş. Müh. Deniz CEYLAN'a, Yavuz Mimarlık ile Gürbüz İnşaat ailesinde ki tüm çalışma arkadaşlarım ve amirlerime, Sevgilerini ve desteklerini benden hiç esirgemeyen, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bana destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2015

Cem ÖZLEK
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Rüzgarın Tanımı	1
1.3 Kuvvetli ve Zayıf Rüzgar Alanları	2
1.4 Rüzgar Akışına Etki Eden Faktörler	3
1.5 Rüzgarların Sınıflandırılması	3
1.5.1 Yerel rüzgar sistemleri	3
1.5.1.1 Samyeli	3
1.5.1.2 Fön	4
1.5.1.3 Bora	4
1.5.1.4 Poyraz	4
1.5.2 Günlük rüzgarlar	4
1.5.3 Küresel rüzgar sistemleri	5
1.5.3.1 Yerel rüzgarlar	5
1.5.3.2 Ticaret rüzgarları (Alize rüzgarları)	5
1.5.3.3 Batılı rüzgarlar	5
1.5.3.4 Kutup rüzgarları	6
1.5.3.5 Muson rüzgarları (Mevsim rüzgarları)	6
1.6 Rüzgara Özgü Tanımlar	7
1.7 Rüzgar Hızı	7
1.8 Rüzgar Yükleri	8
1.9 Rüzgar Etkileri	8
1.9.1 Rüzgar etkilerine karşı kullanılabilecek tasarım yöntemleri	12
1.9.1.1 Aerodinamik tasarım yöntemleri	13
1.9.2 Yapısal tasarım yöntemleri	14
1.10 Rüzgar Yüklerinin Hesabında Kullanılan Yönetmelikler	17
2. ASCE 7-10'A GÖRE RÜZGAR YÜKLERİNİN HESABI	19
2.1 Giriş	19
2.2 Genel Tanımlar	19
2.3 Tasarım Aşamaları	20
2.3.1 Hız basıncı	20
2.3.2 Temel rüzgar hızı	21
2.3.3 Rüzgar doğrultu faktörü, K_d	22
2.3.4 Maruz kalma kategorisi	22

2.3.5 Topoğrafik faktör, K_{zt}	23
2.3.6 Rüzgar basıncı maruz kalma katsayısı, K_z	25
2.3.7 Hesap yöntemleri.....	26
2.4 Yöntem 1, Yön Yöntemi (Analitik Yöntem).....	26
2.4.1 Rüzgar dayanım sistemi için tasarım basınçlarının hesabı.....	26
2.4.2 Fırtına etkisi faktörü	28
2.4.2.1 Rijit ve diğer binalarda fırtına etki faktörünün hesabı	28
2.4.2.2 Esnek veya dinamik olarak hassas bina ve diğer yapılar	30
2.4.3 Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayılarının hesabı	31
2.4.4 Rüzgar dayanım sistemi için alternatif yöntem.....	33
2.4.5 Kaplama elemanları rüzgar basınçlarının hesabı	34
2.4.6 Parapetler için rüzgar basınçlarının hesabı.....	36
2.5 Yöntem 2, Basitleştirilmiş Yöntem	37
2.5.1 Rüzgar dayanım sistemi için tasarım basınçlarının hesabı.....	37
2.5.2 Rüzgar dayanım sistemi hız basıncı maruz kalma katsayılarının hesabı ..	37
2.5.3 Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayılarının belirlenmesi.....	37
2.5.4 Rüzgar dayanım sistemi için alternatif yöntem.....	39
3. EUROCODE 1-4'E GÖRE RÜZGAR YÜKLERİNİN HESABI	43
3.1 Giriş	43
3.2 Tanımlar	43
3.3 Rüzgar Etkilerinin Modellenmesi.....	44
3.4 Rüzgar Etkilerinin Temsili	44
3.5 Rüzgar Etkilerinin Sınıflandırılması.....	44
3.6 Karakteristik Değerler	44
3.7 Modeller	44
3.8 Hesap Aşamaları.....	45
3.8.1 Temel rüzgar hızı	45
3.8.2 Ortalama rüzgar hızı.....	45
3.8.3 Arazi engebeliliği	46
3.8.4 Arazi orografisi	48
3.8.5 Geniş ve dikkate alınmaya değer yükseklikteki komşu yapılar	54
3.8.6 Rüzgar türbülansı	55
3.8.7 Tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı.....	55
3.8.8 Yüzeylerdeki rüzgar basıncı.....	57
3.8.9 Rüzgar kuvvetleri	58
3.8.10 Yapısal katsayı, $c_s c_d$	59
3.8.11 Basınç katsayıları	61
3.8.12 Düz çatılar için dış basınç katsayıları.....	66
3.8.13 Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları.....	69
3.8.14 İç Basınç Katsayısı	71
3.8.15 Bağlantısız duvarlar ve parapetler	74
4. ÖRNEKLER VE KARŞILAŞTIRMA	77
4.1 Örnek 1	77
4.1.1 Yapı özellikleri.....	77
4.1.2 ASCE 7-10'a göre çözüm	78
4.1.2.1 Rüzgar hız basıncı	78
4.1.2.2 Fırtına etki faktörü.....	79
4.1.2.3 Basınç ve kuvvet katsayıları.....	80
4.1.2.4 Rüzgar basıncı hesabı.....	82
4.1.3 Eurocode 1-4'e göre çözüm	86

4.1.3.1 Yapının düşey duvarlarına etkiyen rüzgar yükleri	87
4.1.3.2 Çatı için basınç katsayılarının belirlenmesi	90
4.1.3.3 İç basınç katsayıları.....	92
4.1.3.4 Rüzgar basıncının hesabı.....	92
4.1.3.5 Parapet rüzgar yükünün hesabı	93
4.2 Örnek 2	97
4.2.1 Yapı özellikleri.....	97
4.2.2 ASCE 7-10'a göre çözüm.....	98
4.2.2.1 Rüzgar hız basıncı	98
4.2.2.2 Fırtına etki faktörü.....	99
4.2.2.3 Basınç ve kuvvet katsayıları	99
4.2.2.4 Rüzgar basıncı hesabı.....	101
4.2.3 Eurocode 1-4'e göre çözüm.....	105
4.2.3.1 Yapının düşey duvarlarına etkiyen rüzgar yükleri	106
4.2.3.2 Çatı için basınç katsayılarının belirlenmesi	108
4.2.3.3 Basınç katsayılarının gösterimi	111
4.2.3.4 Yüzeylerdeki rüzgar basıncının hesaplanması	114
4.3 Örnekler için Sonuçların Karşılaştırılması	119
4.3.1 Örnek 1 için sonuçların karşılaştırılması	119
4.3.2 Örnek 2 için sonuçların karşılaştırılması	122
5. TS 498 YÖNETMELİĞİNE GÖRE RÜZGAR HESABI	125
5.1 Emme (Hız Basıncı)	125
5.2 Rüzgar Basıncı	126
5.3 Örnek 1'in TS 498'e Göre Çözümü	126
5.4 Örnek 2'nin TS 498'e Göre Çözümü	128
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	129
6.1 Sonuç ve Öneriler.....	129
KAYNAKLAR	133
ÖZGEÇMİŞ.....	135

KISALTMALAR

ASCE	: American Society of Civil Engineers
TS	: Türk Standartları
MWFRS	: Mean Wind Force Resisting System (Ortalama Rüzgar Dayanım Sistemi)
C&C	: Compenent and Cladding (Kaplama ve Bileşenleri)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Periyotlara göre rüzgar hızları.	21
Çizelge 2.2 : Rüzgar doğrultu katsayısı (ASCE 7-10).	22
Çizelge 2.3 : Topoğrafik parametreleri.	24
Çizelge 2.4 : Rüzgar basıncı maruz kalma katsayısı. (K_z).	25
Çizelge 2.5 : İç basınç katsayıları, GC_{pi} (ASCE 7-10).	28
Çizelge 2.6 : Fırtına etki faktörü sabitleri.	29
Çizelge 2.7 : Duvar dış basınç katsayıları.	31
Çizelge 2.8 : Eğimli ve rüzgarın mahyaya dik olduğu durum için dış basınç katsayıları.	32
Çizelge 2.9 : Düz veya rüzgarın mahyaya paralel olduğu durumlar için çatı dış basınç katsayıları.	32
Çizelge 2.10 : B maruz kalma kategorisi için rüzgar basınçları.	34
Çizelge 2.11 : Kaplama elemanları hız basıncı katsayıları (K_z).	35
Çizelge 2.12 : Rüzgar dayanım sistemi hız basıncı katsayıları (K_z).	38
Çizelge 2.13 : Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayıları (Y.D. - A).	38
Çizelge 2.14 : Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayıları (Y.D. - B).	38
Çizelge 2.15 : Basitleştirilmiş rüzgar basıncı, p_{s30} (psf).	40
Çizelge 2.16 : Bina yüksekliğine bağlı düzeltme faktörü, λ	40
Çizelge 3.1 : Arazi kategori ve parametreleri.	47
Çizelge 3.2 : Etkili uzunluk değerleri, L_e	50
Çizelge 3.3 : Dikdörtgen planlı binların düşey duvarları için tavsiye edilen dış basınç katsayısı değerleri.	66
Çizelge 3.4 : Düz çatılar için dış basınç katsayıları.	68
Çizelge 3.5 : Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları ($\theta=0^0$).	70
Çizelge 3.6 : Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları ($\theta=90^0$).	71
Çizelge 3.7 : Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait tavsiye edilen $c_{p,net}$ basınç katsayıları.	75
Çizelge 4.1 : Hız basınçları, q_z (N/m ²).	78
Çizelge 4.2 : Duvarlar için dış basınç katsayıları, C_p	81
Çizelge 4.3 : Çatı basınç katsayıları.	81
Çizelge 4.4 : Rüzgarın 40 mt'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, p (N/m ²).	82
Çizelge 4.5 : Rüzgarın 60 mt'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, p (N/m ²).	83
Çizelge 4.6 : Rüzgarın 40m'lik duvara dik gelmesi durumunda düşey duvarda oluşacak hız basınçları, $q_p(z)$ (N/m ²).	88
Çizelge 4.7 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için basınç katsayıları.	89
Çizelge 4.8 : Rüzgarın 60m'lik duvara dik gelmesi durumunda düşey duvarda oluşacak hız basınçları, $q_p(z)$ (N/m ²).	89
Çizelge 4.9 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için basınç katsayıları.	90
Çizelge 4.10 : Çatı basınç katsayıları.	92

Çizelge 4.11 : Çatı bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları, w_e (N/m ²).....	92
Çizelge 4.12 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için duvar bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları, w_e (N/m ²).....	93
Çizelge 4.13 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için duvar bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları, w_e (N/m ²).....	93
Çizelge 4.14 : Basınç katsayıları.....	94
Çizelge 4.15 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu.....	94
Çizelge 4.16 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu.....	95
Çizelge 4.17 : Hız basınçları, q_z (N/m ²).	99
Çizelge 4.18 : Duvarlar için dış basınç katsayıları, C_p	100
Çizelge 4.19 : Rüzgarın mahyaya dik esmesi durumu için çatı basınç katsayıları.	100
Çizelge 4.20 : Rüzgarın mahyaya paralel esmesi durumu için çatı basınç katsayıları.	101
Çizelge 4.21 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, p (N/m ²).	101
Çizelge 4.22 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel estiği durum için rüzgar basınçları, p (N/m ²).	102
Çizelge 4.23 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	107
Çizelge 4.24 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	108
Çizelge 4.25 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	108
Çizelge 4.26 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	110
Çizelge 4.27 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının birinci kombinasyonu, w_e (N/m ²).....	115
Çizelge 4.28 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının ikinci kombinasyonu, w_e (N/m ²).	115
Çizelge 4.29 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınçlarının üçüncü kombinasyonu, w_e (N/m ²). ...	116
Çizelge 4.30 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için rüzgar basınçlarının dördüncü ve beşinci kombinasyonu, w_e (N/m ²).....	116
Çizelge 4.31 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumunda ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre net basınç değerleri, (N/m ²).	120
Çizelge 4.32 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumunda ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre net basınç değerleri, (N/m ²).....	120
Çizelge 4.33 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m ²).	121
Çizelge 4.34 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m ²).	121
Çizelge 4.35 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m ²).	122
Çizelge 4.36 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m ²).	122
Çizelge 4.37 : Cephe duvarları için ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre hesaplanan rüzgar basınçlarının karşılaştırılması, (N/m ²).	123
Çizelge 4.38 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için ASCE 7-10'a göre belirlenen rüzgar basınçları, (N/m ²).	123
Çizelge 4.39 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için Eurocode 1-4' göre belirlenen rüzgar basınçlarının birinci kombinasyonu, (N/m ²).	123
Çizelge 4.40 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için ASCE 7-10'a göre belirlenen rüzgar basınçları, (N/m ²).....	124

Çizelge 4.41 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için Eurocode 1-4'e göre belirlenen rüzgar basınçları, (N/m ²).	124
Çizelge 4.42 : Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması, (N/m).	124
Çizelge 5.1 : Emme değerleri (kN/m ²).	126
Çizelge 5.2 : Rüzgar basınçları (N/m ²).	127
Çizelge 6.1 : Taban kesme kuvvetlerinin ASCE 7-10, Eurocode 1-4 ve TS 498'e göre karşılaştırılması.	129

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Rüzgar yüklerinin doğrultuları.....	8
Şekil 1.2	: Tipik ve yüksek katlı yapılar için rüzgar etkileri.	9
Şekil 1.3	: Stadyum ve arena gibi büyük çatı alanlarına sahip yapılarda meydana gelen rüzgar etkileri.	9
Şekil 1.4	: Tipik yüksek katlı bina için devrilme momenti spektrumu.	11
Şekil 1.5	: Vorteks etkileri.....	12
Şekil 1.6	: Sağrılı ve beşik çatı örneği.....	13
Şekil 1.7	: Refüj kat örneği, Uluslararası Finans Merkezi, Hong Kong.	14
Şekil 1.8	: Tüp sistem, John Hancock Building, Chicago.....	15
Şekil 1.9	: Viskoelastik sönümleyici.	16
Şekil 1.10	: Ayarlı kütle sönümleyici, Taipei 101, Tayvan.....	16
Şekil 1.11	: Ayarlı sıvı sönümleyici.	17
Şekil 1.12	: Ayarlı sıvı sönümleyici, One Ricon Hill, San Fransico.	17
Şekil 2.1	: Topoğrafik etkiler.	25
Şekil 2.2	: Hesap yöntemleri.	27
Şekil 2.3	: Yükleme kombinasyonları.	33
Şekil 2.4	: Duvar için dış basınç katsayılarının belirlenmesi.	36
Şekil 2.5	: Dış basınç katsayıları için yükleme durumları ve bölgeleri.....	39
Şekil 2.6	: Dış basınç katsayıları için yükleme durumları ve bölgeleri.....	41
Şekil 3.1	: Arazi engebeliliğinin değerlendirilmesi.....	48
Şekil 3.2	: Oroğrafik yapı üzerindeki rüzgar hızının değişimi.	48
Şekil 3.3	: Yamaç ve yarlar için s katsayısı.....	51
Şekil 3.4	: Yamaç ve sırtlar için s katsayısı.....	51
Şekil 3.5	: İki farklı komşu yapıya yüksek bir yapının etkisi.	55
Şekil 3.6	: Maruz Kalma katsayısı $c_e(z)$ 'nin $c_o=1,0$ ve $k_1=1,0$ için gösterimi.	56
Şekil 3.7	: Yüzeylerdeki rüzgar basıncı.	57
Şekil 3.8	: Tasarım aşaması kapsamında yer alan genel yapı şekilleri.	61
Şekil 3.9	: Değeri 1 m^2 ile 10 m^2 arasında yüklenmiş alanı bulunan binalarda dış basınç katsayısı, c_{pe} 'nin belirlenmesi için tavsiye edilen yöntem.....	62
Şekil 3.10	: Çıkıntı yapan çatılar için ilgili basınçların gösterimi.	63
Şekil 3.11	: h ve b değerlerine bağlı z_e referans yüksekliği ve buna karşılık gelen hız kaynaklı rüzgar basıncı profili.....	64
Şekil 3.12	: Düşey duvarlar için açıklamalar.	65
Şekil 3.13	: Düz çatılar için açıklamalar.	67
Şekil 3.14	: Çift eğimli çatılar için açıklamalar.	69
Şekil 3.15	: Düzgün dağılım gösteren açıklıklar için iç basınç katsayıları.	73
Şekil 3.16	: Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait bölgeler için açıklamalar.	75
Şekil 4.1	: Yapı boyutları.	77
Şekil 4.2	: Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının $+0,18$ değeri için rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.....	84
Şekil 4.3	: Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının $-0,18$ değeri için rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.....	84

Şekil 4.4	: Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.	85
Şekil 4.5	: Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu. ...	85
Şekil 4.6	: Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar hız basınç profili.	88
Şekil 4.7	: Rüzgarın 40m'lik duvara dik gelmesi durumu için basınç bölgeleri.	88
Şekil 4.8	: Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar hız basınç profili.	89
Şekil 4.9	: Rüzgarın 60m'lik duvara dik gelmesi durumun basınç bölgeleri.	90
Şekil 4.10	: Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.	91
Şekil 4.11	: Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.	91
Şekil 4.12	: Parapetler için basınç alanları.	94
Şekil 4.13	: Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.	95
Şekil 4.14	: Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.	96
Şekil 4.15	: Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.	96
Şekil 4.16	: Rüzgarın 60 m'lik duvara dik olması ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.	97
Şekil 4.17	: Yapı boyutları.	98
Şekil 4.18	: Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.	102
Şekil 4.19	: Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.	103
Şekil 4.20	: Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.	103
Şekil 4.21	: Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.	103
Şekil 4.22	: Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.	104
Şekil 4.23	: Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.	104
Şekil 4.24	: Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.	104
Şekil 4.25	: Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.	105
Şekil 4.26	: Duvarlara etkiyen rüzgar basınç profili.	107
Şekil 4.27	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	107

Şekil 4.28	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	108
Şekil 4.29	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.	109
Şekil 4.30	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	109
Şekil 4.31	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.	110
Şekil 4.32	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.	111
Şekil 4.33	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda dış basınç katsayılarının dağılımı.....	111
Şekil 4.34	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda dış basınç katsayılarının dağılımı.....	112
Şekil 4.35	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.	113
Şekil 4.36	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.....	113
Şekil 4.37	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.....	114
Şekil 4.38	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.....	114
Şekil 4.39	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının birinci kombinasyonu.	117
Şekil 4.40	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının ikinci kombinasyonu.	117
Şekil 4.41	: Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınçlarının üçüncü kombinasyonu.....	118
Şekil 4.42	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının dördüncü kombinasyonu.	118
Şekil 4.43	: Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınçlarının beşinci kombinasyonu.	119
Şekil 5.1	: Planda kare kesitli ve eğimli çatılara sahip yapılar için rüzgar yükünün dağılımı.....	126
Şekil 5.2	: Rüzgar yükü dağılımı (N/m^2).....	127
Şekil 5.3	: Rüzgar yükü dağılımı (N/m^2).....	128

ASCE 7-10, EUROCODE 1-4 VE TS 498 YÖNETMELİKLERİ KULLANILARAK YAPILARA ETKİ EDEN RÜZGAR YÜKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

İnsanoğlu yaşamların büyük bir kısmını atmosferin en düşük 600 metresinde sürdürür ve bina, köprü, kule gibi inşaa ettiğimiz tüm yapılar atmosferin bu bölümünde yer alırlar. Etrafımızda bulunan hava, çeşitli mekanizmalar sonucunda, yapıların üstüne, altına veya direkt olarak etki ederler. Bu etkiler sonucu, yapıların dayanım göstermesi gereken rüzgar yükleri meydana gelir. Yapıların hizmet süreleri boyunca maruz kalabileceği bu yükler karşısında dayanım ve dayanıklılıklarını sürdürebilmesi için bu yükler tasarım sürecinde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Rüzgar yükleri, yapının maruz kalabileceği en önemli yük gruplarından biridir.

Yapılara etkiyen rüzgar yüklerinin hesaplanmasında standartların kullanılması büyük kolaylık ve ekonomik çözümler sağlar. Çünkü her yapı tipi için en yüksek rüzgar yüküne göre tasarım yapmak, optimum olmayan çözümler meydana getirir. Yapı tipleri ve bulunduğu topoğrafyalar, rüzgar yükünün hesabında önemli parametrelerdir ve optimum çözümler için dikkate alınmaları gerekir.

Bu tez kapsamında, Amerika'da kullanılmakta olan ASCE 7-10, Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılmakta olan Eurocode 1-4 ve Türkiye'de kullanılmakta olan TS 498 yönetmeliklerinde belirtilen rüzgar yüklerinin hesap yöntemleri incelenmiş, iki farklı yapı tipi için rüzgar yükleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar şekil ve çizelgeler yardımıyla karşılaştırılmıştır. Son olarak ise ortaya çıkan farkların sebepleri irdelenmiştir.

Birinci bölümde, rüzgar tanımı yapılmış ve farklı rüzgar tiplerine değinilmiştir. Rüzgar hızı, rüzgar yükleri ve bu yüklerin yapılar üzerinde oluşturduğu etkiler incelenmiştir.

İkinci bölümde, ASCE 7-10 yönetmeliği rüzgar yükü hesabı bakımından incelenmiş, hesap yöntemleri ve parametreler çizelge ve şekiller aracılığıyla açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, Eurocode 1-4 yönetmeliği rüzgar yükü hesabı bakımından incelenmiş, hesap yöntemleri ve parametreler çizelge ve şekiller aracılığıyla açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, yüksek katlı yapı ve endüstri yapısı örneği olmak üzere iki farklı yapı tipi için, incelenen yönetmeliklere göre rüzgar yüklerinin hesapları yapılmıştır. Hesaplanan rüzgar yükleri şekil ve çizelgelerle belirtilmiş, son olarak hesaplanan yükler çizelgeler yardımıyla karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde, TS 498 yönetmeliği rüzgar yükleri bakımından incelenmiş, ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre rüzgar yükleri hesabı yapılan yapı örnekleri için, rüzgar yükü hesabı tekrarlanmıştır.

Altıncı bölümde, her iki yönetmelik için belirlenen rüzgar yükleri için hesap akışları ve parametreleri verilmiştir. Hesaplanan rüzgar yüklerine göre elde edilen sonuçlar belirtilmiş, TS 498 için hesaplanan rüzgar yükü değerlerine değinilmiş ve TS 498'in eksikliklerinden bahsedilmiştir.

A COMPARISON OF WIND LOADS ACTING ON STRUCTURES BY MEANS OF USING ASCE 7-10, EUROCODE 1-4 AND TS 498

SUMMARY

Humans spend most of their lives within the lowest 600 m of the atmosphere. Our buildings, bridges, towers, and chimneys are nearly all contained in this region known as the atmospheric boundary layer. This portion of the air around us moves over, under, and through our structures, due to a variety of mechanisms such as hurricanes, thunderstorms, and tornadoes. These higher speed winds generate loads that must be resisted by the buildings we create, and form one core component of the structural design process. For this reason, the responsible designer needs to be fully aware of the destructive power the wind contains.

In this study, ASCE 7-10 for USA, Eurocode 1-4 for European Union countries and TS 498 is for Turkey, are compared in terms of wind loads. In line with views of these codes, wind loads are calculated for two different type of structures and the results are compared with tables and figures and finally the reason of the differences between the results are discussed.

In the first chapter, wind definition is given and mentioned about the different wind types. Factors which could be effect to wind velocity and response of the wind loads for different type of structures are also specified. Design strategies for resisting or minimizing wind forces or response are described.

The extreme wind events that control the design of buildings and structures come from several sources in the planetary atmosphere. Large rotational flows several hundred kilometers across form in the tropics and typically move to cooler climes before dissipating. These major atmospheric disturbances cause a huge amount of damage, from gusting winds to extensive flooding, when they pass over populated coastal areas. Fortunately, in the modern world there are usually several days of warning before a hurricane, cyclone or typhoon hits. Extreme winds that come with less warning are caused by thunderstorms and tornadoes, and so they may pose more of a threat to life. All three storm types are capable of generating extreme design wind and the winds are effect to building responses. These response are different for the structure type. For example, wind loads which are applied at the horizontal direction, are important wind loads for the tall building but for structure with large roofs, such as arenas and stadium, the important wind loads are lift or down force which is applied in the vertical direction on the roofs.

Wind loads has two component; the first is static wind loads and the second is dynamic wind loads.

The static wind loads are the results of mean wind pressure and they are sensitive to the building geometry. For typical buildings, static wind loads are usually dominant in alongwind direction. Crosswind static loads can be significant for some buildings with special shapes.

The basic dynamic loads are due to unsteady wind pressures. These unsteady wind pressures can be caused by wind turbulence in the approaching wind, or by flow separations off the building surface. These dynamic loads are called “background loads” or “non-resonant loads” and due directly to the wind pressures on the building surfaces. For flexible structures the unsteady wind pressures can also excite the building structure into motion and this causes inertial loads, as the building mass accelerates during the motion. These inertial loads are generally called resonant loads because they occur at the building’s natural frequencies only, and they are greatly magnified relative to the direct pressure loads coming from the wind at those frequencies.

Design strategies, for resisting or minimizing wind forces and response of structure, are aerodynamic strategies, structural strategies and storm shelters.

In the second chapter, ASCE 7-10 has been analyzed. In consequence of this analysis, the information in the standard has been summerized and explained with tables and figures.

In the third chapter, Eurocode 1-4 has been analyzed. In consequence of this analysis, the information in the standard has been summerized and explained with tables and figures.

In the forth chapter, wind loads are calculated according to examined codes for two different type of structures which are tall building and industrial structure. The calculated results are indicated by figures and tables. Finally results are compared due to the codes by tables.

The wind loads are calculated for tall building, using ASCE 7-10 and Eurocode 1-4 respectively. The building's dimension is 40 m in X direction, 60 m in Y direction and 100 m in Z direction. The wind velocity is taken 30 m/s.

By the virtue of ASCE 7-10, velocity pressure exposure coefficient, directionality factor and wind velocity pressures are determined by using roughness category. The walls pressures are evaluated according to windward wall, backward wall and side walls. The pressures at the windward wall are calculated seperately due to varying heights. For the other walls, a single pressure is calculated. The walls external pressure coefficients are determined according to the building length to building width ratio. The roof external pressure coefficients are determined according to the building height to building length ratio. The internal pressure coefficients are taken +0.18 and -0.18 which are given for enclosed buildings.

According to Eurocode 1-4, basic wind velocity, velocity pressure and mean wind velocity are determined, turbulence factor is calculated and than peak velocity pressure is evaluted with these parameters. Based on the walls, the structure is divided into 5 zones which are A,B,C,D,E zones and the external pressure coefficient, c_{pe} is determined. The roof is divided into 5 zones too, which are F,G,H,I,J zones and the external pressure coefficient, c_{pe} is determined. The internal pressure coefficients which are depend on buildings classification and dimension, are taken +0.2 and -0.3 according to worst case scenario.

The wind loads are calculated for industrial structure, using ASCE 7-10 and Eurocode 1-4 respectively. The building's dimension is 60 m in X direction, 75 m in Y direction, 10 m in Z direction and peak height is 20 m. The wind velocity is taken 30 m/s.

By the virtue of ASCE 7-10, velocity pressure exposure coefficient, directionality factor and wind velocity pressures are determined by using roughness category. The walls pressures are evaluated according to windward wall, backward wall and side walls. The pressures at the windward wall are calculated separately due to varying heights. For the other walls, a single pressure is calculated. The walls external pressure coefficients are determined according to the building length to building width ratio. The roof external pressure coefficients are determined according to the building height to building length ratio. The internal pressure coefficients are taken +0.18 and -0.18 which are given for enclosed buildings.

According to Eurocode 1-4, basic wind velocity, velocity pressure and mean wind velocity are determined, turbulence factor is calculated and then peak velocity pressure is evaluated with these parameters. Based on the walls, the structure is divided into 5 zones which are A,B,C,D,E zones and the external pressure coefficient, c_{pe} is determined. The roof is divided into 5 zones too, which are F,G,H,I,J zones and the external pressure coefficient, c_{pe} is determined. The internal pressure coefficients which are depend on buildings classification and dimension, are taken +0.2 and -0.3 according to worst case scenario.

In the light of these codes, the magnitudes of wind loads which are calculated for these two examples, are compared with figures and tables.

In the fifth part, TS 498 for Turkey, is studied according to calculations of wind loads and examples are repeated for the TS 498.

In the six part, differences between calculation process of the ASCE 7-10, Eurocode 1-4 and TS 498 are discussed. Base shear forces, which are calculated due to these standards are compared with tables and reasons of the differences between results and deficiencies of TS 498 have been discussed.

1. GİRİŞ

Rüzgar yüklerinin hesaplanması ve yapılara etkilerinin hesaplanması yapı tasarımı için önemli ilkelerdendir. Genel olarak insanlar yaşamlarının çoğunu atmosferin en düşük 600 metresi içerisinde devam ettirirler. Binalar, kuleler, köprüler ve bacalar gibi neredeyse bütün yapılar, atmosferik sınır tabakası denilen bu alan içerisinde yer alırlar. Kasırga, fırtına ve tornado gibi mekanizmalar sonucu rüzgar, yapıların altına, üstüne ve direkt üzerine doğru etki ederler. Bu yüksek hızlı rüzgarların oluşturduğu rüzgar yükleri, yapı tasarımı sürecinde mutlaka göz önünde bulundurulmalı ve yapılar bu etkilere karşı dirençli olmalıdır.

Aşırı hızlı rüzgarlar, banliyö bölgelerindeki evlerden şehir merkezlerinde bulunan mühendislik hizmeti almış yüksek yapılara kadar, herşeyi yok etme potansiyelleri vardır.

1.1 Tezin Amacı

Yapılan bu çalışmanın amacı, yapı tasarımı sürecinde mutlaka göz önünde bulundurulması gereken rüzgar yüklerinin, ASCE 7-10, Eurocode 1-4 ve TS 498 yönetmeliklerine göre hesap yöntemlerinin incelenmesi, rüzgar yükleri hesaplanan yapı örneklerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve sonuçlar arasındaki farklılıkların sebeplerinin araştırılmasıdır.

1.2 Rüzgarın Tanımı

Yeryüzünün düzgün olmayan ısınması ve soğuması neticesinde meydana gelen kuvvetlerin tesiriyle oluşan yatay hava hareketine rüzgar denir. Rüzgar yatay ve yataya yakın yönde yer değiştiren bir hava kütesinin hareketidir. Dünyanın eğriliği, dönme ekseninin eğikliği ve yüzeyin homojen olmayan yapısı nedeni ile yüzey tarafından alınan güneş enerjisinin farklı olması sonucu, yatay doğrultuda atmosfer basıncında ortaya çıkan fark, havanın hareketine dolayısı ile rüzgarın meydana gelmesine sebep olur. Rüzgar vektörel bir kuvvet olup, yön ve şiddet olmak üzere iki

faktör halinde ölçülür. Rüzgarın hangi yönden estiğini saptayabilmek için, yatay hava hareketini etkileyen basınç gradyan kuvveti, Coriolis kuvveti, sürtünme kuvveti gibi kuvvetlerin incelenmesi gerekir. Coriolis kuvvet rüzgara dik doğrultuda tesir eder, yönünü değiştirir ancak şiddetini etkilemez. Coriolis kuvvet büyük ölçekli alanlarda esen rüzgarlar için göz önünde bulundurulur, küçük ölçekli hareketlerde ise hesaba katılmaz. Yer yakınındaki sürtünme kuvveti ise, rüzgar şiddetini ve buna bağlı olarak Coriolis kuvvetinin küçülmesine neden olur.

Uzun bir dönem içerisinde atmosferin ortalama hareketine sirkülasyon denir. Atmosferdeki bu hareketin en önemli sebebi ekvatorial bölgenin aşırı derecede ısınması ve kutup bölgelerinin de aşırı derecede soğumasıdır. Bu iki bölge arasındaki sıcaklık farkından dolayı atmosferin genel sirkülasyonu oluşmaktadır. Atmosferin genel sirkülasyonu basit gibi gözükse de birçok dinamik faktörlerin yani dünyanın dönüşü, sınır tabaka yüksekliği, momentumun taşınımı ve yeryüzünün homojen olmaması gibi, bir araya gelmesi ile karmaşık bir durum arz etmektedir. Ancak asıl sebep termal ısı farkıdır.

Rüzgarlar genel olarak; basınç, sıcaklık ve nem farklılıklarını azaltır. Kuzey kutup bölgesinde rüzgar nereden gelirse gelsin güneyden geleceğinden havayı ısıtır, tropiklerde ise rüzgarlar havayı serinletir. Rüzgarlar beraberlerinde nem getirdikleri gibi, kuru bir rüzgar, mevcut nemi de kurutabilir.

1.3 Kuvvetli ve Zayıf Rüzgar Alanları

Bir bölgedeki rüzgarın şiddeti ve diğer karakteristikleri üzerinde meteorolojik koşulların ve topoğrafik yapının önemli bir etkisi vardır. Kuvvetli ve zayıf rüzgarların olduğu tipik bölgeleri şu şekilde sıralamak mümkündür;

- Kuvvetli rüzgar alanları; Basınç gradyanının yüksek olduğu yerler, yüksek engebesiz tepe ve vadiler, güçlü jeostrofik rüzgar ve termal etkileşimlerin meydana geldiği kıyı şeritleri, kanal etkilerinin meydana geldiği dağ dizileri, vadiler, tepeler, sürekli inici akış bölgeleri, hakim rüzgar yönüne paralel vadiler,
- Zayıf rüzgar alanları; Kısa, dar vadi ve kanyonlar, hakim rüzgar yönüne dik vadiler, engebelerle gölgelenmiş araziler, pürüzlülük yüksekliğinin büyük olduğu alanlar.

Topoğrafyanın rüzgar üzerinde pürüzlülük, orografik, ve perdeleme etkisi olmak üzere üç önemli etkisi vardır. Ayrıca fön rüzgarları, katabatik rüzgarlar, dağ ve vadi rüzgarları, kara ve deniz meltemleri gibi topoğrafik etkilerle meydana gelen rüzgarlar bulunmaktadır.

1.4 Rüzgar Akışına Etki Eden Faktörler

Atmosferik sınır tabakada rüzgar akışına etki eden faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Büyük ölçekli basınç ve sıcaklık gradyanları
- Yüzey pürüzlülük parametresi
- Sınır tabaka yüksekliği
- Sıcaklık ve yatay momentum taşınımı

Yüzey pürüzlülük parametresi, yüzey sürtünmesi ve momentum alışverişine neden olduğu için ve yine başka bir önemli faktör olan sınır tabaka yüksekliği de sınır tabakada rüzgar kaymalarını meydana getirdiği için rüzgar akışını önemli ölçüde etkilerler.

1.5 Rüzgarların Sınıflandırılması

1.5.1 Yerel rüzgar sistemleri

Bir bölgede belli zamanlarda etkili olan alçak ve yüksek basınç sahaları yerel rüzgarları oluştururlar. Bunların esiş yerleri ve zamanları genellikle bellidir. Bazen birkaç gün bazen birkaç hafta eserler. Yerin topoğrafik şartları yerel rüzgarlara kendilerine mahsus özellikler katar. Yerel rüzgarlar doğdukları yere göre sıcak ve soğuk karakterli olabilirler.

1.5.1.1 Samyeli

Afrika ve Güney Akdeniz'e doğru hareket eden alçak basınç merkezlerinin önünde görülen sıcak, güney veya güneybatılı rüzgarlardır. Ülkemizde genellikle ilkbahar aylarında görülür. Özellikle bitkileri kurutması açısından çok önemlidir.

1.5.1.2 Fön

Yüksek dağların yamaçlarından aşağı doğru esen sıcak ve kuru rüzgarlardır. Dağa çarpan hava kütlelerinin yamaçta yükselmesi ve bu yükselme sonucu yağış ve bulutlanma yüzünden nemini kaybederek dağın diğer yüzüne kuru ve sıcak olarak akması şeklinde meydana gelir.

1.5.1.3 Bora

Kendisini daha çok kışın ve ilkbaharda gösterir. Bora estiğinde geçtiği yerde şiddetli soğuklar oluşturur.

1.5.1.4 Poyraz

Karadeniz ve Marmara havzalarında kuzeydoğudan esen soğuk ve şiddetli bir rüzgardır. Poyraz özellikle İstanbul ve çevresinin hakim rüzgarıdır. Poyraz kış mevsiminde Bora gibi şiddetli ve soğuktur. Bu mevsimde yağış ve kar getirir. Yazın ise sıcak bölgelere doğru estiği için kuru fakat estiği yerlere serinlik getiren bir rüzgardır. Gündüzleri oldukça şiddetli esen poyraz, akşama doğru hafifleyerek kesilir.

1.5.2 Günlük rüzgarlar

Gün esnasındaki basınç farklılıkları, diğer rüzgar sistemlerine oranla çok daha kısa sürede kendini gösteren rüzgarları oluştururlar. Gün içerisindeki basınç değişimleri daha çok karalarla denizler ve dağlarla vadiler arasında kendini gösterirler. Çünkü bu gibi yerler gün içerisinde farklı ısınıp farklı soğumaktadırlar. Bu rüzgarlar kara ile deniz arasında meydana geliyorsa kara ve deniz meltemleri, dağ ile vadi arasında meydana geliyorsa dağ ve vadi meltemleri adını alır. Meltemler hemen hemen her yerde eserler, yalnız kutuplarda günlük sıcaklık değişimleri az olduğu için orada görünmezler. Kara ve Deniz Meltemleri, gündüz karalar komşu oldukları su kütlelerine nazaran daha hızlı ısınır ve kara üzerinde sık bir termal alçak oluşur. Su üzerindeki hava, kara üzerindeki havadan daha soğuk kalmaya devam ettiğinden, su üzerinde sık bir termal yüksek mevcuttur. Ortaya çıkan bu basınç dağılımı, rüzgarın denizden karaya doğru esmesine neden olur. Bu rüzgar deniz meltemi olarak adlandırılır. Sıcaklık ve basınç gradyanlarının kara-su sınırında daha büyük olması nedeni ile rüzgar sahilde daha kuvvetli eser. Diğer taraftan en büyük sıcaklık farkının öğle sonrasında oluşması nedeni ile deniz meltemi bu saatlerde en kuvvetlidir. Gece

ise karalar suya göre daha hızlı soğur. Yüksek basınç kara üzerindedir ve rüzgar karadan denize doğru eser. Buna kara meltemi denir. Gece kara ve su arasındaki sıcaklık farkının gündüz saatlerine göre daha küçük olması nedeni ile kara meltemi deniz melteminden daha zayıftır. Kara ve deniz meltemleri daha çok ekvator kuşağında ve orta enlemlerde yaz mevsiminde görülür. Ülkemizde ise bu meltemlerin kendini en iyi hissettirdiği yer İzmir ve çevresidir. İmbat adı verilen bu meltem yazın sıcak günlerde İzmir denizin serin ve nemli havasını getirir. Dağ ve Vadi Meltemleri ise vadi yamaçları ile temas halindeki havanın ısınması sonucu yoğunluğu azalır ve vadi tabanından yukarı doğru eser. Bu rüzgarlar vadi meltemleri olarak adlandırılır. Geceleyin ise hava akışı tersine döner. Vadi yamaçları hızla soğurken hemen üzerindeki havayı da soğutur. Soğuk ve yoğun hava vadiye doru akmaya başlar. Bu şekilde oluşan rüzgara da dağ meltemleri denir. Vadi meltemleri öğle sonrasına doğru gittikçe şiddetlenir. Bu nedenle bulutluluk, sağanaklar ve orajlar günün bu en sıcak zamanında sıklıkla gözlenirler.

1.5.3 Küresel rüzgar sistemleri

1.5.3.1 Yerel rüzgarlar

Yerel rüzgarlar günden güne ve mevsimden mevsime değişiklik gösterir ve bu rüzgarlar daha büyük ölçekte esen rüzgarların bir parçasıdır. Çok uzun bir zaman dilimindeki ortalamalar dikkate alındığında, yerel rüzgar sistemleri yerlerini küresel ölçekteki rüzgar sistemlerine bırakırlar. Başlıca büyük rüzgar sistemleri Ticaret Rüzgarları (Alize Rüzgarları), Batılı Rüzgarlar, Kutup Rüzgarlarıdır.

1.5.3.2 Ticaret rüzgarları (Alize rüzgarları)

Ticaret Rüzgarları (Alize Rüzgarları);Subtropikal yüksek basınç kuşağı ile tropikler arasında bütün yıl boyunca kuzey ve güney yarı kürede ekvatora doğru esen rüzgarlardır. Yönleri kuzey yarımkürede kuzeydoğulu, güney yarımkürede ise güneydoğuludur. Ticaret rüzgarları okyanuslar üzerinde oldukça belirgindir. Bu yüzden yelkenli gemileri için çok uygun koşullar hazırlar.

1.5.3.3 Batılı rüzgarlar

Batılı Rüzgarlar;Subtropikal yüksek basınçlardan orta enlem alçak basınçlarına doğru esen rüzgarlardır. Yön ve süreklilik bakımından oldukça değişken özellik

gösterirler. Orta enlem okyanuslarının doğu bölümlerinde ve kışın güçlü batı yönlü rüzgarlar halinde belirirler. Yönleri ve şiddetinin değişmemesi batıdan doğuya doğru hareket halinde bulunan geçici siklon ve antisiklonların etkisinden dolayıdır.

1.5.3.4 Kutup rüzgarları

Kutup Rüzgarları ise kutuplarda veya civarında bulunan yüksek basınç merkezlerinden 60'ıncı enlemlerdeki alçak basınç kuşağına doğru kuru ve soğuk esen rüzgarlardır. Bazen 40'ıncı derecelere kadar inerler. Bu rüzgarlar yeryüzünde sürtünme ve sapma yüzünden kuzey yarım kürede kuzeydoğudan, güney yarımkürede ise güneydoğudan esmektedirler. Muson rüzgarları mevsimlik olarak yön değiştiren rüzgarlardır. Bu rüzgarlar özellikle Asya'nın doğu ve güney bölgelerinde görülen hakim rüzgar sistemleridir. Musonlar bir yönleriyle meltemlere çok benzerler. Kış mevsiminde kıta üzerindeki hava, okyanus üzerindeki havaya nazara daha fazla soğur. Bunun sonucunda kıta üzerinde sık bir yüksek basınç alanı oluşur. Yaz mevsiminde kıta üzerindeki hava, okyanus üzerindeki havadan daha sıcak hale gelir. Isınan hava yükselir ve oluşan termal alçak etrafında siklonik bir akış olur. Bunun sonucunda okyanus üzerindeki sıcak ve nemli hava kara içlerine doğru taşınır. Bu nedenle yaz musonu, rüzgarların denizden karaya doğru esmesi ve havanın yağışlı geçmesi ile karakterize edilir.

1.5.3.5 Muson rüzgarları (Mevsim rüzgarları)

Muson rüzgarları mevsimlik olarak yön değiştiren rüzgarlardır. Bu rüzgarlar özellikle Asya'nın doğu ve güney bölgelerinde görülen hakim rüzgar sistemleridir. Musonlar bir yönleriyle meltemlere çok benzerler. Kış mevsiminde kıta üzerindeki hava, okyanus üzerindeki havaya nazara daha fazla soğur. Bunun sonucunda kıta üzerinde sık bir yüksek basınç alanı oluşur. Yaz mevsiminde kıta üzerindeki hava, okyanus üzerindeki havadan daha sıcak hale gelir. Isınan hava yükselir ve oluşan termal alçak etrafında siklonik bir akış olur. Bunun sonucunda okyanus üzerindeki sıcak ve nemli hava kara içlerine doğru taşınır. Bu nedenle yaz musonu, rüzgarların denizden karaya doğru esmesi ve havanın yağışlı geçmesi ile karakterize edilir.

1.6 Rüzgara Özgü Tanımlar

Rüzgar tepe etkisi; arazide türbinleri en iyi yerleştirilecek yer, hâkim tepe ve sırtlarıdır. Bu durumu arazide baskın rüzgar yönü açısından olabildiğince üstünlük sağlar. Ayrıca, tepelerde rüzgar şiddeti, çevre arazilerden genellikle daha fazladır. Düzgün ve pürüzsüz olmayan tepelerde yüksek rüzgar şiddetinin fazla olmasına karşın türbülans önemli bir olumsuzluk oluşturur.

Rüzgara Tünel Etkisi; daha çok binalar arasında veya dar dağ geçitlerinde bu etkiye rastlanır. Hava, bina veya dağların rüzgarlı kısımlarında sıkışır; rüzgar şiddeti belirgin bir oranda artar. Buna tünel etkisi denir. Rüzgar şiddeti açık arazide 6 m/s ise doğal tünel etkisi nedeniyle 9 m/s ye ulaşabilir. Bu tür yerlerde rüzgar türbini yerleşimi çok iyi bir yöntemdir. Bununla birlikte dikkatli olunması gerekir. Eğer siteyi çevreleyen arazi üniform değilse, bununla beraber tepeler çok kaba ve pürüzlü ise, çok türbülanslı bir yapı teşekkül eder. Buna bağlı olarak her yönde çok hızlı değişiklikler olur. Bu durumda türbülans hasebiyle rüzgarında fazla olma avantajı tümüyle ortadan kalkar. Türbülans, türbinde bozulma ve yıpranmalara sebebiyet verir.

Rüzgar türbülansı; çok engebeli ve pürüzlü arazilerde binalar, ağaçlar gibi engeller çok fazla türbülans yaratır. Türbülans, düzenli olmayan rüzgar akışıdır. Bu akış çevrede dönme ve vorteks yaratır. Türbülans, rüzgar türbininde, rüzgardan enerji üretim verimliliğini azaltır. Türbülans, türbinde yıpranma, hasarlara ve bozulmalara neden olur. Kulelerin genellikle yüksek yapılmasının bir nedeni, hem türbülansdan kaçınmak hem de şiddetli rüzgardan daha çok yararlanıp daha çok elektrik üretmektir. Düşük türbülans yoğunluğu, rüzgar türbinleri için ömürlerinin daha uzun olmasını sağlar. Denizlerde türbülans karadan daha azdır bu nedenle denize kurulan türbinler karaya kurulanlardan daha uzun ömürlüdür.

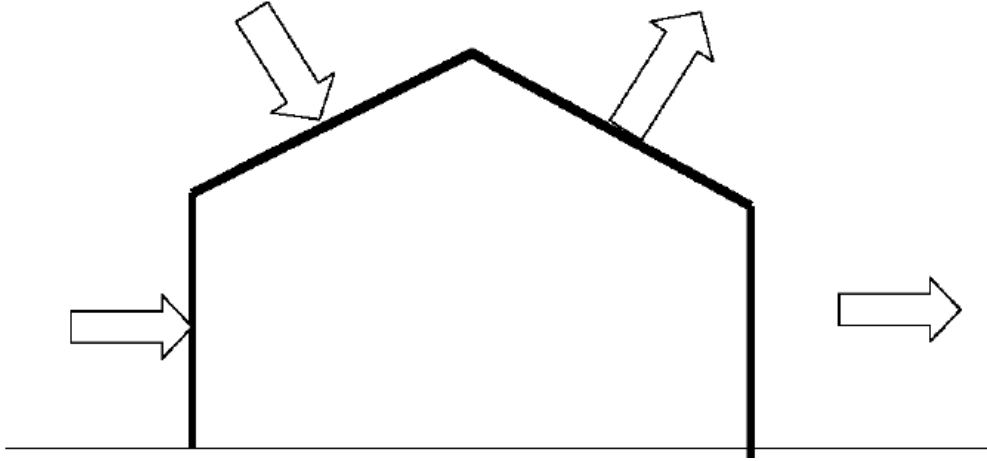
1.7 Rüzgar Hızı

Rüzgar hızı, atmosferdeki rüzgarın, hava veya diğer gazların hareket hızıdır. Hareket vektörünün büyüklüğü, skaler bir niceliktir. Rüzgar hızı anemometre ile ölçülür.

Rüzgar hızı, daima dış ortamdaki havanın hareketi anlamına gelir. Fakat içerideki hava hareketinin hızı, meteorolojik, havacılık ve denizcilik işlemlerinde, yapı ve sivil mühendisliği gibi birçok alanda önemlidir.

1.8 Rüzgar Yükleri

Rüzgar yükleri, hava akımının doğrultusunda yüzeylere dik olarak etkirler. Bu durumda rüzgar yükleri, yüksek veya az katlı yapılarda bulunan duvarlara yatay olarak etkirler. Düz çatılarda ise rüzgar çatı yüzeyine dik yani dikey doğrultuda etkir. Eğimli çatılarda ise rüzgar yükleri dikeyde çatı eğimi kadar bir açı ile çatı yüzeyine dik olarak etkirler. Şekil 1.1'de rüzgar yüklerinin doğrultuları gösterilmiştir.

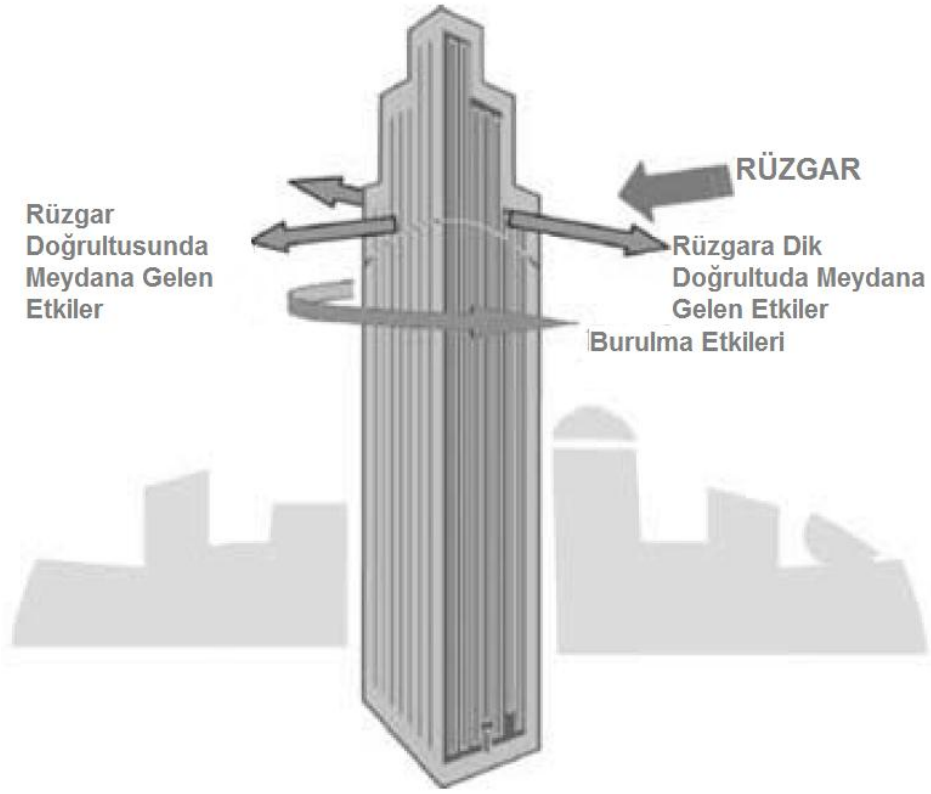


Şekil 1.1 : Rüzgar yüklerinin doğrultuları.

Yüksek yapılarda, rüzgar yüklerinden dolayı titreşimler meydana geldiğinde, her kat seviyesinde o katın tepki kuvveti olarak, kütlesi ile ivmenin çarpımı kadar belirgin kuvvetler oluşur. Bu belirgin kuvvetler atalet kuvvetleri olarak adlandırılır. Binanın salınım ve burulma hareketlerinden dolayı, bu yükler yatay olarak etkirler.

1.9 Rüzgar Etkileri

Tipik binalar için önemli rüzgar yükleri yatay düzlemde etkiyen yüklerdir ve bu yükler rüzgar doğrultusu ve rüzgara dik doğrultuda oluşan yükler ile burulma yükleridir. Şekil 1.2'de rüzgar yüklerinin tipik binalar üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Arena ve stadyum gibi büyük çatı alanına sahip yapılar içinse, önemli rüzgar yükleri, Şekil 1.3'de gösterilen çatıya dik olarak etki eden rüzgar yükleridir. Bütün bu yükler statik(ortalama bileşen) ve dinamik bileşenlerden (zamana bağlı bileşen) meydana gelir.



Şekil 1.2 : Tipik ve yüksek katlı yapılar için rüzgar etkileri.

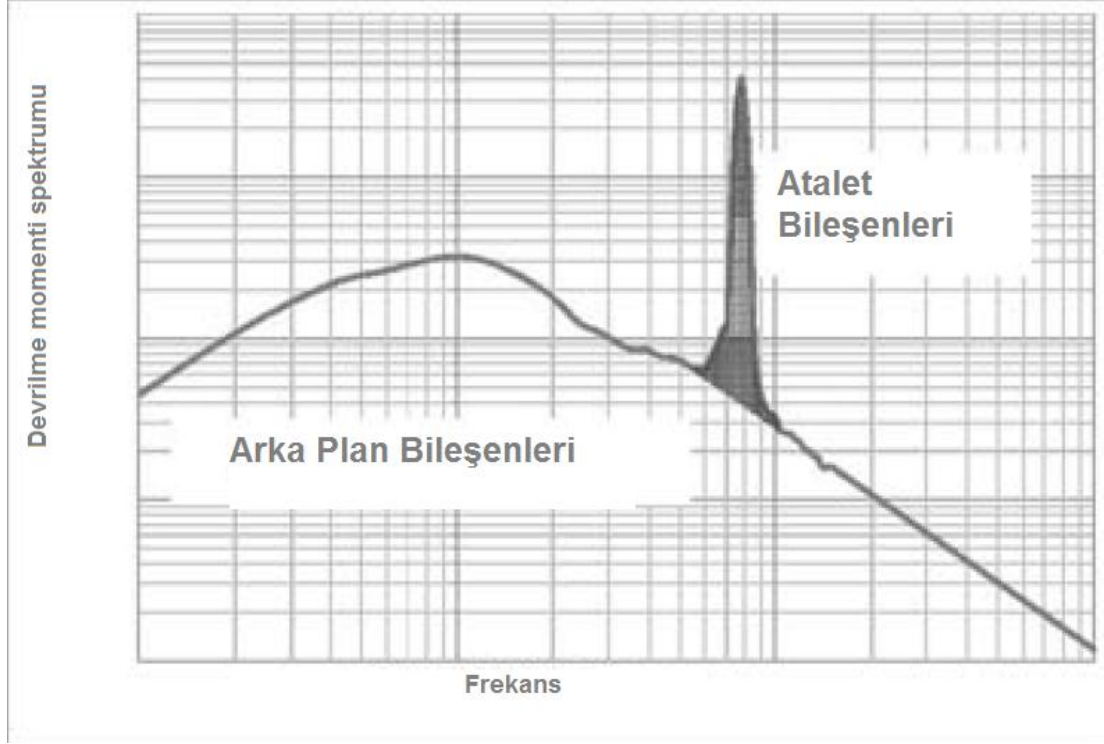


Şekil 1.3 : Stadyum ve arena gibi büyük çatı alanlarına sahip yapılarda meydana gelen rüzgar etkileri.

Statik rüzgar yükleri ortalama rüzgar yüklerine bağlı olarak belirlenen yüklerdir ve bina geometrisine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yüksek bina tipleri için, rüzgar yükleri rüzgarın yaklaştığı yöndeki cephelerde daha baskın rol oynar. Rüzgar arkasındaki cephelerde oluşacak rüzgar yükleri ise bazı bina tipleri için önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Örneğin üçgen ve simetrik olmayan yapı tiplerinde rüzgar arkası cephelerde oluşacak rüzgar yükleri önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Eğer statik rüzgar basınçları sonucunda hesaplanan rüzgar kuvvetleri binanın rijitlik merkezine etkimiyorsa, binada rüzgar kaynaklı statik burulma momentleri meydana gelir.

Temel dinamik rüzgar yükleri ise düzensiz rüzgar basınçlarıdır. Bu düzensiz rüzgar basınçları, yapıya yaklaşan rüzgarda bulunan rüzgar türbülanslarından veya hava akımını engelleyen bina yüzeylerinden kaynaklanır. Eğer bina hareketleri önemli değerlere ulaşmamışsa, bu dinamik yükler bina dinamik özelliklerinden bağımsız kabul edilir. Bu dinamik yükler arka plan yükleri veya rezonant olmayan yükler adı verilir ve bina yüzeyinde bulunan rüzgar basınçlarına direkt olarak etki ederler. Yüksek bina veya esnek yapı tiplerinde, düzensiz rüzgar basınçları bina tümüne etki etmediğinden dolayı çok büyük değerlere ulaşmayabilir. Fakat büyük değerlere ulaşmasada bu düzensiz yükler, esnek yapıları harekete geçirebilir ve yapıda harekete bağlı atalet kuvvetlerinin oluşmasına neden olabilir. Bu atalet kuvvetleri rezonant kuvvetler olarak adlandırılır çünkü sadece bina doğal frekansında oluşur ve bu frekansta direkt gelen basınç yüklerine göre oldukça büyük değerlere ulaşırlar.

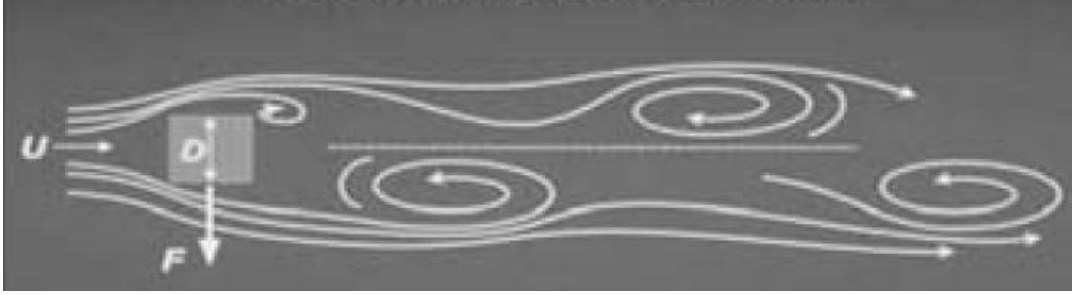
Düzensiz titreşim etkileri, yapılarda atalet kuvvetlerinin oluşmasına neden olan en yaygın etkilerdendir. Bu etkiler, rüzgar türbülansından dolayı meydana gelen geniş bantlı düzensiz rüzgar yüklemesi sonucu yapıda oluşan titreşimlerdir ve binanın salınımını ile titreşim burulma modunu harekete geçerek, yapıda burulma momentlerinin meydana gelmesine neden olur. Rüzgar hızı ve türbülans seviyesinin yükselmesi ile bu etkilerde de yükselme gözlenir. Şekil 1.4'te düzensiz titreşim etkileri nedeniyle oluşan arka plan yükleri ve rezonant yükler, rüzgar kaynaklı devrilme momentinin tipik spektrumu ile gösterilmiştir.



Şekil 1.4 : Tipik yüksek katlı bina için devrilme momenti spektrumu.

Bazı yapılarda ise vorteks titreşimleri adı verilen, vorteks saçıntıları kaynaklı titreşimler meydana gelir. Vorteks saçıntıları yapının her iki tarafında oluşur ve yapıda rüzgar yönüne dik doğrultuda, ritmik dalgalı kuvvetler meydana getirir. Rüzgar hızındaki yükselmeler vorteks saçıntılarının frekansının yükselmesine neden olur. Eğer vorteks saçıntılarının frekansı, etkidiği yapılardan birinin doğal frekansına yaklaşırsa, rezonans etkilerinden dolayı büyük titreşimler meydana gelir. Vorteks kaynaklı titreşimler yapıda bir kez meydana geldiği zaman, rüzgar hızının azalarak orjinal hızına dönmelerine rağmen, vorteks saçıntılarının frekansı bina doğal frekansına kilitlenir. Rüzgar türbülansları yapılarda oluşan bu vorteks saçıntıları sona erdirmeye eğilimindedirler. Bundan dolayı, vorteks kaynaklı titreşimler yapının açık araziler gibi türbülans seviyesinin az olduğu yerlerde konumlandırılması durumunda, en kritik düzeye ulaşırlar. Göl ve ırmak gibi bölgelerde, soğuk su yüzeylerindeki sıcak hava akışlarının meydana getirdiği termal stabilite etkilerinden dolayı daha düşük türbülans seviyelerinin oluşmasına neden olur. Vorteks kaynaklı titreşimler, düşük rüzgar hızlarında bile yüksek dinamik yükler yaratıp, yapıların yıkılmasına neden olabilir. Bu sebepten dolayı, eğer potansiyel vorteks titreşimleri oluşma ihtimali varsa, sadece yapısal dayanım için değil, yapı yorgunluğu ve işletilebilirlik esaslarında göz önünde bulundurularak bu titreşimleri engelleyici

tasarım yöntemleri uygulanmalıdır. Şekil 1.5'te yapı etrafında oluşan vorteks saçıntıları gösterilmiştir.



Şekil 1.5 : Vorteks etkileri.

Aşağıda rüzgar kaynaklı etkilerin bağlı olduğu parametreler verilmiştir,

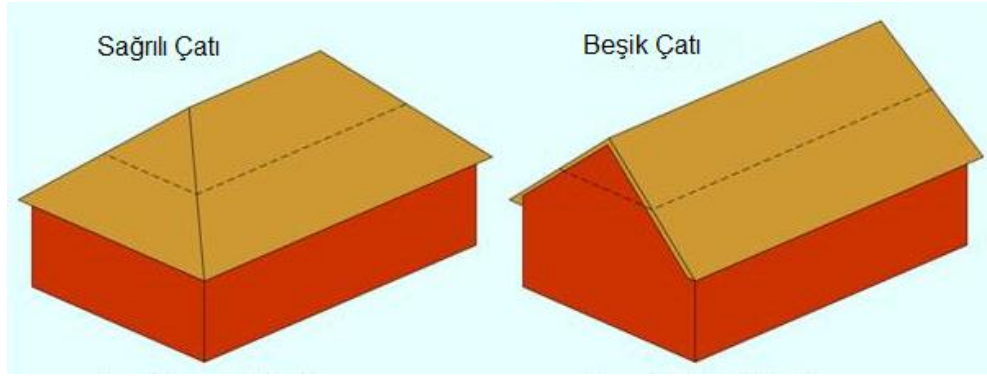
- Bina geometrisi ve boyutları rüzgar kaynaklı etkileri önemli düzeyde etkiler. Aerodinamik şekil verilmiş binalarda daha düşük rüzgar yüklerinin oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca açık balkon gibi yapıların, bina yüzeylerinin köşelerinde konumlandırılması durumunda, rüzgar etkilerini azaltıcı etkiye sahip olduğu gözlenir.
- Bina ağırlığı ve rijitliği, rüzgar etkileri bakımından önemli bir diğer parametredir. Genel olarak daha ağır ve rijit yapılar, esnek ve hafif yapılara göre rüzgar etkilerine karşı daha az hassas olurlar.
- Bina yapısal sönümlenme oranı yükseldikçe rüzgar kaynaklı oluşan dinamik etkiler azalır.
- Binanın maruz kalma kategorisi. Genel olarak açık arazilerde bulunan yapılar, daha yüksek rüzgar kaynaklı etkilere maruz kalırlar. Buna rağmen yerleşim bölgelerinde bulunan binaların arasından akış yapan rüzgar, kanal etkisinden dolayı binalarda düzensiz titreşimler meydana getirebilir.

1.9.1 Rüzgar etkilerine karşı kullanılabilecek tasarım yöntemleri

Bu bölümde rüzgar kuvvetlerinin yapılarda meydana getirdiği etkilerinin minimize etmek için kullanılabilecek tasarım yöntemleri ele alınmıştır. Bu yöntemler; aerodinamik tasarım yöntemleri, yapısal tasarım yöntemleri ve fırtına sığınaklarıdır.

1.9.1.1 Aerodinamik tasarım yöntemleri

Rüzgar yükleri, yüksek binalar veya normal evler farketmeksizin mimari tasarımdan etkilenirler. Doğru aerodinamik seçimler, azaltılmış rüzgar yüklerinin elde edilmesini sağlar ve yapının rüzgar etkilerine karşı dayanımını artırır. Örneğin, Şekil 1.6'da verilen beşik çatı yerine yine aynı şekilde gösterilen sağrılı çatı kullanımı sonucu, çatı bölgesinde daha düşük kaldırma kuvvetlerinin meydana geldiği gözlenir.



Şekil 1.6 : Sağrılı ve beşik çatı örneği.

Bina yüksekliklerinin artmasıyla birlikte mimari tasarım esnasında aerodinamik yöntemlerin kullanılmasında daha önemli bir hale gelmiştir. Rüzgar yüklerinin mimari tasarımda göz önünde bulundurulması sonucu ortaya çıkan bina tasarımlarında, binaların vorteks saçıntıları ve rüzgarın yanal kuvvetlerinden etkilenme oranının azaldığı gözlenir. Örneğin binalarda kullanılan açık çıkıntı şeklindeki balkonların yapı yüzeylerinin köşelerinde konumlandırılması sonucu vorteks etkilerinin oluşma risklerinin azaltılmasının yanı sıra kaplama yüklerinde azalmasına neden olur. Bazı yüksek katlı binalarda, Şekil 1.7'de gösterildiği üzere, refüj katları adı verilen boş katlar bırakılır. Bu katlar yangından koruma amaçlı yapılmasına rağmen, rüzgar akışının binanın içerisinden direkt geçerek, bina arkasında oluşacak negatif basıncın büyüklüğünü azaltacak aerodinamik etkiye sahiptir.



Şekil 1.7 : Refüj kat örneği, Uluslararası Finans Merkezi, Hong Kong.

1.9.2 Yapısal tasarım yöntemleri

Bütün yapı sistemleri rüzgar etkilerine karşı, hem yatay kuvvetlere hemde kaldırma kuvvetlerine karşı dayanım gösterecek şekilde tasarlanmalıdır. Hangi kuvvetin daha baskın olduğu ise yapı tipine göre belirlenir. Örneğin düşük yükseklikli, büyük çatı alanlarına sahip yapılarda, yapının kaldırma kuvvetine karşı dayanım göstermesi ve bağlantı bölgelerinin bu etkileri yapıya ve yapıdan temele doğru direkt yük akışı olacak şekilde detaylandırılması istenir. Yüksek yapılarda ise yapı temelinin yatay yüklere karşı dayanım göstermesi ve yapının devrilme etkisinin önlenmesi istenir.

Yapılarda yatay yüklere karşı kullanılan en geleneksel yapısal tasarım yöntemlerinden biri perde duvar kullanmaktır. Günümüzde beton ve çelik gibi modern yapı malzemelerinin gelişimiyle birlikte, kagir duvarlarında yatay kuvvetlere karşı dayanım gösterdiği belirlenmiştir. Perde duvarlar, çok katlı ofis veya apartman tarzı binalarda kullanılan, içerisinde asansör veya merdiven gibi alanların bulunduğu, kutu şeklinde, yapısal olarak rijit elemanlardır. Bu tarz yapısal elemanlara çekirdek perdesi adı verilir. Bu perde duvarların görevi, kat seviyesinde etkiyen yatay kuvvetlere karşı dayanım göstermek ve katın bir alt kata göre yer değiştirmesini önlemektir. Bu elemanlarda mümkün olduğunca az boşluklar olmalı ve bina

yüksekliğince devam etmelidir. Rüzgarın her doğrultudan gelme olasılığına karşı minimum iki adet ortogonal perde duvar kullanılmalıdır.

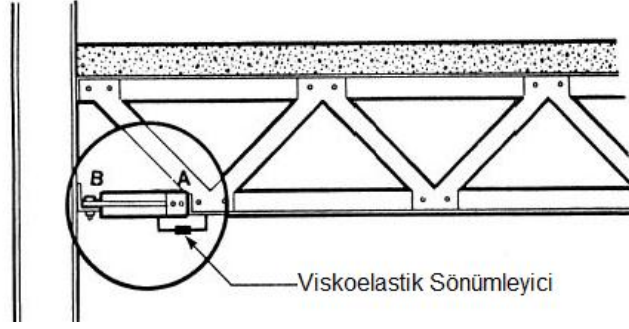
Yüksek binaların daha büyük yüksekliklere ulaşmasıyla birlikte rüzgar kaynaklı etkilere karşı dayanım gösterecek daha rijit yapı elemanlarına ihtiyaç duyulmuştur. Tüp yapılar, çekirdek perdelerinin aksine bina cephelerinde veya cephelere yakın bölgelere yerleştirilen, en yüksek dayanımlı yapı sistemidir. Şekil 1.8'de tüp sistemin kullanıldığı bir yapı örneği gösterilmiştir.



Şekil 1.8 : Tüp sistem, John Hancock Building, Chicago.

Yüksek binalarda, yatay kuvvetlerin etkilerini önleyici olarak enerji sönümleyicilerin kullanılması da günümüzde yaygın hale gelmiştir. Bu enerji sistemlerinin üç temel tipi vardır. Bunlar; viskoelastik sönümleyiciler, ayarlı kütle sönümleyiciler ve ayarlı sıvı sönümleyicilerdir.

Viskoelastik sönümleyiciler ilk olarak eski Dünya Ticaret Merkezi binasında kullanılmıştır. Bu binada, her bir kule için, kolon kiriş birleşimlerine yerleştirilmiş toplamda 10,000 adet sönümleyici kullanılmıştır. Sönümleyiciler diyagonal düzlemde yerleştirilmiş olup, küçük darbe emici olarak çalışırlar. Bütün sönümleyiciler bina içerisinde yer alan kirişlerin alt yüzeyi ile cephede bulunan kolonların iç yüzeylerinin kesişim noktalarına yerleştirilir. Sönümleyicilerin içerisinde bulunan kayan metal plakalar arasındaki kauçuk tabakalar, hareketten meydana gelen enerjinin sönümlenmesini sağlarlar. Bu sönümleme sonucunda binada meydana gelen hareket azalır. Şekil 1.9'da bu sönümleyici tipinin örnek çizimi gösterilmiştir.



Şekil 1.9 : Viskoelastik sönümleyici.

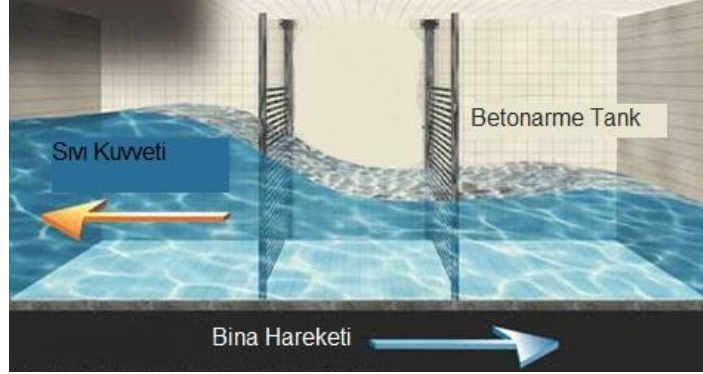
Ayarlı kütle sönümleyiciler, büyük tonlarca ağırlıklı bloklardan oluşturulan ve binanın üst katlarında sürtünmesiz olarak konumlandırılan sönümleyici tipidir. Şekil 1.10'da Taipei 101 binasında kullanılan kütle sönümleyici gösterilmektedir. Güçlü rüzgar etkisiyle, kütle binada oluşacak hareketleri önlemek amacıyla harekete başlar, bu hareketin sonucunda kütle altında bulunan hidroliklerin kütlenin hareket yönüne göre uzayıp kısılmasıyla, enerji sönümlenmesi gerçekleştirilir ve binanın yatay kuvvet etkisindeki hareketi azalır.



Şekil 1.10 : Ayarlı kütle sönümleyici, Taipei 101, Tayvan.

Sıvı sönümleyiciler bu üç tip içerisinde en son geliştirilen yöntemdir. Bu sistemler, içi sıvı (genellikle su) dolu tank veya tüplerden oluşur. Rüzgar kaynaklı hareket sonucu, su tankı yanal ivmelenmelere maruz kaldığında, Şekil 1.11'de gösterildiği gibi su yüzeyi tankın bir yanında alçalırken diğer yanında alçalarak dalga hareketi oluşturur, daha sonra alçalan taraf yükselir ve yükselen taraf alçalarak bu hareketi sürdürür. Bu hareket, yapıya etkiyen yatay kuvvetlerin oluşturduğu enerjinin bir

kısmını sönümleyerek, yapı hareketini azaltır. Şekil 1.12'de sıvı sönümleyicinin kullanıldığı One Ricon Hill binası gösterilmektedir.



Şekil 1.11 : Ayarlı sıvı sönümleyici.



Şekil 1.12 : Ayarlı sıvı sönümleyici, One Ricon Hill, San Fransico.

1.10 Rüzgar Yüklerinin Hesabında Kullanılan Yönetmelikler

Rüzgar yüklerini incelemek amacıyla ilk uluslararası konferans 1963 yılında İngiltere'de yapılmış ve ortaya çıkan yönetmelik birkaç sayfa ve sadece bazı yapı tiplerini kapsamaktaydı. Danimarka'nın ilk rüzgar yönetmeliği de benzer olarak 1945 yılında yayınlanmış ve statik rüzgar etkilerini sadece belirli yapılar için belirtmiştir. Daha sonra, dinamik olarak hassas yapılar için fırtına etki faktörü ve vorteks saçıntısı eklenerek 1966 yılında güncellenmiş rüzgar yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu yönetmelikte belirtilen rüzgar modeli birçok ulusal rüzgar yönetmeliği tarafından kabul edilmiş ve kullanılmıştır.

1963 yılında, çoğu basınç ve kuvvet katsayıları sabit akışta yapılan rüzgar tüneli testlerinden elde ediliyordu. Martin Jensen tarafından ortaya konan model kanuna göre, rüzgar tüneli içerisinde yer alan akış aynı doğal rüzgar etkisinde olduğu gibi türbülans etkisi göstermesi gerektiği belirtilmesine rağmen, sınır tabakası rüzgar tünelleri başlangıçta verdiği hava akımlarını sabit olarak devam ettirmekteydi. Martin Jensen'in model kanuna uygun ilk rüzgar tüneli 1960'ların başında Alan G.Davenport tarafında Western Ontario Üniversitesinde yapılmıştır.

Sonraki yıllarda, sınır tabakası rüzgar tünelleri dünya genelinde inşaa edilmiştir. Yapılan rüzgar tüneli testlerinde, en karmaşık yapıların bile basit modeller olarak modellenmiş ve elde edilen sonuçlar rüzgar yönetmeliklerinin geliştirilmesinde kullanılmış ve yönetmeliklerin gerçek ölçekli yapılarda ile tam uyumluluk sağlanmasında kullanılmıştır. Bu gelişmelere rağmen hala uluslararası kullanılacak, tutarlı açıklamaların eksikliği mevcuttu. Örneğin, rüzgar iklimleri henüz arazi engebeline bağlı olarak tanımlanmamış ve basınç-kuvvet katsayıları aynı rüzgar modellerini esas almıyordu. Tutarlılığın olmaması ve birçok farklı yönetmeliğin ortaya çıkması sonucu elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar mevcuttu. Elde edilen bu farklı sonuçlar yönetmeliklerin uyumlulaştırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Avrupa'da bu süreç, Eurocode'ların hazırlanması kararı ile 1980-1990'lı yıllarda başlamıştır. Amerika'da ise 1990'lı yılların başında ASCE 7-93'ün yayınlanması ile olmuştur. Türkiye'de kullanılan TS 498 ise Türk Standartları Enstitüsü tarafında 1987 yılında yayınlanmıştır.

2. ASCE 7-10'A GÖRE RÜZGAR YÜKLERİNİN HESABI

2.1 Giriş

Tezin bu bölümünde Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğunun ASCE 7-10: Bina ve diğer yapılar için minimum tasarım yükleri standartı incelenmiş ve rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak parametrelerin hesaplanması ve tasarım yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

2.2 Genel Tanımlar

- i. Temel rüzgar hızı: Arazi kategorisi C olan ve 10 mt yükseklikteki 3 saniyelik rüzgar hızı.
- ii. Kapalı yapılar: Kısmen kapalı veya açık tanımına uymayan yapılar.
- iii. Yapı çeperi: Kaplamalar, çatı kaplamaları, dış duvarlar, cam, kapı bileşenleri, pencere bileşenleri, ısıklık bileşenleri ve bina genelindeki diğer bütün bileşenler.
- iv. Esnek, bina ve diğer Yapılar: Doğal frekansı 1 Hz'den düşük olan ince bina veya diğer yapılar.
- v. Düşük yükseklikli yapılar: Aşağıdaki şartları sağlayan kapalı veya kısmi kapalı binalar.
 - Ortalama çatı yüksekliği, h , 18 m'den küçük olan,
 - Ortalama çatı yüksekliği en küçük yatay uzunluğu geçmeyen yapılar.
- vi. Açık binalar: Her bir duvarında %80 boşluk bulunan bina tipidir.

$$A_b \geq 0,8A_g \quad (2.1)$$

A_0 : Pozitif dış basınca maruz duvarlardan bulunan boşluk alanlarının toplamı, m^2 .

A_g : Pozitif dış basınca maruz duvarların brüt alanı, m^2 .

- vii. Kısmen kapalı binalar: Aşağıdaki şartların her ikisini birden sağlayan bina tipidir.

- Pozitif dış basınca maruz duvarda bulunan boşluk alanlarının toplamının, bina örtüsünde (Çatı,Duvar vs.) bulunan boşluk alanlarının toplamının %10'undan fazla olması şartı,
 - Pozitif dış basınca maruz duvarda bulunan boşluk alanlarının toplamının 0,37 m² veya duvar alanının %1'inden (Hangi değer daha büyükse o seçilir) fazla olması durumu ve bina genelinde ki açıklıkların, brüt örtü alanına oranı %20 'yi geçemeyen yapılar.
- viii. Kaplama ve bileşenleri: Rüzgar etkilerine karşı yapının dayanım ve stabilitesine katkısı olmayan elemanlar.
- ix. Tasarım kuvveti, F: Diğer yapılarda rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılan eşdeğer statik kuvvet.
- x. Tasarım basıncı, p: Binalarda rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak eşdeğer statik basınç.
- xi. Düzgün yapılı, bina ve diğer yapılar: Boyutsal formunda olağandışı bir geometrik yapıya sahip olmayan bina ve diğer yapılar.
- xii. Rijit bina ve diğer yapılar: Doğal frekansı 1 Hz' e eşit veya daha yüksek olan bina ve diğer yapılar.
- xiii. Rüzgar dayanım sistemi: Rüzgarın etkilerine karşı binanın dayanım ve stabilitesini sağlayan yapısal elemanlar grubudur.
- xiv. Diyafram elemanları: Rüzgar yüklerinin, sürekli döşeme ve çatı diyaframlarıyla çatı ve düşey doğrultudaki duvar elemanlarından, rüzgar dayanım sistemine aktaran elemanlardır.

2.3 Tasarım Aşamaları

2.3.1 Hız basıncı

Hız basıncı Denklem 2.2 ile hesaplanır.

$$q_z, q_h = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 (\text{N/ m}^2) \quad (2.2)$$

Burada q_z ve q_h hız basınçlarını; K_z , rüzgar basıncı maruz kalma katsayısını; K_{zt} , Topoğrafya etki katsayısı; K_d , rüzgar doğrultu katsayısı; V , temel rüzgar hızını ifade eder. Aşağıdaki başlıklarda bu parametreler ayrı ayrı incelenmiştir.

2.3.2 Temel rüzgar hızı

Amerika için bina ve diğer yapıların tasarım rüzgar yüklerinin hesabında kullanılacak temel rüzgar hızı, risk kategorilerine göre ASCE 7-10'da verilen haritalardan elde edilebilir.

Kasırgaya eğilimli bölgeler dışında, onaylı ekstrem değer statik analiz yöntemi verilerin indirgenmesinde kullanıldığında ve kayıt uzunluğu, anemometre yüksekliği, örnekleme hatası, ortalama zaman, veri kalitesi ve arazinin maruz kalması hesaba dahil edildiğinde, temel rüzgar hızı verilen çizelgeler yerine, bölgesel iklim bilgilerinden elde edilebilir.

Kasırga eğilimli bölgeler dışındaki alanlarda, temel rüzgar hızı bölgesel iklim şartlarından elde edildiğinde, temel rüzgar hızı belirtilen ortam yineleme ile hesaplanan rüzgar hızından düşük olmamalı ve C arazi kategorisinde 10 metre yükseklikte 3 saniye aralıklarla ölçülen ortalama rüzgar hızı ile uyumlu olmalıdır.

Farklı yönetmelikler içerisinde rüzgar hızları ölçüm periyotları için farklı değerler verilmiştir. Yönetmelikler incelenirken, elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesi için rüzgar hızı dahil kullanılan bütün parametrelerin aynı karakteristiklerden elde edilmiş olması gerekir. Çizelge 2.1'de rüzgar hızının üç saniye periyotlar ile ölçümünden edilen değerlerin, risk kategorilerine göre, on dakikalık periyotlar ile ölçümüne karşılık gelen değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre 3 saniye periyotlarla ölçülen rüzgar hızları, 10 dakika periyotlarla ölçülen rüzgar hızlarının ortalama 1.5 katıdır.

Çizelge 2.1 : Periyotlara göre rüzgar hızları.

Risk Kategorisi	Rüzgar Hızları, v	
	T=3 sn Periyot	T=10 dk Periyot
I	<35	<22
II	35-45	22-30
III	45-55	30-35
IV	55-65	35-40
V	>65	>40

2.3.3 Rüzgar doğrultu faktörü, K_d

Rüzgar hız basıncının hesabında kullanılacak rüzgar yön faktörü yapı tipine göre Çizelge 2.2'den elde edilecektir.

Çizelge 2.2 : Rüzgar doğrultu katsayısı (ASCE 7-10).

Yapı Tipi	Rüzgar Doğrultu Katsayısı
Binalar;	
Rüzgar dayanım sistemi	0,85
Kaplama ve bileşenleri	0,85
Kemer Çatılar	0,85
Baca, tank ve benzeri yapılar;	
Kare	0,90
Altıgen	0,95
Daire	0,95
Serbest duvar, serbest ve bağlı levhalar	0,85
Açık levhalar ve kafes çerçeveler	0,85
Kafes çerçeve kuleler	
Üçgen, kare ve dikdörtgen	0,85
Diğer kesit tipleri	0,95

2.3.4 Maruz kalma kategorisi

Herbir rüzgar yönü göz önünde bulundurulduğunda, maruz kalma kategorisi doğal topografi, bitki örtüsü ve inşaa edilmiş diğer yapılara göre belirlenen zemin engebелiliğine göre elde edilmektedir. Zemin yüzey engebелilikleri aşağıda verilen tanımlara göre belirlenir;

Yüzey engebелilik kategorisi B: Kent ve banliyö alanları, ormanlık alanlar, sık engebелi arazi veya büyük boyutlu konutlara sahip araziler için,

Yüzey engebелilik kategorisi C: Yükseklikleri 9,1 metreden az sık engelli açık araziler, düz açıklıklı ülkeler ve otlak bölgeler için,

Yüzey engebелilik kategorisi D: Düz engelsiz araziler ve su yüzeyleri, yumuşak çamurlu ovalar ve kırılmamış buz bölgeleri için kullanılır.

Son olarak yüzey engebелilik kategorisi belirlenen bölge için aşağıda verilen şartlara göre maruz kalma kategorisi belirlenir;

B kategorisi maruz kalma: Ortalama çatı yüksekliği 9,1 metreye eşit veya daha az olan binalar için kullanılır. B sınıfı maruz kalma kategorisi sadece, yüzey engebелiliği B kategorisinin, rüzgar yönünde 457 metreden daha fazla mesafede hakim olduğu durumlarda kullanılır. Ortalama çatı yüksekliği 9,1 metreden fazla olan binalar için, rüzgar yönünden 792 metre veya bina yüksekliğinin 20 katı mesafede (hangisi daha büyükse) B kategorisi yüzey engebелiliğinin hakim olması durumunda, B sınıfı maruz kalma kategorisi kullanılabilir.

C kategorisi maruz kalma: Maruz kalma kategorisi B ve D'de ki tanımların kullanılamadığı durumlarda kullanılacaktır.

D kategorisi maruz kalma: D sınıfı yüzey engebелiliğinin, rüzgar yönünde 1524 metre veya bina yüksekliğinin 20 katı mesafede (Hangisi daha büyükse) B kategorisi yüzey engebелiliğinin hakim olduğu durumlarda kullanılır.

2.3.5 Topoğrafik faktör, K_{zt}

Genel topoğrafide ani değişiklikler yaratan, herhangi bir maruz kalma kategorisi içerisinde yer alan tepe, bayır veya yamaçlardaki rüzgar hızlanma etkileri bina, diğer saha koşulları ve yapının lokasyonu aşağıda verilen şartları sağladığı zaman hesaba dahil edilir;

- Tepe, bayır, yamaç ve benzeri topoğrafik yapılar tarafından, bu yapılardan birinin yüksekliğinin 100 katı mesafede veya 3,22 km içerisinde (Hangisi küçük ise) rüzgar engellenmemişse,
- Tepe, bayır, yamaçta rüzgar esiş özelliklerinin bir veya iki faktör tarafından herhangi bir çeyrek dilimde 3,22 km içerisinde rüzgar özelliklerinin üzerinde çıkıntılar mevcutsa,
- Yapı; tepe, yamaç veya bayır yüksekliğinin yarısından daha yukarıda veya zirveye yakın bir lokasyonda konumlandırılmışsa (Şekil 2.1),
- Topoğrafik yapı yüksekliğinin, zirveden topoğrafik yapı yarı yüksekliğine kadar olan yatay mesafeye oranı 0,2 'den fazla ise ($H/L_h \geq 0,2$),
- Maruz kalma kategorisi C ve D için topoğrafik yapı yüksekliği 4,5 m'ye eşit veya daha büyük ve maruz kalma B kategorisi için yapı yüksekliği 18 m'den fazla ise.

Buna göre yukarıdaki şartların hiçbirinin sağlanmaması durumunda topoğrafik faktör 1 alınır. Sağlaması durumunda ise Denklem 2.3' ten elde edilir.

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (2.3)$$

K_{zt} : Topoğrafik faktör

$K_{1,2,3}$: Topoğrafik çarpanlar, C kategorisi maruz kalmalar için Çizelge 2.3'ten, diğer maruz kalma kategorileri için aşağıda ki formüllerden hesaplanacaktır

Çizelge 2.3 : Topoğrafik parametreleri.

Tepe ve Yamaç Üzerindeki Hızlanma parametreleri						
Tepe şekli	K1/(H/Lh)			γ	μ	
	Maruz Kalma				Zirvenin Rüzgar Yönü	Zirvenin Rüzgar Arkası Yönü
	B	C	D			
2 Boyutlu Tepeler	1,30	1,45	1,55	3	1,5	1,5
2 Boyutlu Yamaçlar	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4
3 Boyutlu Aksonometrik Tepeler	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) \quad (2.4)$$

$$K_3 = e^{-\gamma z / L_h} \quad (2.5)$$

2.3.7 Hesap yöntemleri

ASCE 7-10; ASCE 7-05'e oranla daha fazla hesap yöntemi seçeneği sunmaktadır. Öncelikli olarak rüzgar dayanım sistemi ve kaplama elemanlarını için hesap yöntemleri birbirinden ayrılmaktadır. Daha sonra herbiri kendi içerisinde bina yüksekliklerine ve kapalılık sınıflandırılmalarına göre farklı yöntemler içerir. Her iki grup içinde genel ve özel yöntemler mevcuttur. Genel yöntemler bütün yükseklikler için bütün bina tiplerine uygulanabilen, basitleştirilmiş yöntemler ise daha düşük yükseklikli ve basit diyafram yapıya sahip binalarda kullanılan yöntemlerdir. Basitleştirilmiş yöntemler genel olarak tablolara dayanır ve rüzgar yükleri hesap yerine tablolardan elde edilir. Şekil 2.2'de hesap yöntemleri kullanıldıkları binalar ve elemanlara göre şematik olarak verilmiştir.

2.4 Yöntem 1, Yön Yöntemi (Analitik Yöntem)

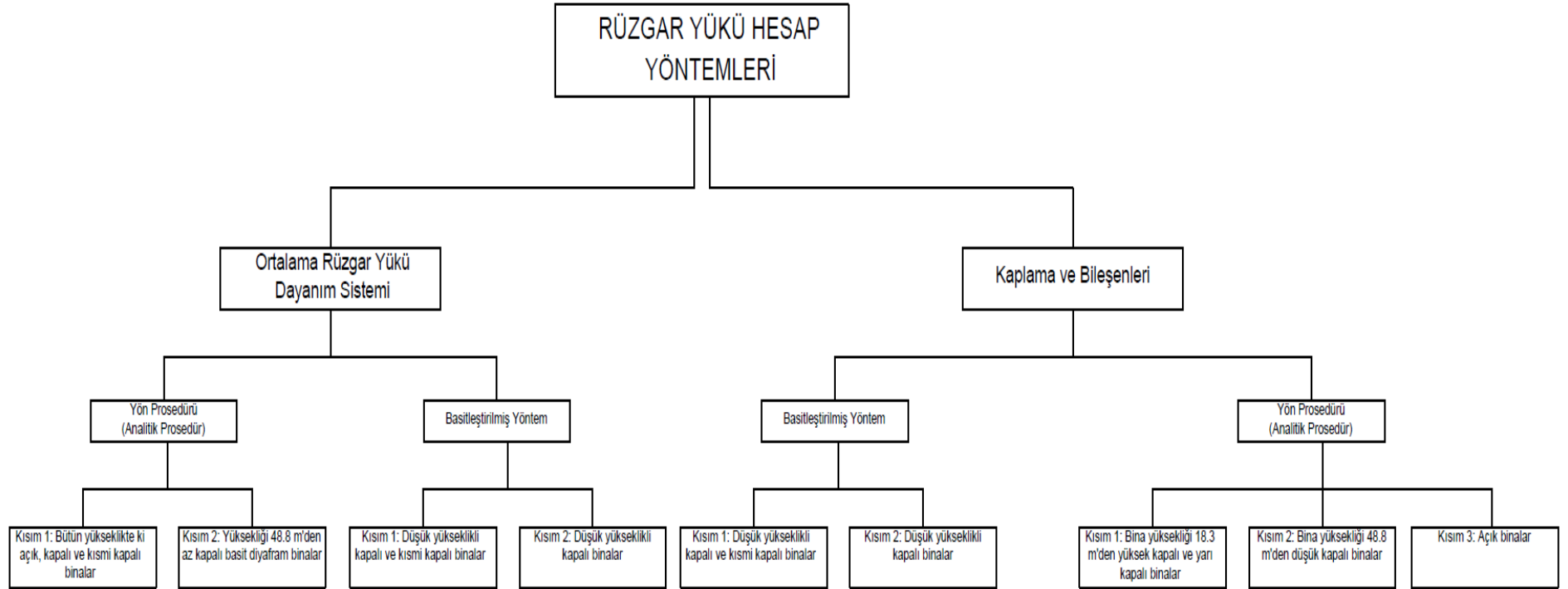
Bu yöntem bütün yüksekliklerdeki açık, kapalı ve yarı kapalı binalar için uygulanabilen genel bir yöntemdir. Tasarım aşamaları standartta ayrı ayrı belirtilmiştir. Rüzgar basınçlarının, rüzgar dayanım sistemi ve kaplama elemanları için hesabı bu bölüm içerisinde ayrıca incelenmiştir.

2.4.1 Rüzgar dayanım sistemi için tasarım basınçlarının hesabı

Rüzgar dayanım sisteminde rijit yapıların bütün yükseklikler için tasarım rüzgar basıncı Denklem 2.6 ile hesaplanır.

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \quad (2.6)$$

Burada; q_i iç basınç, GC_{pi} iç basınç katsayısı, G fırtına faktörünü ve q_z ise z yükseklikteki rüzgar hız basıncını ifade etmektedir.



Şekil 2.2 : Hesap yöntemleri.

Yapılara gelen rüzgar hız basıncı hesabında iç basınç, q_i ortalama çatı yüksekliğindeki basınç, q_h olarak ifade edilebilir. İç basınç katsayısı GC_{pi} 'nin değerleri yapının kapalılık sınıflandırılmasına bağlı olarak Çizelge 2.5'ten elde edilir.

Çizelge 2.5 : İç basınç katsayıları, GC_{pi} (ASCE 7-10).

Bina Tipi	GC_{pi}
Açık Binalar	0,00
Kısmi Kapalı Binalar	+0,55
	-0,55
Kapalı binalar	+0,18
	-0,18

2.4.2 Fırtına etkisi faktörü

2.4.2.1 Rijit ve diğer binalarda fırtına etki faktörünün hesabı

Rijit ve diğer yapılarda fırtına etki faktörü 0,85 alınır veya aşağıda verilen Denklem 2.7 ile hesaplanır.

$$G = 0,925 \left(\frac{1+1,7g_Q I_z Q}{1+1,7g_v I_z} \right) \quad (2.7)$$

$$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6} \quad (2.8)$$

G: Fırtına etki faktörü; Denklem 2.7'den elde edilir,

I_z : $\bar{z}$ yüksekliğinde ki türbülans yoğunluğu, Denklem 2.8'den elde edilir,

$\bar{z}$: Yapının eşdeğer yüksekliğidir (0,6h) fakat bu değer bütün bina yüksekliği için z_{min} 'dan küçük olamaz,

z_{min} : Maruz kalma sabiti, Çizelge 2.6'dan elde edilir,

g_Q : Zemin tepkisi için tepe faktörü,

g_v : Rüzgar tepkisi için tepe faktörü,

c: Türbülans yoğunluk faktörü, Çizelge 2.6'dan elde edilir,

Q: Zemin tepki faktörü, Denklem 2.9'den elde edilir.

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{B+h}{L_z} \right)^{0,63}}} \quad (2.9)$$

$$L_z = l \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\epsilon}} \quad (2.10)$$

B: Binanın rüzgar doğrultusuna dik yönündeki yatay uzunluğu,

h: Ortalama bina yüksekliği veya diğer yapıların yüksekliği,

L_z : Eşdeğer yükseklikte türbülansın yekpare uzunluk ölçeği,

l: Yekpare uzunluk ölçek faktörü, Çizelge 2.6'dan elde edilir

$\bar{\epsilon}$: Yekpare uzunluk ölçeği güç yasası üssü, Çizelge 2.6'dan elde edilir.

$$R_i = 1,0 \text{ veya } R_i = 0,5 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{22,800 A_{og}}}} \right) < 1,0 \quad (2.11)$$

Çizelge 2.6 : Fırtına etki faktörü sabitleri.

Maruz Kalma Kategorisi	α	Z_g (m)	a	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	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	0.80	0.15	198.12	1/8.0	2.13

R_i : Azaltma Faktörü,

A_{og} : Bina örtüsünde ki (duvar ve çatı) boşluk alanlarının toplamı, m²,

V_i : Ayrılmamış iç hacim, m³.

2.4.2.2 Esnek veya dinamik olarak hassas bina ve diğer yapılar

Esnek bina ve diğer yapıların fırtına etki faktörü Denklem 2.12 ile hesaplanır.

$$G_f = 0,925 \left(\frac{1+1,7\sqrt{g_Q Q^2 + g_R R^2}}{1+1,7g_v I_z} \right) \quad (2.12)$$

G_f : Fırtına etki faktörü

R : Rezonans tepki faktörü

g_R : Rezonans tepkisi için tepe faktörü

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3.600 \eta_1)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3.600 \eta_1)}} \quad (2.13)$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47 R_L)} \quad (2.14)$$

R_n, R_h, R_b, R_L : Rezonans tepki faktörü sabitleri,

β : Sönümleme oranı,

$$R_n = \frac{7.47 N_1}{(1 + 10.3 N_1)} \quad (2.15)$$

$$R_l = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \quad (2.16)$$

N_1 : Azaltılmış frekans,

$$N_1 = \frac{n_1 L_z}{\bar{V}_z} \quad (2.17)$$

$\bar{V}_z$: z yükseklikte ki ortalama saatlik rüzgar hızı,

$$V_z = \bar{b} \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^\alpha \left(\frac{88}{60} \right) V \quad (2.18)$$

$\bar{b}$, α : Çizelge 2.6'dan belirlenen sabitler,

2.4.3 Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayılarının hesabı

Bu sistemde duvar dış basınç katsayıları rüzgarın doğrultusuna ve binanın yatay uzunluklarının oranına bağlı olarak Çizelge 2.7'dan elde edilir. Çizelgede görüldüğü üzere yan duvarlar ve arka duvar için ortalama çatı yüksekliği için hesaplanan rüzgar basıncı kullanılır. Rüzgara dik duvarda ise her bir yükseklik için ayrı ayrı hesaplanır.

Çizelge 2.7 : Duvar dış basınç katsayıları.

Yüzey	L/B	C _p	Basınç
Rüzgara dik duvar	Tüm değerler	0,8	q _z
	0-1	-0,5	
Arka duvar	2	-0,3	q _h
	≥4	-0,2	
Yan duvarlar	Tüm değerler	-0,7	q _h

Çizelge 2.8'de eğimli çatılar için bina yüksekliğinin binanın rüzgara paralel doğrultudaki yatay uzunluğuyla oranına bağlı dış basınç katsayıları verilmiştir. Bu çizelgede yanında * bulunan değerler için; ara değerlerde interpolasyon yapılabilmesi amacıyla, ** bulunan değerler içinse; bu değerlerde çatı alanına bağlı olarak azaltma yapılabileceğini belirtir. Bu azaltmalar alan 100 m²'den küçük veya eşit ise 1,0 , 250 m² ise 0,9 veya 1000m²'den büyük ise 0,8 azaltma katsayıları kullanılarak yapılır.

Çizelge 2.9'de ise düz veya rüzgarın çatı mahyasına paralel olduğu bütün eğimlerde kullanılacak dış basınç katsayıları verilmiştir. Bu katsayılara göre belirlenen dış basınç katsayıları çizelgede verilen, rüzgara dik mesafeler için ayrı ayrı etkiltilir.

Çatı basınçlarının hesabında ortalama çatı yüksekliğindeki hız basıncı kullanılır.

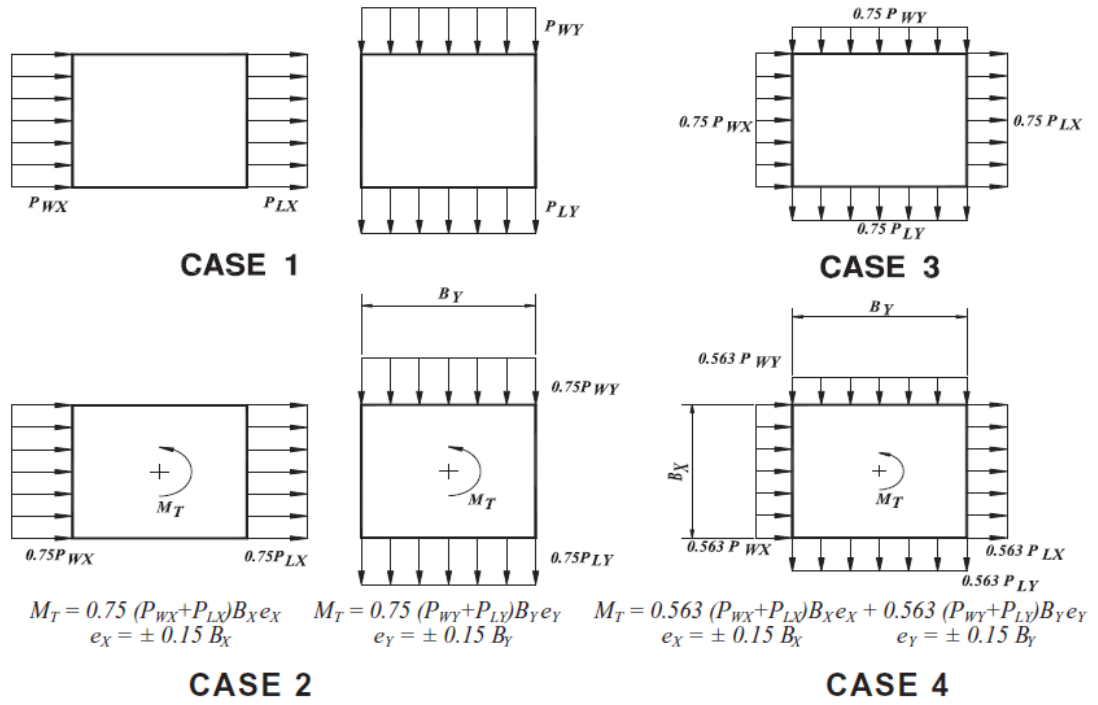
Çizelge 2.8 : Eğimli ve rüzgarın mahyaya dik olduğu durum için dış basınç katsayıları.

Rüzgar Yönü	Rüzgara dik duvar									Arka duvar		
	Açı, θ (Derece)									Açı, θ (Derece)		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	≥ 60	10	15	≥ 20
$\theta \geq 10$ ve Mahya Dik Olduğunda	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-	0,0*				-	-
		-0,18	0,0*	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,010	0,3	0,5	-0,6
	0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-	-0,2	0,0*			-	-
		-0,18	-	0,0*	0,2	0,2	0,3	0,4	0,010	0,5	0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-	-1,0	-0,7	-0,5	-	-0,2	0,0*			-	-
		1,3**	-	0,18	0,0*	0,3	0,2	0,3	0,010	0,7	0,6	-0,6

Çizelge 2.9 : Düz veya rüzgarın mahyaya paralel olduğu durumlar için çatı dış basınç katsayıları.

Rüzgar Yönü	h/L	Rüzgara dik duvardan yatay mesafe	C_p	
$\theta < 10$ ve Mahya Dik Olduğunda veya mahyaya paralel olduğunda bütün θ 'lar için	$\leq 0,5$	0-h/2	-0,9	-0,18
		h/2-h	-0,9	-0,18
		h-2h	-0,5	-0,18
	$\geq 1,0$	>2h	-0,3	-0,18
		0-h/2	-	-0,18
		>h/2	1,3**	-0,18

Şekil 2.3'te rüzgar yüklerine dört farklı yükleme kombinasyonu verilmiştir.



Şekil 2.3 : Yükleme kombinasyonları.

2.4.4 Rüzgar dayanım sistemi için alternatif yöntem

Yön yönteminin yüksekliği 48 m'den düşük kapalı ve kısmi kapalı binalar için alternatif bir hesap yöntemi de mevcuttur. Bu yöntemde göre fırtına etki faktörü, hız basıncı katsayısı ve hız basıncının belirlenmesine gerek yoktur. Maruz kalma kategorisi, temel rüzgar hızı ve binanın yatay uzunluklarının oranına bağlı olarak Çizelge 2.10'dan duvarın alt ve üst noktalarında ki rüzgar basınçları elde edilir.

Çizelge 2.10 sadece B sınıfı maruz kalma kategorisi için belirli hız ve uzunluk oranları için verilmiştir. ASCE 7-10'un içerisinde bütün maruz kalma kategorileri, temel rüzgar hızı ve yatay uzunluk oran değerlerinin bulunduğu tablolar mevcuttur. Bu tabloda elde edilen değerlerden p_h üst noktadaki rüzgar basıncı, p_o ise alt noktadaki rüzgar basıncıdır.

Çizelge 2.10 : B maruz kalma kategorisi için rüzgar basınçları.

V(mph)	110			115			120			130		
H(ft.), L/B	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2
160	38.1	37.7	34.1	42.1	41.7	37.8	46.4	45.9	41.7	55.8	55.1	50.2
	25.6	25.4	21.0	28.3	28.1	23.3	31.2	30.9	25.7	37.5	37.1	30.9
150	36.9	36.6	33.0	40.7	40.4	36.5	44.9	44.4	40.3	53.9	53.3	48.5
	25.1	24.9	20.6	27.7	27.5	22.8	30.5	30.2	25.2	36.7	36.2	30.3
140	35.6	35.4	31.9	39.3	39.1	35.3	43.3	42.9	38.9	51.9	51.4	46.7
	24.5	24.4	20.2	27.1	26.9	22.4	29.8	29.6	24.6	35.7	35.4	29.6
130	34.4	34.2	30.8	37.9	37.7	34.0	41.7	41.4	37.4	49.9	49.5	44.9
	24.0	23.9	19.8	26.5	26.3	21.9	29.1	28.9	24.1	34.8	34.5	28.9

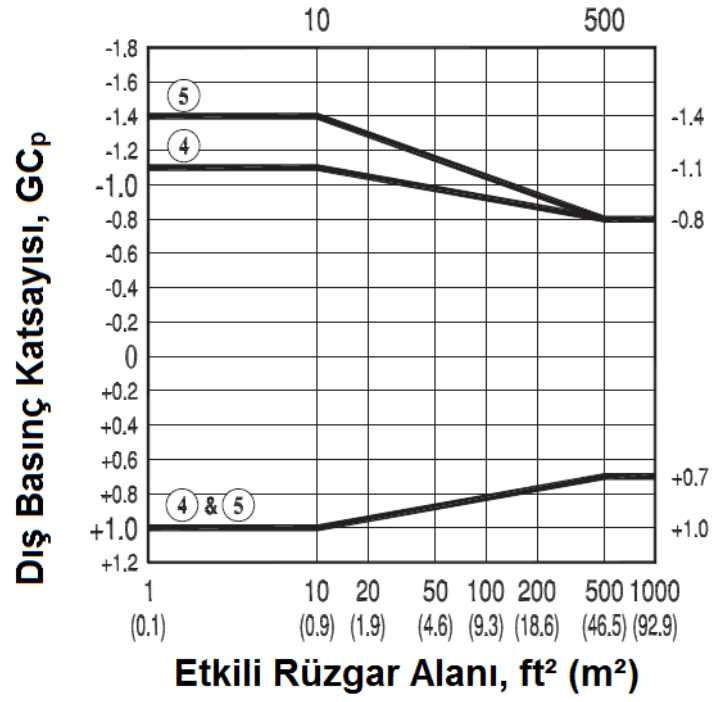
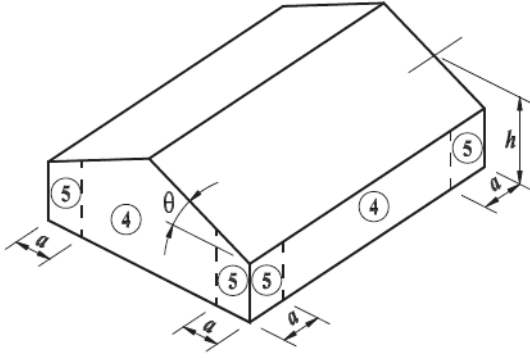
2.4.5 Kaplama elemanları rüzgar basınçlarının hesabı

Kaplama ve bileşenleri için rüzgar basınçlarının hesabında rüzgar hızı basınç katsayıları için Çizelge 2.11 kullanılmaktadır. Bu çizelgeye göre her yükseklik için ayrı bir K_z değeri elde edilir. Rüzgar basıncı hesabı için ise Denklem 2.19 kullanılır. Burada kullanılacak dış basınç katsayıları ise Şekil 2.4'ten elde edilir. Bu şekil kapalı ve kısmi kapalı binalarda duvarlar için kullanılır.

$$p = q_h [(GC_p) - (GC_{pi})] \quad (2.19)$$

Çizelge 2.11 : Kaplama elemanları hız basıncı katsayıları (K_z).

Zemin seviyesinden yükseklik, z (m)	Maruz Kalma Kategorisi		
	B	C	D
0-4.6	0,70	0,85	1,03
6.1	0,70	0,90	1,08
7.6	0,70	0,94	1,12
9.1	0,70	0,98	1,16
12.2	0,76	1,04	1,22
15.2	0,81	1,09	1,27
18	0,85	1,13	1,31
21.3	0,89	1,17	1,34
24.4	0,93	1,21	1,38
27.4	0,96	1,24	1,40
30.5	0,99	1,26	1,43
36.6	1,04	1,31	1,48
42.7	1,09	1,36	1,52
48.8	1,13	1,39	1,55
54.9	1,17	1,43	1,58
61	1,20	1,46	1,61
76.2	1,28	1,53	1,68
91.4	1,35	1,59	1,73
106.7	1,41	1,64	1,78
121.9	1,47	1,69	1,82
137.2	1,52	1,73	1,86
152.4	1,56	1,77	1,89



Şekil 2.4 : Duvar için dış basınç katsayılarının belirlenmesi.

2.4.6 Parapetler için rüzgar basınçlarının hesabı

Parapetlerde oluşacak rüzgar basınçlarının hesabı için Denklem 2.20 kullanılır;

$$p_p = q_p (GC_{pn}) \quad (2.20)$$

Burada;

q_p Ortalama çatı yüksekliğindeki hız basıncı

G: Fırtına etki faktörü

(GC_{pn}) : Net basınç katsayısı

Net basınç katsayısı rüzgara karşı duvarlar için +1,5; rüzgar arkası duvarlar için ise -1.0 alınır.

2.5 Yöntem 2, Basitleştirilmiş Yöntem

Bu yöntem, düşük yükseklikli kapalı ve kısmi kapalı binalar için uygulanan yön yönteminin basitleştirilmiş versiyonudur. Bu yöntem içinde gerekli fırtına etki faktörü Bölüm 2.4.2'de anlatıldığı gibi hesaplanır.

2.5.1 Rüzgar dayanım sistemi için tasarım basınçlarının hesabı

Rüzgar dayanım sisteminde rijit yapıların bütün yükseklikler için tasarım rüzgar basınçları Denklem 2.21 ile hesaplanır.

$$p = q_h [(GC_p) - (GC_{pi})] \quad (2.21)$$

Burada;

q_h : Ortalama çatı yüksekliğindeki basınç

GC_{pi} : İç basınç katsayısı

GC_{pf} : Dış basınç katsayısını ifade etmektedir.

2.5.2 Rüzgar dayanım sistemi hız basıncı maruz kalma katsayılarının hesabı

Basitleştirilmiş yöntemde kullanılacak hız basıncı maruz kalma katsayıları, her bir yükseklik için maruz kalma kategorisine göre Çizelge 2.12'den elde edilir.

2.5.3 Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayılarının belirlenmesi

Tasarım rüzgar basıncının hesabında kullanılacak dış basınç katsayılarının hesabı Şekil 2.5'te verilen yükleme durumları ve bölgeler için Çizelge 2.13'ten elde edilir.

Çizelge 2.12 : Rüzgar dayanım sistemi hız basıncı katsayıları (K_z).

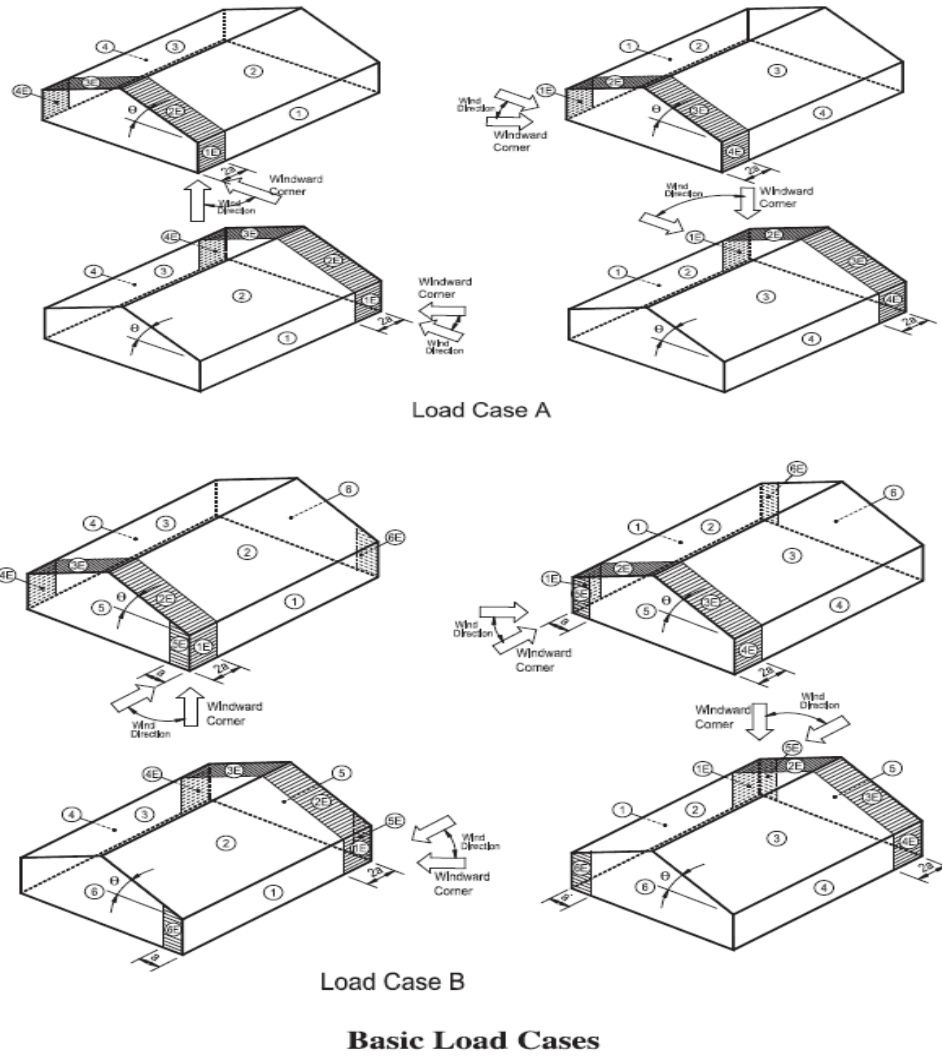
Zemin seviyesinden yükseklik, z (m)	Maruz Kalma Kategorisi		
	B	C	D
0-4.6	0,70	0,85	1,03
6.1	0,70	0,90	1,08
7.6	0,70	0,94	1,12
9.1	0,70	0,98	1,16
12.2	0,76	1,04	1,22
15.2	0,81	1,09	1,27
18	0,85	1,13	1,31

Çizelge 2.13 : Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayıları (Y.D. - A).

Çatı Açısı	Yükleme Durumu A							
	Bina Yüzeyi							
	1	2	3	4	1E	2E	3E	4E
0-5	0,40	-0,69	-0,37	-0,29	0,61	-1,07	-0,53	-0,43
20	0,53	-0,69	-0,48	-0,43	0,80	-1,07	-0,69	-0,64
30-45	0,56	0,21	-0,43	-0,37	0,69	0,27	-0,53	-0,48
90	0,56	0,56	-0,37	-0,37	0,69	0,69	-0,48	-0,48

Çizelge 2.14 : Rüzgar dayanım sistemi dış basınç katsayıları (Y.D. - B).

Çatı Açısı	Yükleme Durumu B											
	Bina Yüzeyi											
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E	5E	6E
0-90	-0,45	-0,69	-0,37	-0,45	0,40	-0,48	-0,48	-1,07	-0,53	-0,48	-0,61	-0,43



Şekil 2.5 : Dış basınç katsayıları için yükleme durumları ve bölgeleri.

2.5.4 Rüzgar dayanım sistemi için alternatif yöntem

Bu yöntemin normal yöntemden farkı hız basıncı ve fırtına etki faktörünün hesaplanmasına gerek yoktur. Temel rüzgar hızı ve maruz kalma kategorisi belirlenir. Daha sonra Çizelge 2.15'ten rüzgar basıncı belirlenir. Son olarak Çizelge 2.16'dan düzeltme katsayısı elde edilir ve Denklem 2.22'de yerine koyularak rüzgar basıncı belirlenir. Belirlenen rüzgar basıncı Şekil 2.6'da gösterilen yük durumlarında belirtilen bölgelere uygulanarak rüzgar basıncına göre tasarım yapılır.

$$p_s = \lambda K_{zt} p_{s30} \quad (2.22)$$

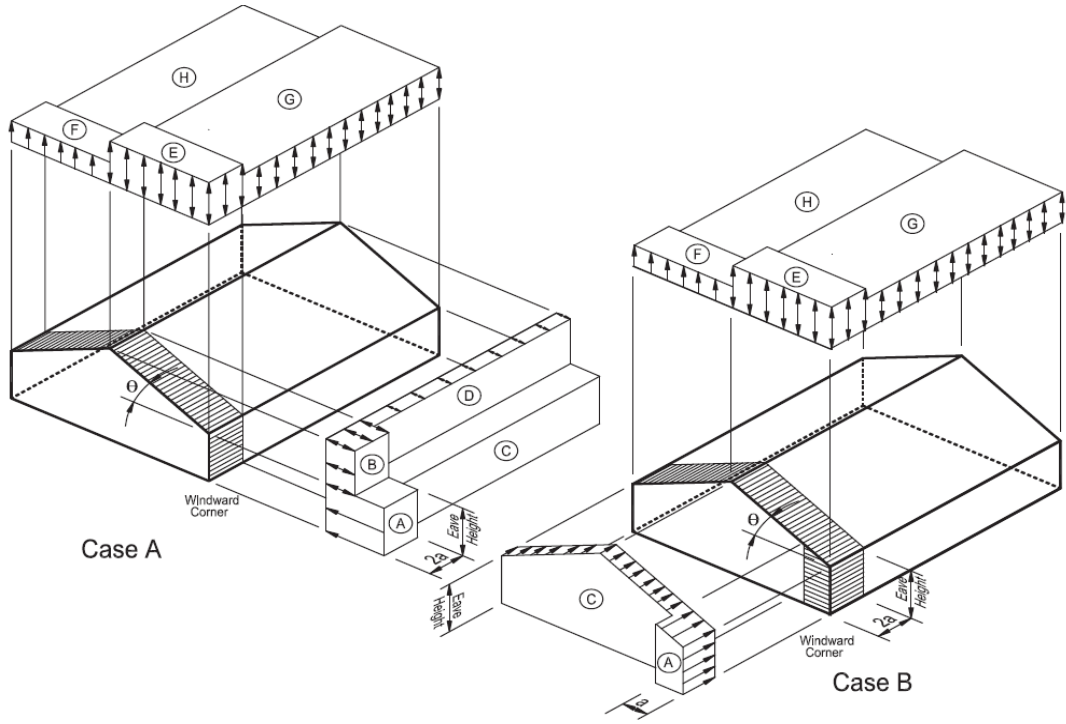
Burada; λ , düzeltme faktörü; K_{zt} , topoğrafya katsayısı; p_{s30} , basitleştirilmiş rüzgar basıncıdır.

Çizelge 2.15 : Basitleştirilmiş rüzgar basıncı, p_{s30} (psf).

Temel Rüzgar Hızı	Çatı Eğim Açısı	Yüklem Durumu	Bölgeler							
			Yatay Basıncılar				Dikey Basıncılar			
			A	B	C	D	E	F	G	H
110	0-5	1	19.2	-10.0	12.7	-5.9	-23.1	-13.1	-16.0	-10.1
	10	1	21.6	-9.0	14.4	-5.2	-23.1	-14.1	-16.0	-10.8
	15	1	24.1	-8.0	16.0	-4.6	-23.1	-15.1	-16.0	-11.5
	20	1	26.6	-7.0	17.7	-3.9	-23.1	-16.0	-16.0	-12.2
	25	1	24.1	3.9	17.4	4.0	-10.7	-14.6	-7.7	-11.7
		2	-	-	-	-	-4.1	-7.9	-1.1	-5.1
	30-45	1	21.6	14.8	17.2	11.8	1.7	-13.1	0.6	-11.3
		2	21.6	-14.8	17.2	11.8	8.3	-6.5	7.2	-4.6

Çizelge 2.16 : Bina yüksekliğine bağlı düzeltme faktörü, λ .

Ortalama Çatı Yüksekliği (ft)	Maruz Kalma Kategorisi		
	B	C	D
15	1,00	1,21	1,47
20	1,00	1,29	1,55
30	1,00	1,40	1,66
35	1,05	1,45	1,70
40	1,09	1,49	1,74
45	1,12	1,53	1,78
50	1,16	1,56	1,81
55	1,19	1,59	1,84
60	1,22	1,62	1,87



Şekil 2.6 : Dış basınç katsayıları için yükleme durumları ve bölgeleri.

3. EUROCODE 1-4'E GÖRE RÜZGAR YÜKLERİNİN HESABI

3.1 Giriş

Tezin bu bölümünde yapıların tasarımında kullanılacak doğal rüzgar etkilerinin belirlenmesinde, Avrupa birliği ülkelerinde kullanılan Eurocode 1-4 incelenmiş ve rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak kriterler,parametreler ve hesap yöntemleri özetlenmiştir .Bu etkiler yapının tümü için kullanılabileceği gibi, yapının bir kısmı veya yapıya bağlı kısımlar içinde kullanılabilir. Bu standart yüksekliği 200 m olan binalar veya diğer yapılar ve dinamik tepki kriterlerinin saplanması şartıyla 200 m'den az açıklıklı köprülerin tasarımında kullanılacak rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

3.2 Tanımlar

- i. Esas temel rüzgar hızı: Açık arazilerde 10 metre yükseklikte, rüzgar doğrultusuna bağlı olmadan, yıllık aşma oranı 0.02 olan 10 dakikalık süreçte belirlenen ortalama rüzgar hızıdır,
- ii. Temel rüzgar hızı: Esas temel rüzgar hızının, rüzgar doğrultusu ve mevsime bağlı olarak değiştirilmiş halidir,
- iii. Ortalama rüzgar hızı: Temel rüzgar hızının arazi engebeliliği ve orografiye göre değiştirilmiş halidir,
- iv. Basınç katsayısı: Dış basınç katsayıları, rüzgarın dış yüzeylerdeki etkilerinin belirlenmesinde, iç basınç katsayıları ise rüzgarın iç yüzeylerdeki etkilerinin belirlenmesinde kullanılan katsayılardır. Net basınç katsayıları ise, yapıda, yapı elemanlarında veya bileşenlerinde birim alanlarında oluşan rüzgar etkilerinin belirlenmesinde kullanılır,
- v. Kuvvet katsayısı: Yapı, yapı elemanı veya beileşenlerindede oluşan, rüzgar etkilerinin tümünün belirlenmesinde kullanılır.

3.3 Rüzgar Etkilerinin Modellenmesi

Rüzgar etkileri zamana bağlı değişim gösterir ve kapalı yapıların dış yüzeylerine doğrudan basınç olarak etkilediği gibi yapı dış yüzeyinin porozitesi nedeniyle, yapıların iç yüzeylerinede dolaylı olarak veya açık binaların iç yüzeylerine doğrudan etkiyebilir. Basınçlar, yapının veya kaplama elemanlarının yüzey alanlarında dik kuvvetler oluşturacak şekilde etkir. Ayrıca, rüzgarın büyük yapı alanlarına paralel olarak etkidiği durumlarda, yapı yüzeylerine paralel olarak etkiyen sürtünme kuvvetleride önemlidir.

3.4 Rüzgar Etkilerinin Temsili

Rüzgar etkileri, en kritik türbülanslı rüzgar tesirlerine eşdeğer etkiler meydana getiren, kuvvet ve basınç grupları ile temsil edilir.

3.5 Rüzgar Etkilerinin Sınıflandırılması

Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, rüzgar etkileri değişken sabit etkiler olarak sınıflandırılmalıdır.

3.6 Karakteristik Değerler

Burada yer alan değerler, rüzgar hızı ve rüzgar hızı nedeniyle meydana gelen rüzgar basıncının esas değerleri kullanılarak hesaplanır. Bu esas değerlerin ortalama tekrarlama süresi 50 yıla eşit ve yıllık aşılma olasılığı 0.02 olan karakteristik değerlerdir. Buna göre esas değerlerden rüzgar etkilerini elde etmek için kullanılan bütün katsayılar veya modeller, hesaplanan rüzgar etkilerinin olasılığı esas değerlerin olasılığını geçmeyecek şekilde seçilir.

3.7 Modeller

Yapı üzerindeki rüzgar tesirleri o yapının boyutuna, şekline ve dinamik özelliklerine bağlıdır. Bu standarta göre, rüzgar yönündeki türbülansın, rüzgar yönündeki sabit işaretli temel eğilme modu titreşimiyle örtüşmesinin neden olduğu dinamik etkileri kapsar. Yapı tepkisi doğal yapısı korunmuş rüzgar alanındaki referans yükseklikte

meydana gelen tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı q_p , kuvvet ve basınç katsayısı ve yapısal katsayı $c_s c_d$ kullanılarak hesaplanır.

3.8 Hesap Aşamaları

3.8.1 Temel rüzgar hızı

Temel rüzgar hızının temel değeri $v_{b,0}$, yılın herhangi bir bölümünden ve rüzgar yönünden bağımsız olarak, çayır gibi az bir bitki örtüsüne ve aralarında minimum engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafede bulunan engellere sahip açık kırsal alanda, yer seviyesinden 10 mt yukarıdaki karakteristik ortalama 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı olarak kabul edilmiştir. Temel rüzgar hızı Denklem 3.1'den elde edilir.

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} \quad (3.1)$$

Burada;

v_b : Yerden yüksekliği 10 m'de, arazi kategorisi II'de yer alan, yılın herhangi bir bölümünde, rüzgar yönüne bağlı olarak tanımlanan temel rüzgar hızı,

$v_{b,0}$: Rüzgar yönünün ve mevsimlerin hesaba katılması için esas temel rüzgar hızının temel değeridir,

c_{dir} : Rüzgar doğrultu katsayısıdır,

c_{season} : Geçici ve uygulama aşamasındaki bütün yapılar için mevsim katsayısıdır.

Eurocode 1-4'te; c_{dir} ve c_{season} değerlerinin 1 alınması önerilir.

3.8.2 Ortalama rüzgar hızı

Bir arazide; yerden z (m) yükseklikte ortalama rüzgar hızı, arazinin engebелiliğine, orografik özelliklerine ve temel rüzgar hızı v_b ' ye bağlı olarak Denklem 3.2'den elde edilir.

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} c_{o(z)} v_b \quad (3.2)$$

Burada;

$c_{r(z)}$: Engebелilik katsayısı,

$c_{0(z)}$: Orografi katsayısı olarak tanımlanır. Eurocode 1-4'e göre orografi katsayısının tavsiye edilen değeri 1,0'dır.

3.8.3 Arazi engebeliliği

Engebelilik katsayısı, yapının bulunduğu mahal, yer seviyesinden yüksekliği ve rüzgar doğrultusu göz önünde bulundurularak, rüzgar esiş yönündeki ortalama rüzgar hızının değişkenliğinin hesaplanmasında kullanılır. Rüzgar yönündeki engebeliliği düzgün dağılımlı olan arazilerin, profil yeterliliğini sağlayacak uzunlukta olması durumunda, engebelilik katsayısı Denklem 3.3 ve 3.4'ten elde edilir.

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (3.3)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad z \leq z_{\min} \quad (3.4)$$

Burada;

z_0 :Engebelilik uzunluğu,

k_r :Engebelilik uzunluğuna bağlı arazi katsayısı, Denklem 3.5'ten elde edilir,

$$k_r = 0,19\left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad (3.5)$$

$z_{\min}$: Çizelge 2.1'de tanımlanan en düşük yükseklik değeridir,

$z_{\max}$:Önerilen değer 200 m'dir.

z_0 ve $z_{\min}$: Arazi kategorisine bağlı değerlerdir ve Çizelge 3.1'den elde edilir.

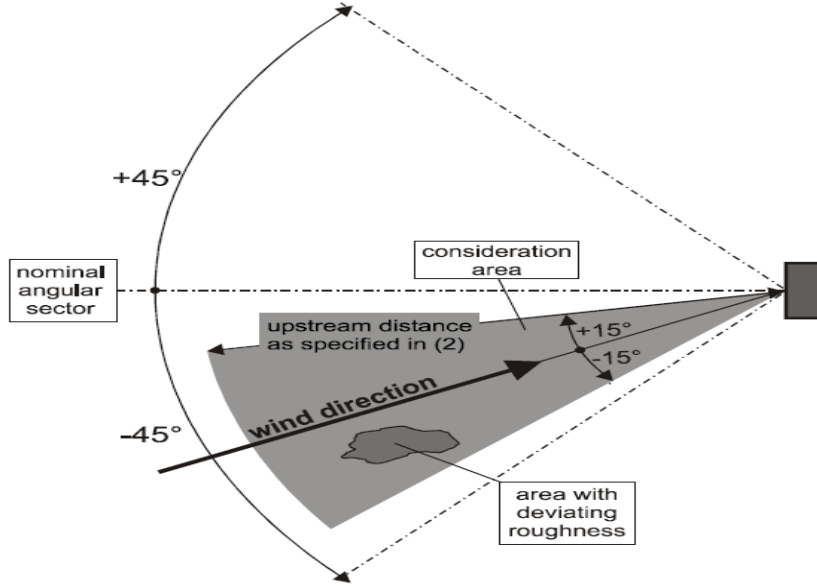
$z_{0,II}$:Çizelge 3.1'de tanımlanan arazi kategorisi değeridir. 0,05 m alınır,

Çizelge 3.1 : Arazi kategori ve parametreleri.

Arazi Kategorisi	z_0 (m)	z_{min} (m)
0 Açık deniz etkisine maruz kalan deniz ve kıyı alanları	0,003	1
I Göller veya ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan, engebeliliği olmayan, düz ve yatay alanlar	0,01	1
II Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere(ağaç,bina vb.) sahip alanlar	0,05	2
III Düzgün yayılı bir bitki örtüsü şekline veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alanlar (Kasaba, ormanlık alanlar vb.)	0,3	5
IV Yüzeyinin en az %15'i, yükseklik ortalaması 15 m'yi aşan binalarla kaplı alanlar	1,0	10

Belirtilen rüzgar doğrultusu için kullanılacak arazi engebeliliği, rüzgar doğrultusu etrafındaki dairesel dilim içerisinde bulunan düzgün yayılı engebeliliğe sahip arazi kısmının uzunluğuna ve yüzey engebeliliğine bağlıdır. Değişken engebelilik gösteren küçük alanlar (söz konusu arazinin %10'undan daha az alana sahip) Şekil 3.1'de gösterildiği üzere ihmal edilebilir.

Şekil 3.1'de verilen dairesel anma dilimi için basınç veya kuvvet katsayısının tanımlandığı durumlarda herhangi 30 derecelik dairesel dilimdeki en düşük engebelilik uzunluğu olan arazi kullanılmalıdır. Verilen arazinin tanımlanması sırasında iki veya daha fazla arazi kategorisi arasında seçim yapılacaksa en düşük engebelilik uzunluğu olan arazi kullanılmalıdır.

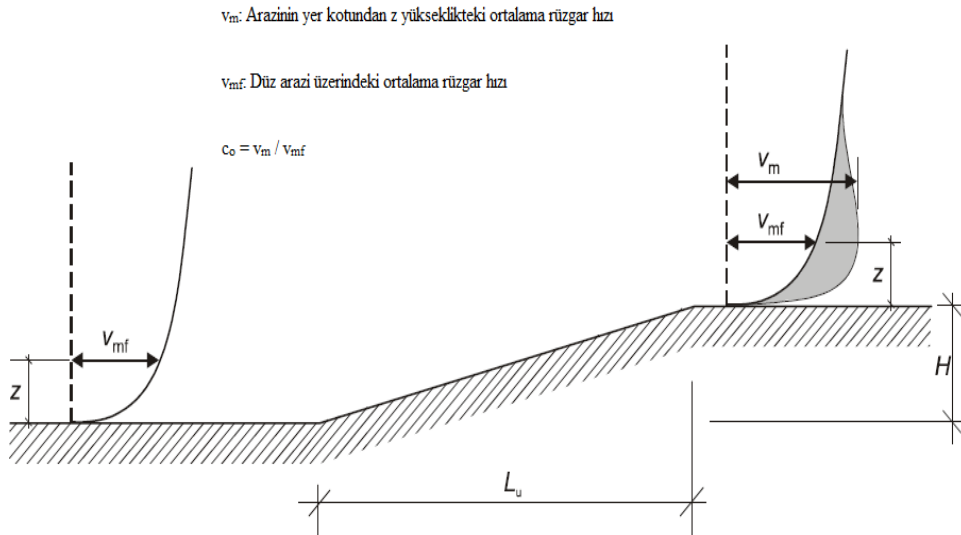


Şekil 3.1 : Arazi engebелiliğinin değеrlendirilmesi.

3.8.4 Arazi orografisi

Orografinin (tepe, yamaç vb.) rüzgar hızını %5'ten daha fazla arttırdığı yerlerde, bu hızlanma etkilerini hesaba katmak için orografi katsayısı kullanılır.

Birbirinden bağımsız tepeler ve sırtlar ve yamaç ve yarılarda farklı rüzgar hızları rüzgar doğrultusunda rüzgarın yaklaştığı yöndeki eğime ($\Phi = H/L_u$) bağlıdır. Şekil 3.2'de orografik yapı üzerinde rüzgar hızının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Orografik yapı üzerindeki rüzgar hızının değışimi.

Rüzgar hızlarındaki en büyük artış, eğimin tepe noktasında olur ve orografi katsayısı c_0 'dan elde edilir. Orografi katsayısı $C_0(z) = V_m/V_{mf}$ ile birbirinden ayrılmış tepe ve sırtlar birbirinden ayrılmamış dağların bulunduğu bölgeler hariç rüzgar hızıyla ilişkilidir. Orografi etkileri aşağıda verilen durumlarda dikkate alınmalıdır.

- Tepe ve yamaçlarda rüzgarın estiği yöndeki eğimli kısımda bulunan aşağıda verilen eğim şartını sağlayan mahaller için Denklem 3.6 kullanılır

$$0,05 < \Phi \leq 0,3 \text{ ve } |x| \leq L_u / 2 \quad (3.6)$$

- Tepe ve sırtlarda rüzgarın esiş yönünün arkasında bulunan eğimli kısımda bulunan aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için Denklem 3.7 ve Denklem 3.8 kullanılmaktadır.

$$\Phi < 0,3 \text{ ve } x \leq L_d / 2 \quad (3.7)$$

$$\Phi \geq 0,3 \text{ ve } x < 1,6H \quad (3.8)$$

- Yamaç ve yarların rüzgarın estiği yöndeki eğimli kısmında bulunan aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için Denklem 3.9 kullanılır.

$$0,05 < \Phi \leq 0,3 \text{ ve } |x| \leq L_u / 2 \quad (3.9)$$

- Yamaç ve yarların rüzgarın esiş yönünün arkasında bulunan eğimli kısımda bulunan, aşağıdaki özelliklere sahip mahaller için Denklem 3.10 ve Denklem 3.11 kullanılır.

$$\Phi < 0,3 \text{ ve } x \leq 1,5L_e \quad (3.10)$$

$$\Phi \geq 0,3 \text{ ve } x < 5H \quad (3.11)$$

Bu durumlarda c_0 şğıdaki gibi tanımlanır;

$$\Phi < 0,05 \text{ için } c_0 = 1 \quad (3.1223)$$

$$0,05 < \Phi \leq 0,3 \text{ için } c_0 = 1 + 2s\Phi \quad (3.13)$$

$$\Phi > 0,3 \text{ için } c_0 = 1 + 0,6s \quad (3.14)$$

Burada;

s: Rüzgarın estiğı yöndeki etkili eğim uzunluğu L_e için ölçeklendirilmiş Şekil 3.3 ve 3.4'ten elde edilen orografik bölge katsayısı,

Φ : Rüzgar doğrultusunda rüzgarın estiğı yöndeki eğim, H/L_u

L_e : Çizelge 3.2'de belirtilen rüzgarın estiğı yöndeki etkili uzunluk,

L_u : Rüzgar doğrultusunda rüzgarın estiğı yöndeki gerçek uzunluk,

L_d : Rüzgar doğrultusunda rüzgarın uzaklaştığı yöndeki gerçek uzunluk,

H: Eğimin etkili yüksekliğı

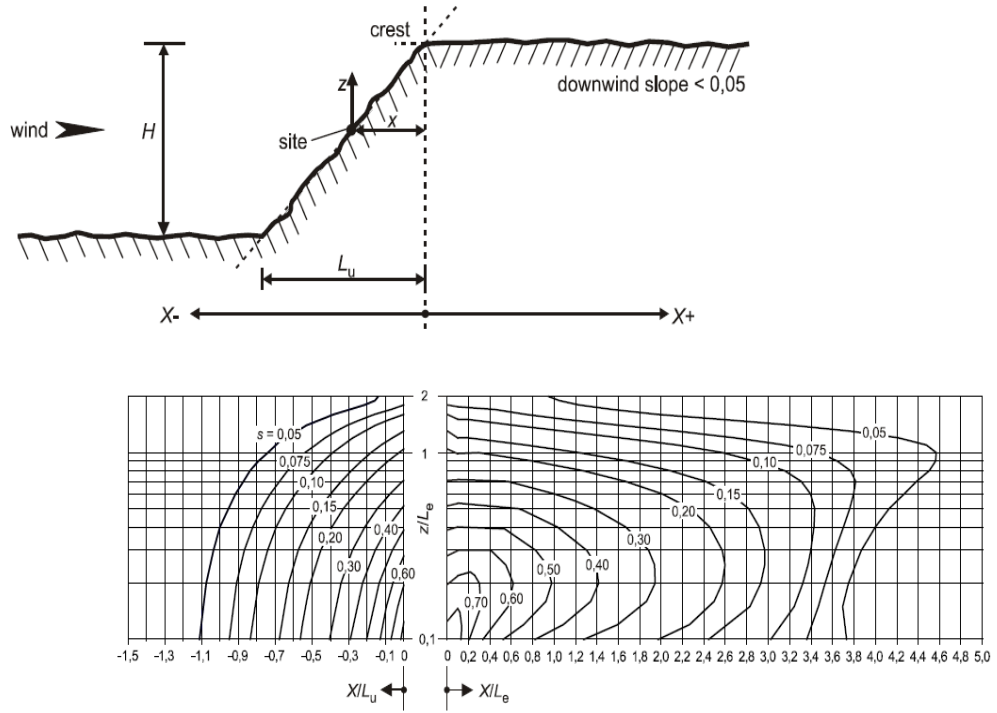
x: Tepe noktasından yapı mahaline kadar olan yatay mesafe

z: Yapı mahalinin zemininden düşey olarak ölçülen mesafedir.

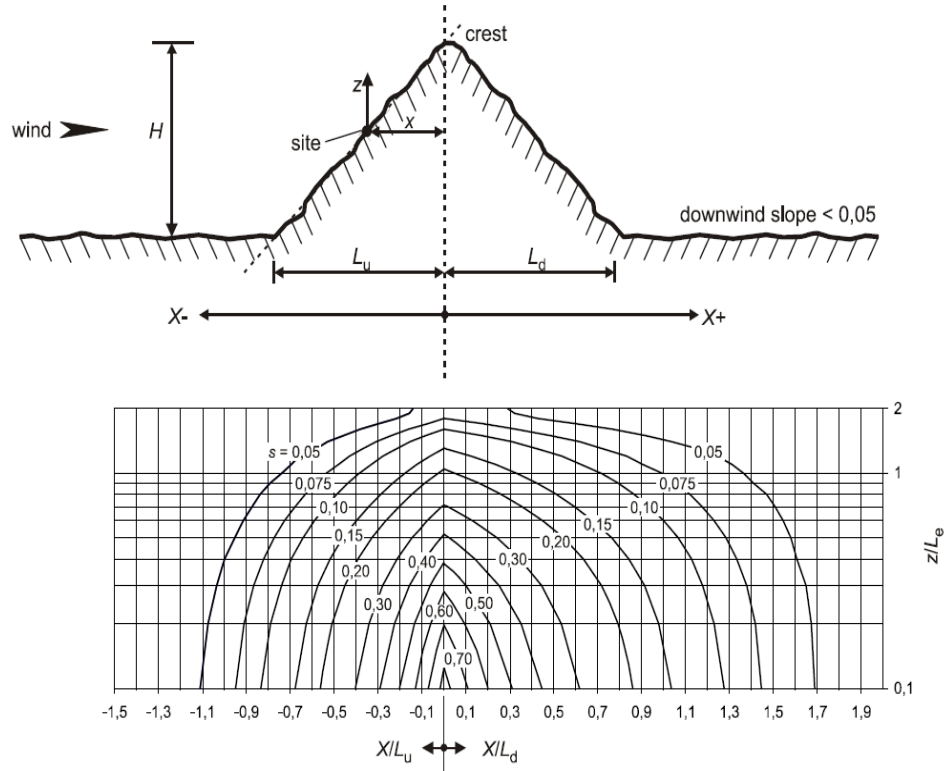
Çizelge 3.2 : Etkili uzunluk değerleri, L_e .

Eğimin Tipi ($\Phi=H/L_u$)	
Düşük Eğim ($0,05<\Phi<0,3$)	Yüksek Eğim ($\Phi<0,3$)
$L_e=L_u$	$L_e=H/3$

Vadilerde hortum etkilerinden dolayı rüzgar hızında artış beklenmiyorsa, orografi katsayısı 1,0 alınabilir. Vadi içerisinde inşaa edilen yapılar ve dik yamaçlı vadilerde inşaa edilen köprüler için, hortum nedeniyle rüzgar hızında oluşacak artış hesaba dahil edilmelidir.



Şekil 3.3 : Yamaç ve yarlar için s katsayısı.



Şekil 3.4 : Yamaç ve sırtlar için s katsayısı.

- Bütün orografi için rüzgar esiş yönünde bulunan kısımlarda, Denklem 3.15'te verilen aralık için s katsayısının hesaplanmasında Denklem 3.16 kullanılır, Denklem 3.19'da verilen aralık için ise Denklem 3.20'de gösterildiği üzere 0 alınır. (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4)

$$-1,5 \leq \frac{x}{L_u} \leq 0 \text{ ve } 0 \leq \frac{z}{L_e} \leq 2,0 \quad (3.1524)$$

$$s = A e^{\left(B \frac{x}{L_u} \right)} \quad (3.16)$$

$$A = 0,1552 \left(\frac{z}{L_e} \right)^4 - 0,8575 \left(\frac{z}{L_e} \right)^3 - 1,8133 \left(\frac{z}{L_e} \right)^2 - 1,9115 \left(\frac{z}{L_e} \right) + 1,0124 \quad (3.17)$$

$$B = 0,3542 \left(\frac{z}{L_e} \right)^2 - 1,0577 \left(\frac{z}{L_e} \right) + 2,6456 \quad (3.18)$$

$$\frac{x}{L_u} < -1,5 \text{ ve } \frac{z}{L_e} > 2,0 \quad (3.19)$$

$$s = 0 \quad (3.20)$$

- Yamaç ve yarlarda, rüzgar esiş yönünün arkasında bulunan kısımlarda, aşağıda verilen aralıklar için ilgili denklemler kullanılarak s katsayısı hesaplanır. (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4)

$$0,1 \leq \frac{x}{L_u} \leq 3,5 \text{ ve } 0,1 \leq \frac{z}{L_e} \leq 2,0 \text{ için} \quad (3.2125)$$

$$s = A \left(\log \left[\frac{x}{L_u} \right] \right)^2 + B \left(\log \left[\frac{x}{L_u} \right] \right) + C \quad (3.22)$$

Burada;

$$A = -1,3420 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8222 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,4609 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right) - 0,0791 \quad (3.23)$$

$$B = -1,0196 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8910 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,5343 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right) - 0,1156 \quad (3.24)$$

$$C = 0,8030 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 + 0,4236 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 - 0,5738 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right) + 0,1606 \quad (3.25)$$

$$0 \leq \frac{X}{L_e} \leq 0,1 \text{ için} \quad (3.26)$$

$$\frac{X}{L_e} = 0 \text{ ve } \frac{X}{L_e} = 0,1 \text{ değerleri arasında interpolasyon yapılır.} \quad (3.27)$$

$$\frac{z}{L_e} < 0,1 \text{ olduğunda } \frac{z}{L_e} = 0,1 \text{ değeri kullanılır.} \quad (3.28)$$

$$\frac{X}{L_e} > 3,5 \text{ veya } \frac{z}{L_e} > 2,0 \text{ ise} \quad (3.29)$$

$$s = 0 \quad (3.30)$$

- Yamaç ve yarlarda, rüzgar esiş yönünün arkasında bulunan kısımlarda, aşağıda verilen aralıklar için ilgili denklemler kullanılarak s katsayısı hesaplanır. (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4)

$$0 \leq \frac{X}{L_d} \leq 2,0 \text{ ve } 0 \leq \frac{z}{L_e} \leq 2,0 \text{ için} \quad (3.31)$$

$$s = Ae^{\left(B \frac{X}{L_d} \right)} \quad (3.32)$$

Burada;

$$A = 0,1552 \left(\frac{z}{L_e} \right)^4 - 0,8575 \left(\frac{z}{L_e} \right)^3 + 1,8133 \left(\frac{z}{L_e} \right)^2 - 0,19115 \left(\frac{z}{L_e} \right) + 1,0124 \quad (3.33)$$

$$B = -0,3056 \left(\frac{z}{L_e} \right)^2 + 1,0212 \left(\frac{z}{L_e} \right) - 1,7637 \quad (3.34)$$

$$\frac{X}{Ld} > 2,0 \text{ veya } \frac{Z}{L_e} > 2,0 \text{ için} \quad (3.35)$$

$$s = 0 \quad (3.36)$$

3.8.5 Geniş ve dikkate alınmaya değer yükseklikteki komşu yapılar

Yapı, komşu yapıların ortalama yüksekliğinin en az iki katı yükseklikteki bir yapının yakınlarında yer alıyorsa, yapının özelliklerine bağlı olarak, bazı yönlerden yapıya etkiyen rüzgar hızı artabilir. Rüzgar hesabı yapılırken bu gibi durumlar dikkate alınmalıdır. Standartta tavsiye edilen güvenli tarafta kalan işlemi için komşu yapıların ortalama yüksekliklerinin (h_{ave}) iki katından daha fazla yüksekliğe sahip ise, birinci yaklaşım olarak, herhangi bir komşu yapının tasarımında zemin üzerinden z_n ($z_e=z_n$) yükseklikteki tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı esas alınabilir.

$$x \leq r \text{ ise } z_n = \frac{1}{2} \cdot r \quad (3.37)$$

$$r < x \leq 2r \text{ ise } z_n = \frac{1}{2} \cdot \left[r - \left(1 - \left(\frac{2h_{low}}{r} \right) \right) \right] \quad (3.38)$$

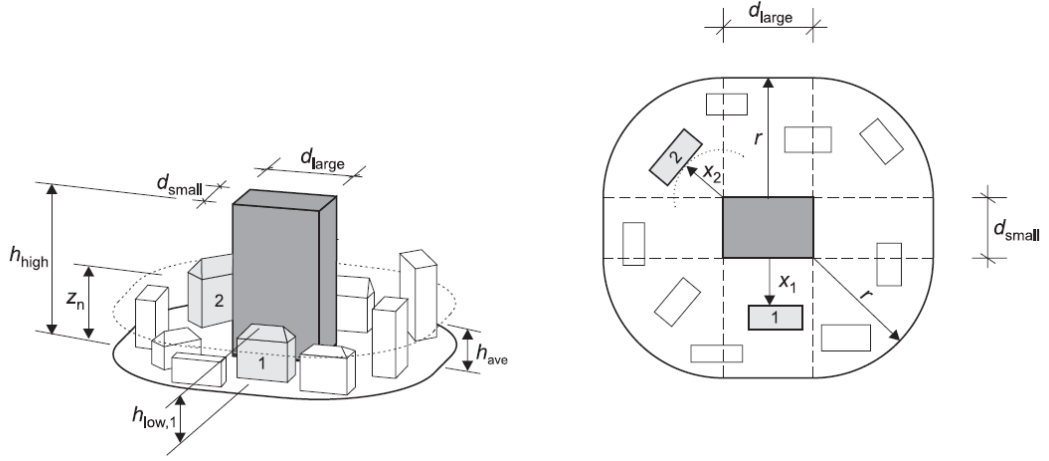
$$x \geq 2r \text{ ise } z_n = h_{low} \quad (3.39)$$

r değerleri ise aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$h_{high} \leq 2 \cdot d_{large} \text{ ise } r = h_{high} \quad (3.40)$$

$$h_{high} \geq 2 \cdot d_{large} \text{ ise } r = 2 \cdot d_{large} \quad (3.41)$$

Yukarıdaki denklemlerde; h_{low} yapı yüksekliğini, r yarıçapı, x mesafeyi, d_{small} ve d_{large} boyutları ifade etmektedir. Bu parametreler Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : İki farklı komşu yapıya yüksek bir yapının etkisi.

3.8.6 Rüzgar türbülansı

Rüzgar hızının türbülans bileşeninin ortalama değeri 0, standart sapması σ_v 'dir. Türbülansın standart sapması Denklem 3.42 ile hesaplanır.

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l \quad (3.42)$$

Burada arazi katsayısı k_r Denklem 3.5, temel rüzgar hızı v_b Denklem 3.1 ile hesaplanır. k_l ise türbülans katsayısıdır ve standartta tavsiye edilen değeri 1,0'dır.

z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $I_v(z)$, Denklem 3.43 ve Denklem 3.44 ile hesaplanır.

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (3.43)$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z \leq z_{\min} \quad (3.44)$$

Burada; k_l türbülans katsayısı, c_o orografi katsayısı ve z_0 engebelilik uzunluğudur.

3.8.7 Tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı

z metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren tepe rüzgar basıncı $q_p(z)$ Denklem 3.45 ile hesaplanır.

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (3.45)$$

Burada;

ρ : Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık, barometrik basınç ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğudur ve tavsiye edilen değer 1,25 kg/m³tür,

$c_e(z)$: Maruz kalma katsayısıdır ve Denklem 3.46 ile hesaplanır.

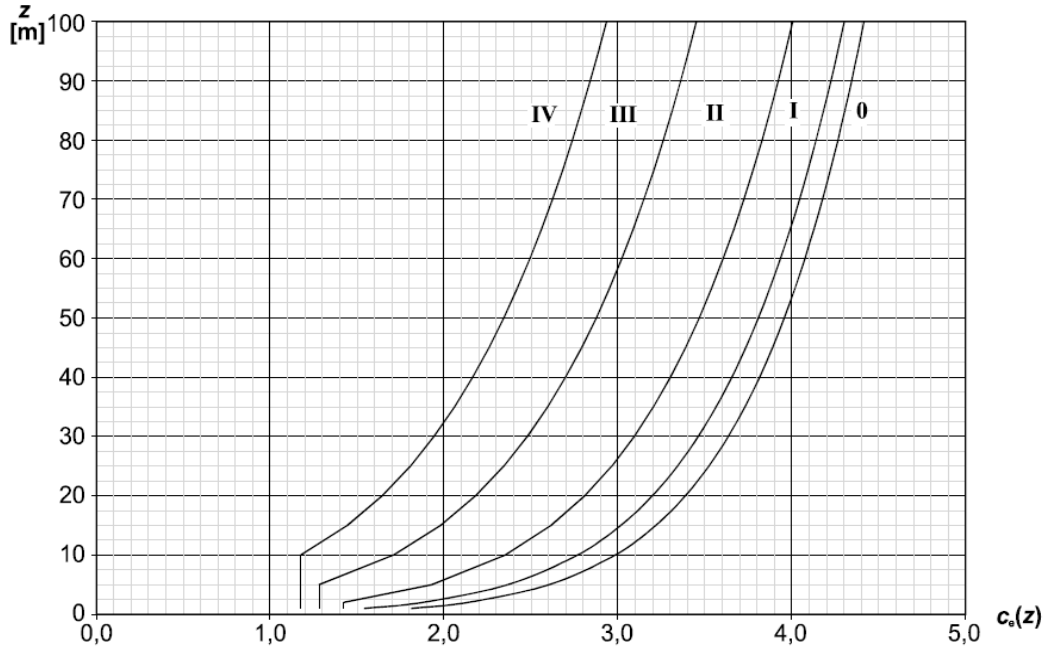
$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_p} \quad (3.46)$$

Burada;

q_p : Esas hız kaynaklı rüzgar basıncıdır ve Denklem 3.47 ile hesaplanır.

$$q_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (3.47)$$

$c_o(z) = 1$ olan düz araziler için maruz kalma katsayısı $c_e(z)$ Şekil 3.6'dan, yer seviyesinden yüksekliğe ve Şekil 3.6'da tanımlanan arazi kategorilerinin bir fonksiyonu olarak belirlenir.



Şekil 3.6 : Maruz Kalma katsayısı $c_e(z)$ 'nin $c_o=1,0$ ve $k_1=1,0$ için gösterimi.

3.8.8 Yüzeylerdeki rüzgar basıncı

Dış yüzeylerde etkiyen rüzgar basıncı w_e , Denklem 3.48 ile hesaplanır.

$$w_e = q_p(z).c_{pe} \quad (3.48)$$

Burada;

$q_p(z_e)$: Tepe rüzgar basıncı,

z_e : Dış basınç için referans yükseklik,

c_{pe} : Dış basınç için basınç katsayısı.

Bir yapının iç yüzeylerine etkiyen rüzgar basıncı w_i ise Denklem 3.49 ile hesaplanır.

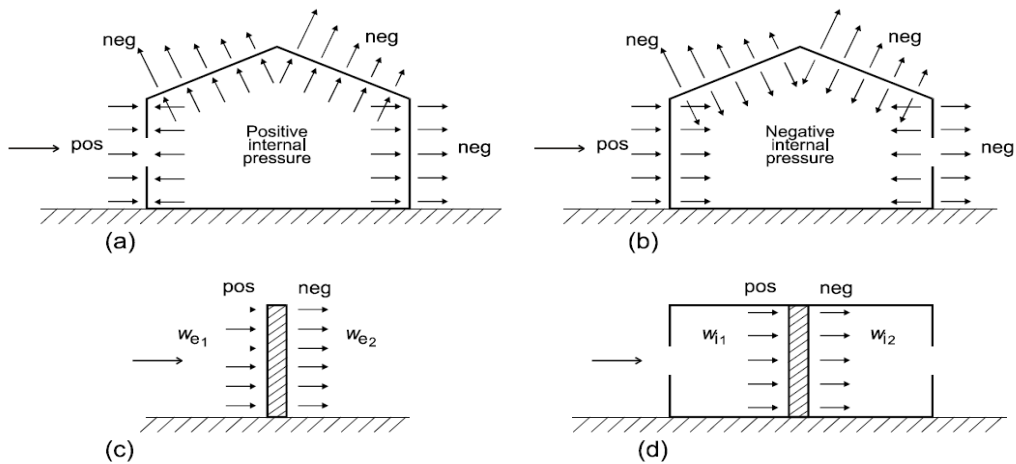
$$w_i = q_p(z_i).c_{pi} \quad (3.49)$$

$q_p(z_i)$: Tepe rüzgar basıncı,

z_i : İç basınç için referans yükseklik,

c_{pi} : İç basınç için basınç katsayısı.

Bir duvara, çatıya veya bir yapı elemanına etkiyen net rüzgar basıncı, elemanların iki yüzeyinde de oluşan basınçların yönleri de dikkate alınarak, hesaplanan farkına eşittir. Yüzeye doğru yönelen pozitif basınç ve yüzeyden uzaklaşan yöndeki basınçlar ise negatif olarak alınır. Negatif ve pozitif basıncın şematik gösterimi Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7 : Yüzeylerdeki rüzgar basıncı.

3.8.9 Rüzgar kuvvetleri

Yapının tümü veya herhangi bir yapısal bileşeni için rüzgar kuvvetleri, kuvvetlerin kuvvet katsayıları kullanarak hesaplanmasıyla veya kuvvetlerin yüzey basınçları yardımıyla hesaplanmasıyla belirlenir.

Bir yapıya veya yapının herhangi bir bileşenine etkiyen rüzgar kuvveti F_w doğrudan Denklem 3.50 ile hesaplanır.

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (3.50)$$

veya Denklem 3.51 kullanılarak her bir yapısal eleman için vektörel toplama yapılarak hesaplanabilir.

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{elemanlar} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (3.51)$$

Burada;

$c_s c_d$: Yapısal katsayı, yüksekliği 15 m'den az olan binalarda, doğal frekansı 5Hz'den yüksek olan cephe ve çatı elemanları için, taşıyıcı duvarları olan yüksekliği 100 m'den az ve bu yüksekliğin rüzgar doğrultusundaki yapı derinliğinin 4 katından daha az olduğu çerçeve sistemli binalarda, yüksekliği 60 m'den ve bu yüksekliği çapının 6,5 katından daha az olan dairesel kesitli bacalar için tavsiye edilen değer 1,0 'dır.

c_f : Yapı veya yapısal eleman için kuvvet katsayısı,

$q_p(z_e)$: z_e referans yüksekliğindeki tepe rüzgar basıncı,

A_{ref} : Yapının veya yapısal elemanın referans alanı.

Bir yapıya veya yapının bir bileşenine etkiyen rüzgar kuvveti F_w , Denklem 3.52 ve Denklem 3.53 kullanılarak, dış ve iç basınçlardan hesaplanan $F_{w,e}$, $F_{w,i}$ ve F_{fr} kuvvetleri ile Denklem 3.54 kullanılarak hesaplanan dış yüzeylere paralel rüzgar sürtünmelerinden kaynaklanan sürtünme kuvvetlerinin vektörel olarak toplanmasıyla belirlenebilir.

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{alanlar} w_e \cdot A_{ref} \quad (3.52)$$

Burada;

$c_s c_d$: Yapısal katsayıdır. Yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin hesaplanmasında türbülansa bağlı yapı titreşim tesirleriyle (c_d) beraber yüzeylerdeki en yüksek rüzgar basıncının (c_s) eşzamanlı meydana gelmemesi nedeniyle rüzgar etkileri üzerindeki tesirlerini hesaba katmaktadır.

w_e : z_e yüksekliğindeki her bir yüzeydeki dış basınç,

A_{ref} : Her bir yüzeyin referans alanıdır.

İç kuvvetler Denklem 3.53 kullanılarak hesaplanır.

$$F_{w,i} = \sum_{alanlar} w_i \cdot A_{ref} \quad (3.53)$$

Burada;

w_i : z_i yüksekliğindeki her bir yüzeydeki iç basınç,

A_{ref} : Her bir yüzeyin referans alanıdır.

Sürtünme kuvvetleri F_{fr} , rüzgarın dış yüzeylere paralel bileşenleri doğrultusunda etkir ve Denklem 3.54 ile hesaplanır,

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr} \quad (3.54)$$

Burada;

c_{fr} : Sürtünme katsayısı,

A_{fr} : Rüzgara paralel dış yüzeylerin alanıdır.

3.8.10 Yapısal katsayı, $c_s c_d$

Yapısal katsayı $c_s c_d$ 'nin hesaplanmasında, türbülansa bağlı yapı titreşim tesiriyle c_d beraber yüzeylerdeki en yüksek rüzgar basıncı c_s eş zamanlı olarak meydana gelmesiyle nedeniyle rüzgar etkileri üzerindeki tesirleri hesaba katılmalıdır.

Yapısal katsayı $c_s c_d$, boyut katsayısı c_s ve dinamik katsayı c_d olarak ikiye ayrılabilir. Buna göre $c_s c_d$ aşağıda verilenlere göre belirlenebilir;

- i. Yüksekliği 15 m'den az olan binalar $c_s c_d$ değeri 1,0 alınabilir,

- ii. Doğal frekansı 5 Hz'den yüksek olan cephe ve çatı elemanları için $c_s c_d$ değeri 1,0 alınabilir,
- iii. Taşıyıcı duvarları olan yüksekliği 100 m'den az olan ve bu yüksekliğin rüzgar doğrultusundaki yapı derinliğinin 4 katından daha az olduğu çerçeve sistemli binalar için $c_s c_d$ değeri 1,0 alınabilir,
- iv. Yukarıda verilen durumlara ek olarak aşağıda verilen Denklem 3.55 ile hesaplanabilir.

$$c_s c_d = \frac{1 + 2.k_p.I_v(z_s).\sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7.I_v(z_s)} \quad (3.55)$$

Burada;

z_s : Yapısal faktörü belirlemek için alınan referans yükseklik,

k_p : Yapı tepkisinin değişim gösteren bölümündeki en yüksek değer in standart sapmasına oranı olarak tanımlanan tepe katsayısı,

I_v : Türbülans şiddetini,

B^2 : Yapı yüzeylerindeki basıncın tam tam korelasyonunun eksikliğine izin veren katsayı,

R^2 : Türbülansın titreşim moduyla rezonansına izin veren tepki katsayısıdır.

Boyut katsayısı C_s ile yüzey üzerindeki tepe rüzgar basıncının eş zamanlı meydana gelmemesine bağlı olarak rüzgar etkilerindeki azalma tesirleri hesaba katılır ve bu katsayı, aşağıda verilen Denklem 3.56 ile hesaplanır.

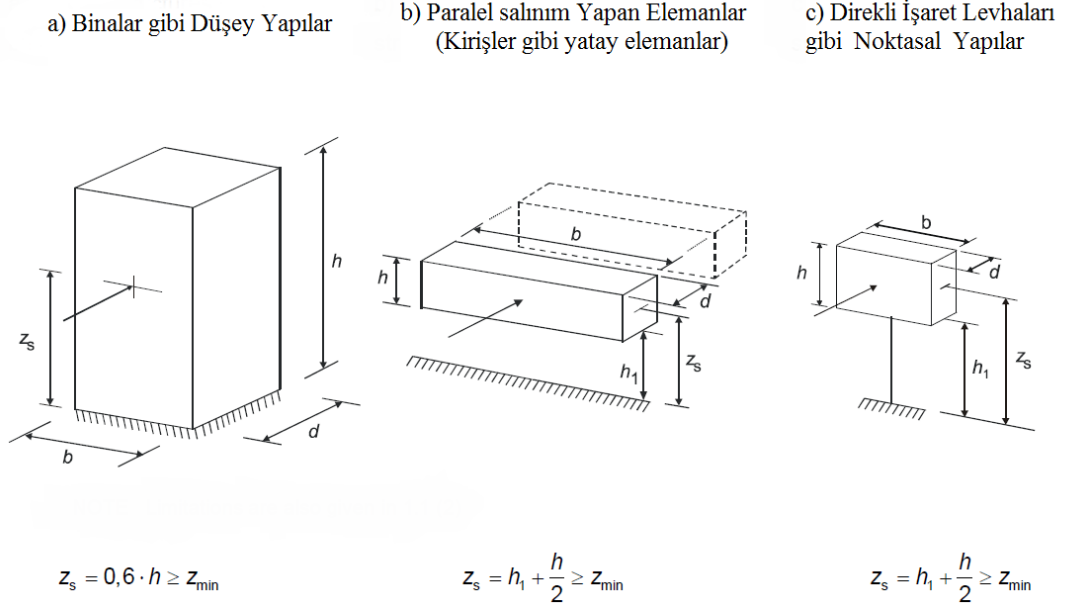
$$c_s = \frac{1 + 2.k_p.I_v(z_s).\sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7.I_v(z_s)} \quad (3.56)$$

Dinamik katsayı c_d ile, yapıyla rezonansa giren türbülansın neden olduğu titreşimlerin arttırıcı etkilerini hesaplama katmak için kullanılır ve Denklem 3.57 ile hesaplanır.

$$c_d = \frac{1 + 2.k_p.I_v(z_s).\sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7.I_v(z_s).\sqrt{B^2}} \quad (3.57)$$

Denklem 3.57 sadece aşağıda verilen şartlar sağlandığı zaman kullanılmalıdır;

- Yapının Şekil 3.8 gösterilen genel biçimlerinden birine uygun olması,
- Sadece temel modda ki rüzgar doğrultusundaki titreşimin baskın olması ve mod şeklinin sabit işaretli olması.



Şekil 3.8 : Tasarım aşaması kapsamında yer alan genel yapı şekilleri.

3.8.11 Basınç katsayıları

Dış basınç katsayıları binanın dış yüzeylerine etki eden rüzgar etkilerini, iç basınç katsayıları ise binanın iç yüzeylerine etki eden rüzgar tesirini hesaplarırken kullanılır.

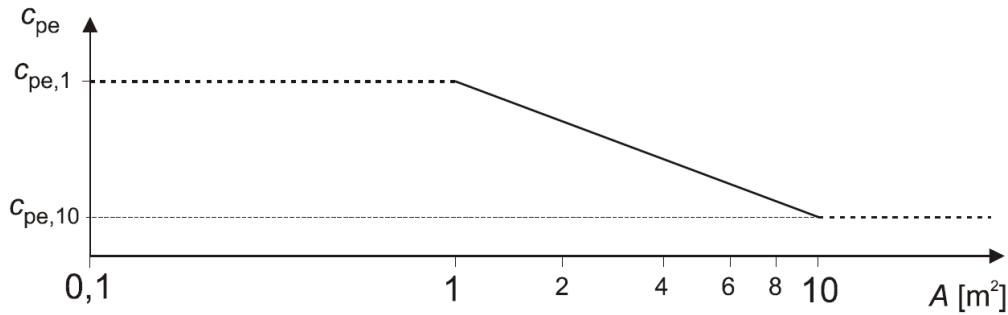
Dış basınç katsayıları genel katsayılar ve kısmi katsayılar olarak ikiye ayrılır. Kısmi katsayılar yüke maruz alanın 1 m² veya daha fazla olan durumlara ait basınç katsayısıdır.

Net basınç katsayıları bir yapının, yapısal elemanına veya bileşenin birim yüzey alanına etki eden bileşke rüzgar tesirini verir.

Binalar ve bina bölümleri için dış basınç katsayıları c_{pe} , hesaplama yapılacak kesitteki rüzgar etkisini oluşturan yüklenmiş yapı alanı A'nın boyutuna bağlıdır. Dış basınç katsayıları, uygun bina şekilleri için çizelgelerde, değeri 1m² olan yüklenmiş alan A için kısmi katsayı $c_{pe,1}$ olarak, değeri 10 m² olan yüklenmiş alan A için ise genel katsayı $c_{pe,10}$ olarak verilmiştir.

$c_{pe,1}$ değerleri cephe ve çatı kaplama elemanları gibi alanı 1 m^2 veya daha az küçük elemanlar ve sabitleme elemanlarının tasarımında kullanılmak üzere dikkate alınmaktadır. $c_{pe,10}$ değerleri binanın yük taşıyıcı kısmının tamamının tasarımında kullanılmaktadır.

Dış basınç katsayıları $c_{pe,1}$ ve $c_{pe,10}$ esas alınarak 1 m^2 'nin üzerindeki yüklenmiş alanlara etkiyen dış basınç katsayılarını hesaplamak için kullanılabilecek bir yöntem verilmektedir. Değeri en fazla 10 m^2 'ye kadar olan yüklenmiş alanlar için tavsiye edilen işlem Şekil 3.9'da verilmiştir.

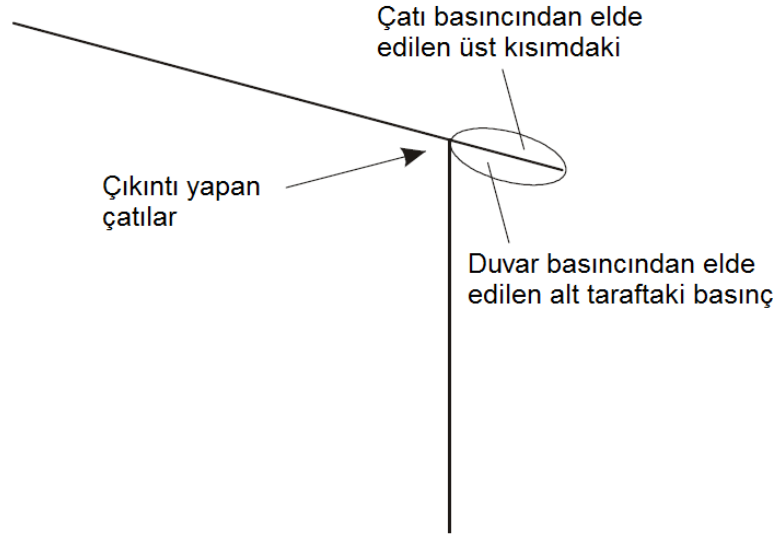


Şekil 3.9 : Değeri 1 m^2 ile 10 m^2 arasında yüklenmiş alanı bulunan binalarda dış basınç katsayısı, c_{pe} 'nin belirlenmesi için tavsiye edilen yöntem.

Bu şekil Denklem 3.58 ile verilen kabule dayanmaktadır,

$$1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2 \quad c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A \quad (3.58)$$

Çıkıntı yapan çatılar için çatı konsolunun alt kenarındaki basınç, doğrudan çıkıntı yapan çatıya bağlanan düşey duvarların dikkate alınan bölgesindeki basıncına eşittir. Çatı konsolunun üst kısmındaki basınç ise çatının tamamı dikkate alınarak tanımlanan basınca eşittir. Şekil 3.10'da çıkıntı yapan çatılarda için basınç gösterimi verilmiştir.

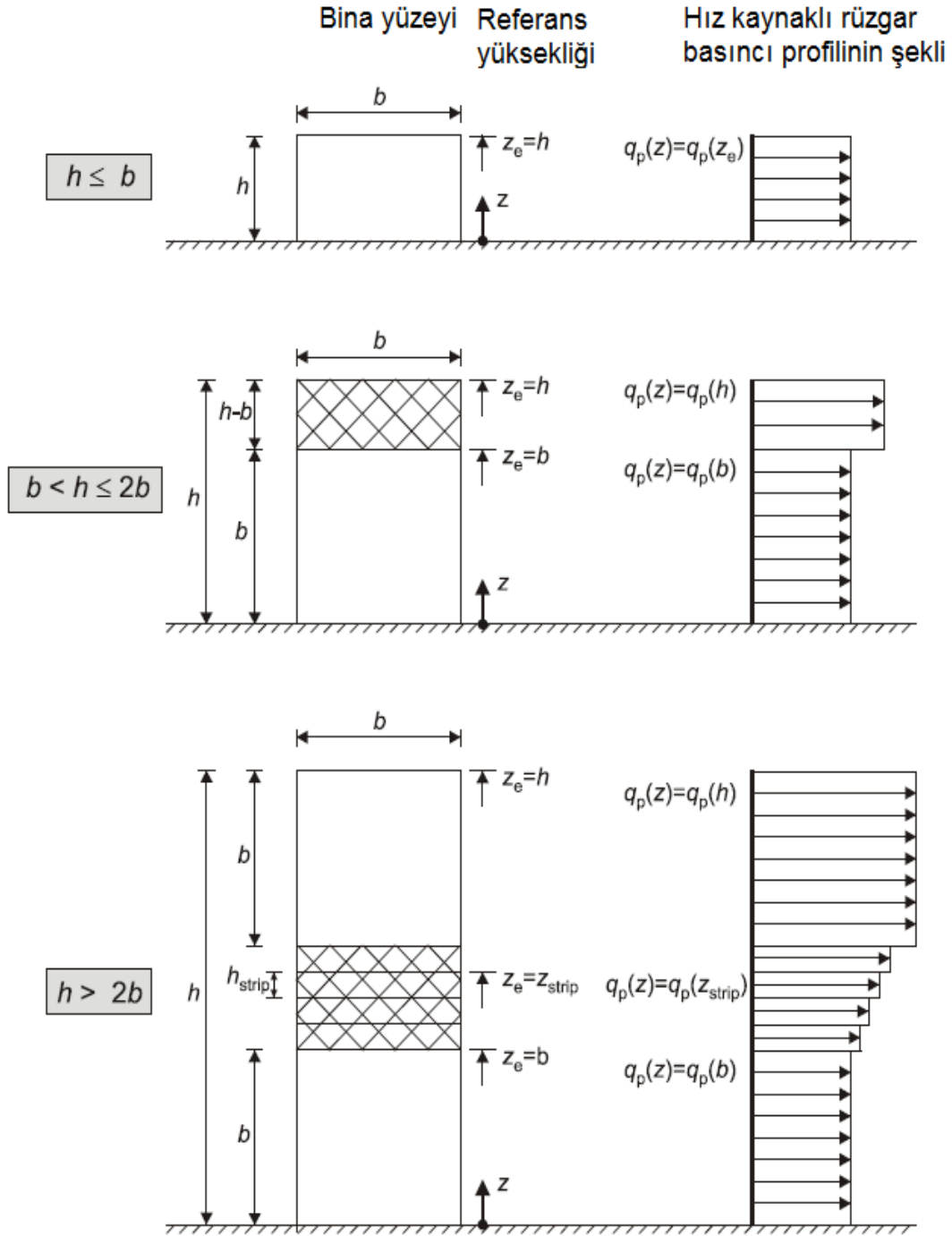


Şekil 3.10 : Çıkıntı yapan çatılar için ilgili basınçların gösterimi.

Dikdörtgen planlı binalar için dış basınç katsayıları aşağı verilen kriterlere göre belirlenir.

Dikdörtgen planlı binaların rüzgarın yaklaştığı yöndeki duvarları için (D Bölgesi, Şekil 3.11) z_e referans yükseklikleri, h/b görünüm oranına bağlıdır ve her zaman duvarların değişik kısımlarındaki en büyük yüksekliklere eşittir. Bu yükseklikler aşağıda verilen 3 durum için Şekil 3.11'de verilmiştir;

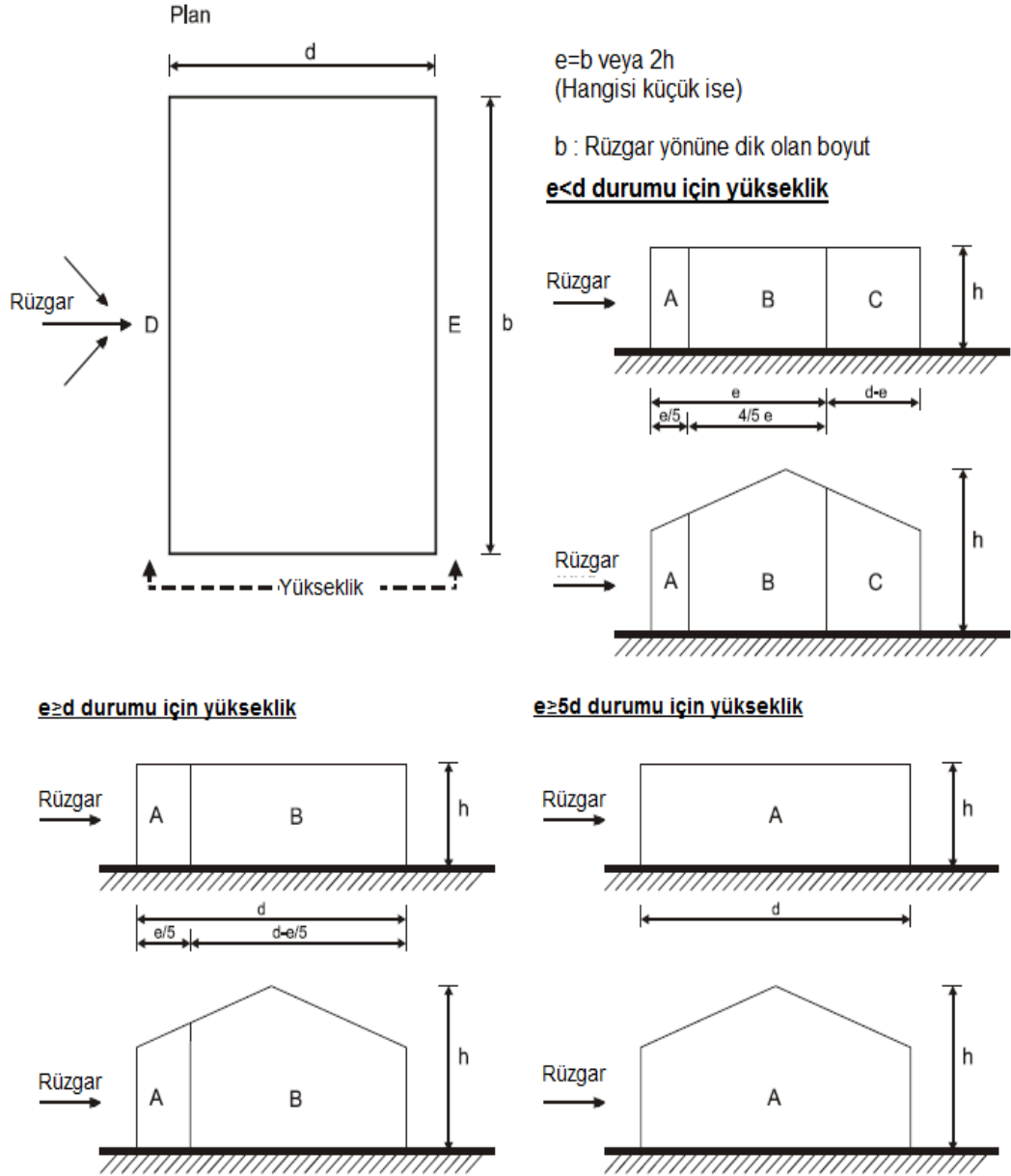
- h yüksekliği b 'den daha az olan binalar tek parça olarak değerlendirilmektedir.
- h yüksekliği b 'den büyük ancak $2b$ 'den daha az olan binalar için, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar alt bölümü bir parça ve geri kalan üst bölümü diğer parça olan iki parçalı bina olarak değerlendirilmektedir.
- h yüksekliği $2b$ 'den fazla olan binalar için, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar olan alt bölümü; binanın en üst noktasından aşağıya doğru b yüksekliğine kadar uzanan üst bölümü ve üst ve alt bölümlerinin arasında Şekil 3.11'de gösterildiği gibi h_{strip} yüksekliğinde yatay şeritlere bölünebilen orta bölümü içeren çok parçalı bina olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3.11 : h ve b değerlerine bağlı z_e referans yüksekliği ve buna karşılık gelen hız kaynaklı rüzgar basıncı profili.

Dikkate alınan her yatay şerit için hız kaynaklı rüzgar basıncının düzgün yayılı olarak etki ettiği kabul edilmektedir.

A,B,C,D ve E bölgeleri için dış basınç katsayıları $c_{pe,10}$ ve $c_{pe,1}$ Şekil 3.12'de gösterilmiştir..



Şekil 3.12 : Düşey duvarlar için açıklamalar.

$c_{pe,10}$ ve $c_{pe,1}$ değerleri için tavsiye edilen değerler h/d oranına bağlı olarak Çizelge 3.3'te verilmiştir. h/d oranının ara değerleri için doğrusal interpolasyon uygulanabilir. Çift eğimli ve tek eğimli gibi yatay olmayan çatısı bulunan binaların duvarları için Çizelge 3.3'te verilen değerler kullanılmaktadır.

Çizelge 3.3 : Dikdörtgen planlı binların düşey duvarları için tavsiye edilen dış basınç katsayısı değerleri.

Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5,0	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	

Yapı üzerindeki rüzgar kuvvetlerinin, yapının rüzgarın yaklaştığı yönündeki ve rüzgarın uzaklaştığı yöndeki yüzlerine (D ve E bölgeleri) c_{pe} basınç katsayıları eşzamanlı uygulanarak belirlendiği durumlarda yapının rüzgar yönündeki rüzgarın uzaklaştığı yöndeki yüzleri arasındaki rüzgar basınçları korelasyonunun eksikliği dikkate alınması önerilmektedir.

Yapının rüzgarın yaklaştığı yöndeki ve uzaklaştığı yöndeki yüzleri arasındaki düşük rüzgar basıncı korelasyonu aşağıdaki şekilde dikkate alınması önerilmektedir. $h/d \geq 5$ olan binalar için bileşke kuvvet 1 ile çarpılır. $h/d \leq 1$ olan binalar için bileşke kuvvet 0,85 ile çarpılır. h/d 'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon uygulanmaktadır.

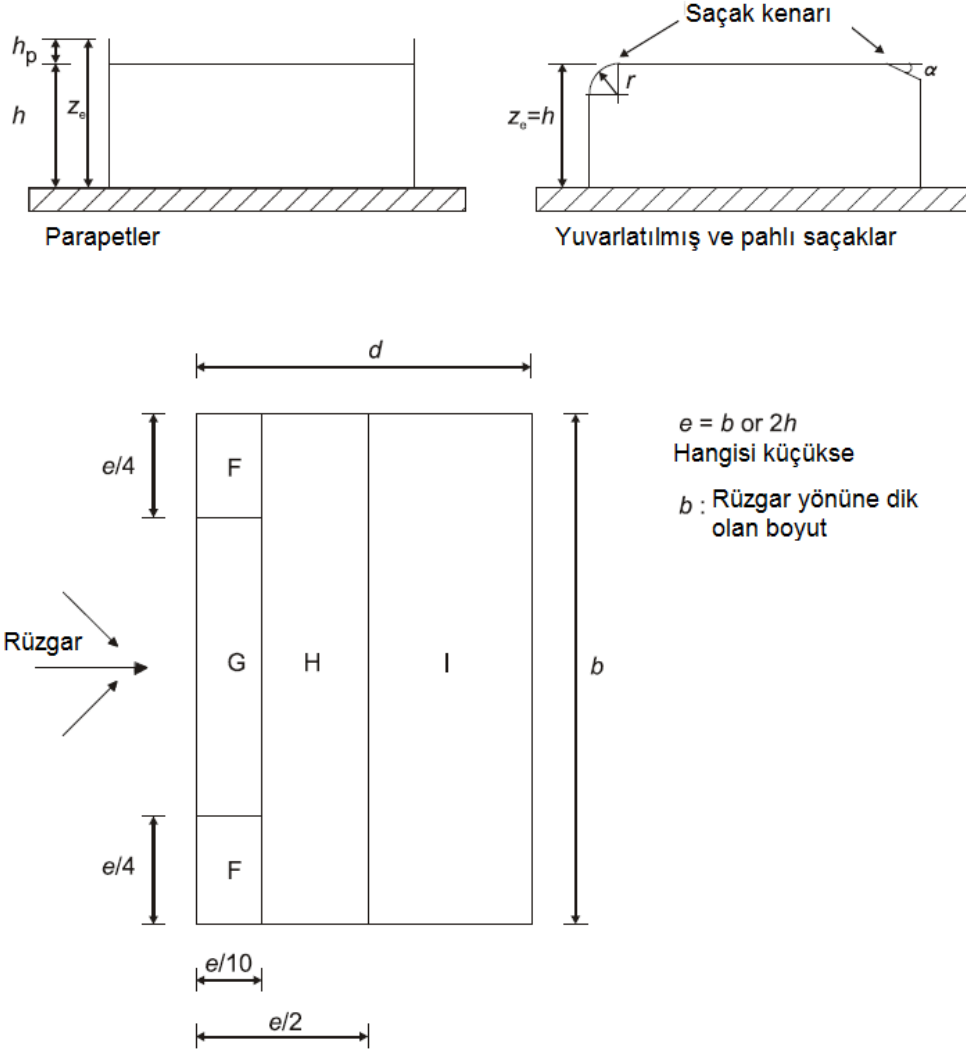
3.8.12 Düz çatılar için dış basınç katsayıları

Eğimi (α), $-5^0 < \alpha < 5^0$ olan çatılar düz çatı olarak tanımlanır.

Düz çatılar ve saçak kenarları yuvarlatılmış veya pahlı çatılar için referans yükseklik h olarak alınır.

Parapetli düz çatılar için referans yüksekli $h+h_p$ olarak alınır.

Düz çatılar, Şekil 3.13'de gösterildiği gibi bölgelere ayrılmaktadır.



Şekil 3.13 : Düz çatılar için açıklamalar.

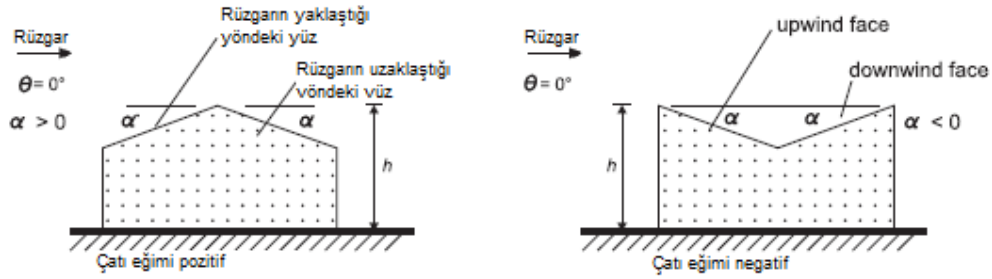
Her çatı tipi için basınç katsayıları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Düz çatılar için dış basınç katsayıları.

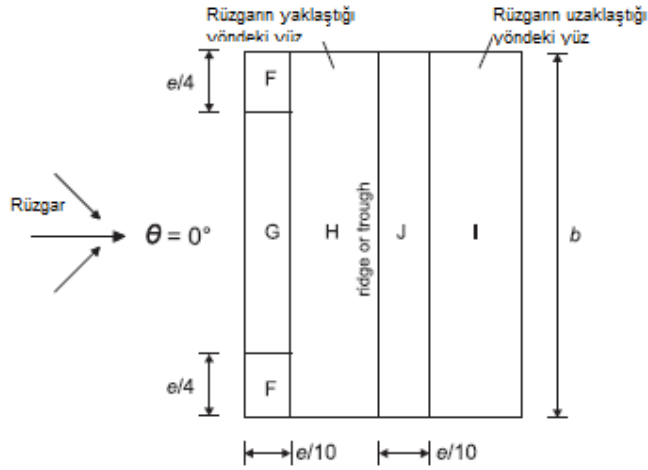
Bölge								
Çatı Tipi	F		G		H		I	
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
Keskin kenarlı saçaklar	-1,8	-2,5	-1,2	-2	-0,7	-1,2	0,2	
							-0,2	
Parapetli	h _p /h=0,025	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	0,2
								-0,2
	h _p /h=0,05	-1,4	-2	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	0,2
								-0,2
	h _p /h=0,10	1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	0,2
								-0,2
Kenarları yuvarlatılmış saçaklı	r/h=0,05	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		0,2
								-0,2
	r/h=0,1	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		0,2
								-0,2
	r/h=0,20	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		0,2
								-0,2
Kenarları pahlı saçaklı	α=30°	-1,0	-1,5	-1	-1,5	-0,3		0,2
								-0,2
	α=45°	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		0,2
								-0,2
	α=60°	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		0,2
								-0,2

3.8.13 Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları

Çift eğimli çatılar, Şekil 3.13'te gösterildiği gibi bölgelere ayrılmalıdır. z_e referans yüksekliği, h yüksekliğine eşit alınmaktadır. Her bölge için kullanılması gereken basınç katsayıları Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da verilmiştir.



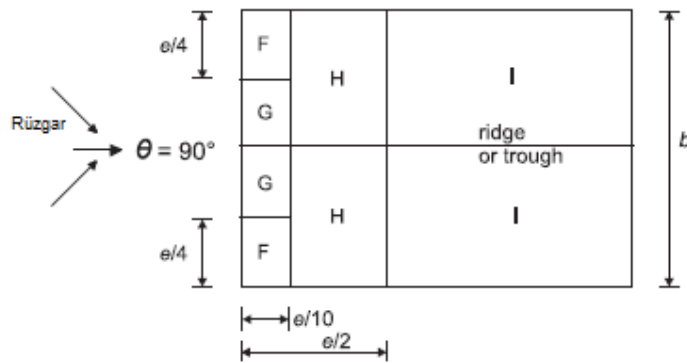
(a) Genel



(b) Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$

$e = b$ or $2h$
Hangisi küçükse

b : Rüzgar yönüne dik olan boyut



(c) Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$

Şekil 3.14 : Çift eğimli çatılar için açıklamalar.

Çizelge 3.5 : Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları ($\theta=0^0$).

Rüzgar yönü $\theta=0^0$ için bölgeler										
Eğim açısı	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45^0	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30^0	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15^0	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5^0	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	0,2		0,2	
							-0,6		-0,6	
5^0	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2			0,2	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6		-0,6	
15^0	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,0		0,0	0,0
30^0	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4		0,0		0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		-0,2		-0,3	
45^0	0,7		0,7		0,6		0,0		0,0	
60^0	0,7		0,7		0,7		-0,2		-0,3	
75^0	0,8		0,8		0,8		-0,2		-0,3	

Not 1 - Basınç $\theta=0^0$ için eğim açısının $\alpha=+5^0$ ile $+45^0$ arasındaki değerlerinde pozitif ve negatif değerler arasında hızlı bir şekilde değişir. Bu nedenle pozitif ve negatif değerlerin her ikisi de verilmiştir. Bu çatılar için F,G ve H alanlarındaki en büyük veya en küçük değerlerin I ve J alanlarındaki en büyük veya en küçük değerlerle

birlikte kullanıldığı dört durum dikkate alınmalıdır. Aynı yüzde pozitif ve negatif değerlerin bir arada kullanılmasına izin verilmez.

Not 2 - Eğim açısının ara değerleri için aynı işaretli değerler arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir ($\alpha=+5^0$ ile -5^0 arasında interpolasyon yapılmaz.) 0,0 değerleri interpolasyon amaçlı verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Çift eğimli çatılar için dış basınç katsayıları ($\theta=90^0$).

Eğim	F		G		H		I	
Açısı	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,8	-1,2
5	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	1,2	-0,6	-0,6
15	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5
30	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-0,5
45	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-0,5
60	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	0,8	-1,0	-0,5	-0,5
75	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-0,5

3.8.14 İç Basınç Katsayısı

İç basınçlar yapıya aynı anda etkiyecek şekilde dikkate alınmalıdır. Yapıda oluşması muhtemel açıklıklar ile rüzgar akımının sızdığı diğer hatların her bir kombinasyonu için en olumsuz durumu oluşturan iç ve dış basınç kombinasyonları dikkate alınması önerilir.

İç basınç katsayısı c_{pi} , bina cephesinde ki açıklıkların boyutuna ve dağılımına bağlıdır. Binanın bir tarafındaki toplam boşuk alanının (cephe ve çatı) o bölümün toplam alanının %30'undan fazla olması durumu bir binanın en az iki tarafında

görüldüğünde, yapıya tesir eden rüzgar etkileri bu kısımda belirtilen kurallara göre hesaplanmamaktadır.

Bir binada ki açıklıklar; pencereler, havalandırma boşlukları, bacalar vb. ile beraber kapılar, pencereler, tesisat civarındaki ve binanın cephesi etrafındaki hava sızıntılarının olduğu geçirgen alan gibi küçük açıklıkları kapsar. Geçirgen alanın tipik değer yüzey alanının %0,01'ile %0,1'i arasındadır.

Tasarımda taşıma gücü sınır durumunda kapalı kabul edildikleri halde kuvvetli fırtınalar sırasında kapı ve pencere gibi dış açıklıkların açık olması durumunun yapının davranışı üzerinde baskın olabileceği kapı ve pencerelerin açık olması durumu bir kazai tasarım durumu olarak dikkate alınmaktadır.

Binanın cephesindeki açıklıklar nedeniyle bütün dış rüzgar etkilerini taşımak zorunda kalan yüksek iç duvarlar (tehlike riski yüksek olan) için kazai tasarım durumunun kontrol edilmesi önemlidir.

Dikkate alınan bir binanın bir yüzündeki açıklıkların toplam alanının geri kalan yüzlerdeki toplam açıklık ve sızıntı alanlarının en az iki katı olduğu durumlarda bu yüz, baskın yüz olarak dikkate alınmalıdır. Bu durum, aynı zamanda binadaki münferit iç hacimlere de uygulanmaktadır.

Baskın yüzdeki açıklıkların toplam alanı, geriye kalan yüzlerdeki açıklıkların toplamının iki katı olduğu durumlarda iç basınç katsayısı Denklem 3.59 ile hesaplanmaktadır.

$$c_{pi} = 0,75.c_{pe} \quad (3.59)$$

Baskın yüzdeki açıklıkların toplam alanı, geriye kalan yüzlerdeki açıklıkların toplamının en az üç katı olduğu durumlarda basınç katsayısı Denklem 3.60 ile hesaplanmaktadır.

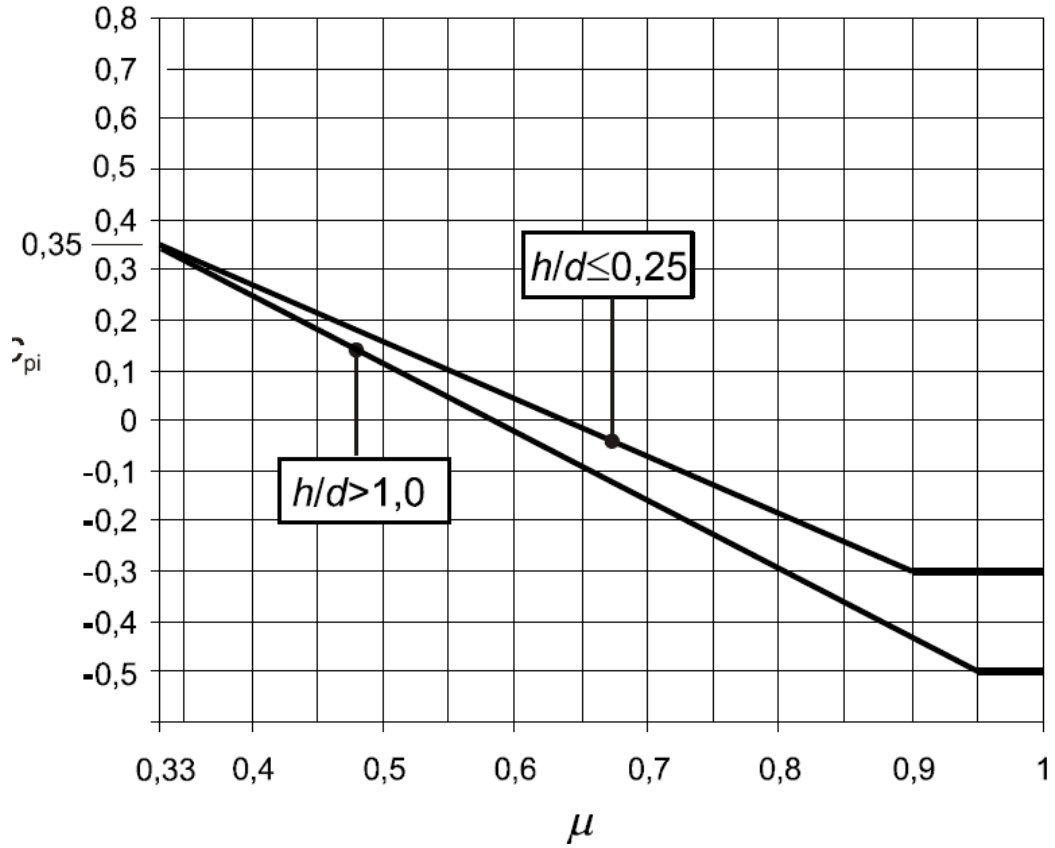
$$c_{pi} = 0,90.c_{pe} \quad (3.60)$$

Burada;

c_{pe} : Baskın yüzde bulunan açıklarda ki dış basınç katsayısı değeridir. Bu açıklıkların değişik dış basınç katsayılarına sahip bölgelerde bulunduğu durumlarda alanlara göre belirlenen ortalama bir c_{pe} değeri kullanılmaktadır.

Baskın yüzdeki açıklık alanları toplamının geri kalan yüzlerdeki açıklık alanları toplamının iki ile üç katı arasında olduğu durumlarda c_{pi} 'yi hesaplamak için doğrusal interpolasyon yapılmaktadır.

Baskın bir yüzü olmayan binalar için iç basınç katsayısı c_{pi} Şekil 3.15 kullanılarak belirlenir. Bu şekilde belirlenen iç basınç katsayısı, bina yüksekliğinin derinliğine oranı (h/d) ile Denklem 3.61 kullanılarak belirlenmesi gereken her bir rüzgar doğrultusu θ için dikkate alınan açıklık oranı μ 'nün bir fonksiyonudur.



Şekil 3.15 : Düzgün dağılım gösteren açıklıklar için iç basınç katsayıları.

h/d oranı 0,25 ile 1 arasında doğrusal interpolasyon yapılabilir.

$$\mu = \frac{\sum c_{pe} \text{ değerinin negatif veya } 0,0 \text{ olduğu açıklık alanı}}{\sum \text{a açıklık alanı}} \quad (3.61)$$

Denklem 3.61, bölme duvarları olan ve olmayan binaların cephe ve çatıları için geçerlidir.

Özel bir durum için μ değeri doğrulanmamış kabul edildiğinde veya bu değerin tahmin edilmesi mümkün olmadığında c_{pi} değeri +0,2 ve -0,3 değerlerinden en gayri müsait durumu oluşturanı olarak alınmaktadır.

Yüzeylerinde açıklıklar nedeniyle iç basınç oluşumuna katkıda bulunan yapı yüzeylerinde, iç basınçlar için referans yükseklik z_i , dış basınçlar için referans yükseklik z_e 'ye eşit olmalıdır. Çok sayıda açıklık varsa z_i 'yi belirlemek için z_e 'nin en büyük değeri kullanılmaktadır.

Açık silo ve bacalar için iç basınç katsayısı Denklem 3.62'de verilmiştir.

$$c_{pi} = -0,60 \quad (3.62)$$

Küçük açıklıkları bulunan havalandırılmalı tanklar için iç basınç katsayıları Denklem 3.63'te verilmiştir.

$$c_{pi} = -0,40 \quad (3.63)$$

z_i referans yüksekliği, yapı yüksekliğine eşittir.

3.8.15 Bağlantısız duvarlar ve parapetler

Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait $c_{p,net}$ bileşke basınç katsayıları Şekil 3.16'da gösterildiği gibi A,B,C ve D bölgeleri için belirlenmektedir.

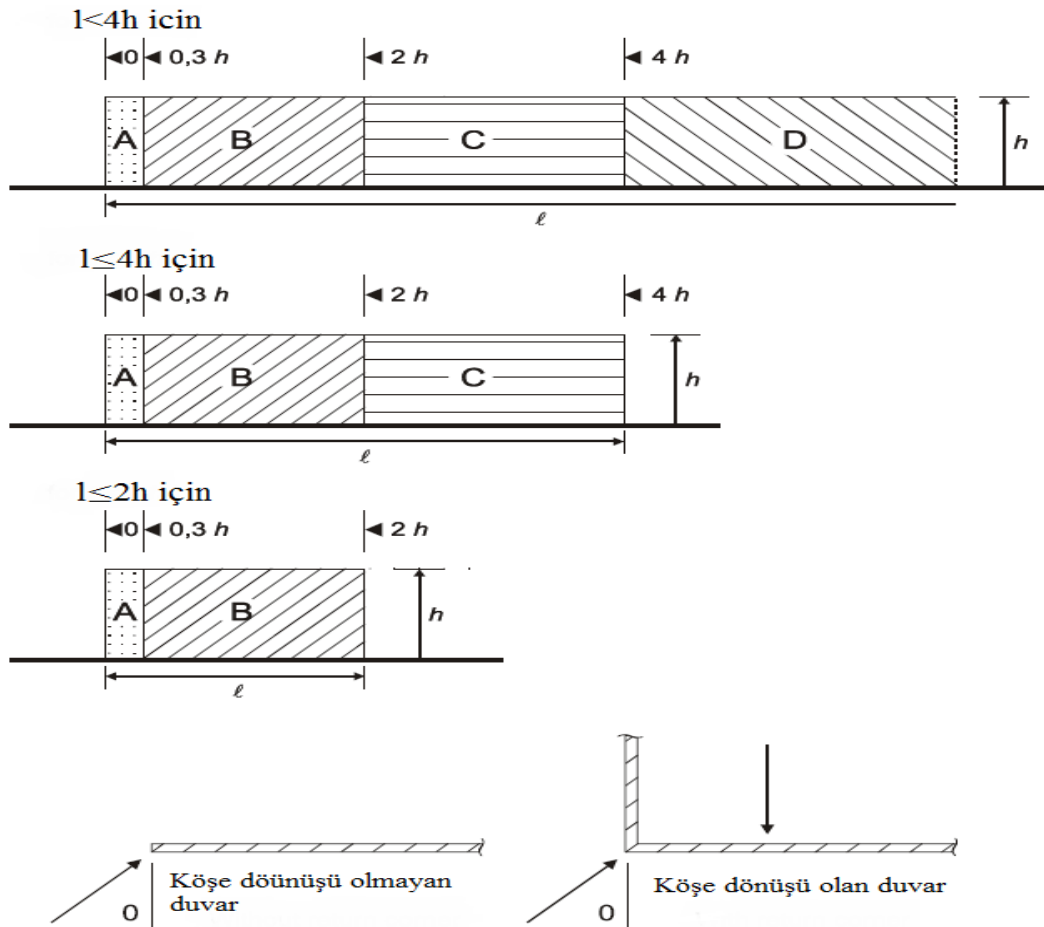
İki farklı doluluk oranı için tavsiye edilen değerler Çizelge 3.7'de verilmiştir. Tavsiye edilen bu değerler köşe dönüşü olmayan duvarlarda eğik rüzgar yönüne, köşe dönüşü olan duvarlarda ise Şekil 3.16'da belirtilen iki ters yöne ait değerlere karşılık gelir. Her iki durumda da referans alan brüt alandır. Doluluk oranının 0,8 ile 1 arasındaki değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

Değeri 0,0 ile h arasında değişen dönüşlü kenar uzunlukları için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

Bağlantısız duvarlar için Referans yüksekli $z_e=h$ olarak alınmaktadır. Binalardaki parapetler için ise $z_e=(h+h_p)$ olarak alınmaktadır (Şekil 3.16).

Çizelge 3.7 : Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait tavsiye edilen $c_{p,net}$ basınç katsayıları.

Doluluk	Bölge	A	B	C	D
$\varphi = 1$	Köşe	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2
	Dönüşü	$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4
	Olmayan	$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7
	Köşeler				
	Köşe	Dönüşü	2,1	1,8	1,4
$\varphi = 0,8$	Uzunluğu $\geq h_a$				
	Olan Duvarlar				
		1,2	1,2	1,2	1,2



Şekil 3.16 : Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait bölgeler için açıklamalar.

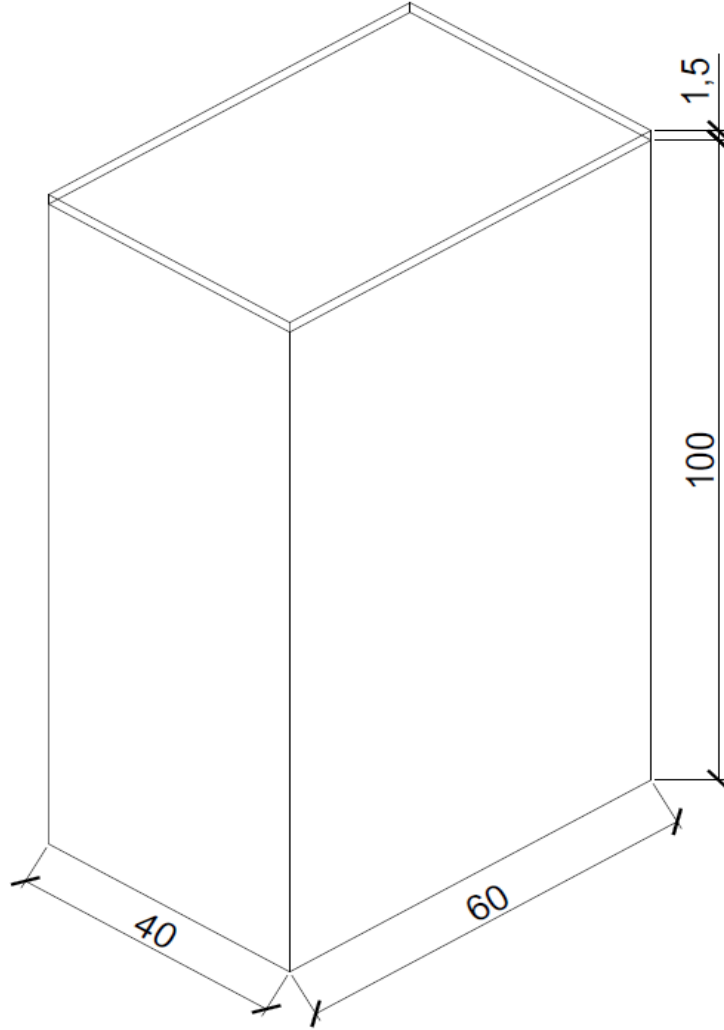
4. ÖRNEKLER VE KARŞILAŞTIRMA

4.1 Örnek 1

Bu örnekte, yapı özellikleri kısmında özellikleri verilen yüksek katlı bina için rüzgar yükleri ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre hesaplanacaktır.

4.1.1 Yapı özellikleri

Yapı özellikleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Yapı boyutları.

4.1.2 ASCE 7-10'a göre çözüm

Binanın bulunduğu bölge, banliyö bölgesi kabul edilmiş ve bina yüksekliğinin 20 katı mesafede (2 km) bina özelliklerinin değişmediği varsayılmıştır. Buna göre yapının maruz kalma kategorisi B seçilmiştir. Temel rüzgar hızı Çizelge 2.1'den üç saniye periyotlarla ölçüm için 45m/s olarak belirlenmiştir.

4.1.2.1 Rüzgar hız basıncı

Bina yüksekliği $z=100$ m'deki rüzgar hız basıncı Denklem 4.1 ile hesaplanır.

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \quad (\text{N/m}^2) \quad (4.1)$$

Burada, K_d rüzgar doğrultu katsayısı MWFRS için 0,85 alınır, V temel rüzgar hızı Çizelge 2.1'den üç saniye periyotlarla ölçüm için 45m/s, K_{zt} topoğrafik faktör ise genel topoğrafide ani değişiklikler olmamasından dolayı 1 alınır. Bu değerler Denklem 4.1'de yerine konulursa, Denklem 4.2 elde edilir.

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 45^2 = 1055,13 K_z \quad (\text{N/m}^2) \quad (4.2)$$

Denklem 4.2 ile K_z rüzgar basıncı maruz kalma katsayısına bağlı hız basıncı değeri elde edilir. Çizelge 2.4'ten ilgili yükseklikler ve B sınıfı maruz kalma kategorisi için alınan K_z katsayısına göre Çizelge 4.1'de verilen rüzgar basıncı değerleri elde edilir.

Çizelge 4.1 : Hız basınçları, q_z (N/m²).

Yükseklik	K _z (B Kategorisi)	q _z (N/m ²)
0-4,6	0,57	601,42
6,1	0,62	654,18
7,6	0,66	696,39
9,1	0,7	738,59
12,2	0,76	801,90
15,2	0,81	854,66
18	0,85	896,86
21,3	0,89	939,07
24,4	0,93	981,27
27,4	0,96	1012,92
30,5	0,99	1044,58
36,6	1,04	1097,34
42,7	1,09	1150,09
48,8	1,13	1192,30
54,9	1,17	1234,50
61	1,2	1266,16
76,2	1,28	1350,57
91,4	1,35	1424,43
100	1,38	1456,08
101,5	1,39	1466,63

4.1.2.2 Fırtına etki faktörü

Bu bölümde rüzgar basıncının hesabında kullanılacak fırtına etki faktörü hesaplanacaktır. Yönetmeliğe göre bu değer 0,85 alınabilir veya aşağıda verilen Denklem 4.3 ile hesaplanabilir.

$$G = 0,925 \left(\frac{1+1,7g_Q I_z Q}{1+1,7g_v I_z} \right) \quad (4.3)$$

$$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6} \quad (4.4)$$

Burada; $\bar{z}$ yapının eş değer yüksekliği 60 m, g_Q ve g_v için tavsiye edilen değer 3,4 , türbülans yoğunluğu faktörü ise Çizelge 2.6'dan B için alınır.

$$I_z = 0,3 \left(\frac{10}{60,9} \right)^{1/6} = 0,22 \quad (4.5)$$

Türbülans uzunluğu Denklem 4.6 ile hesaplanır.

$$L_z = l \left(\frac{z}{10} \right)^{\frac{1}{3}} = 97.54 \left(\frac{60}{10} \right)^{1/3} = 177.24 \text{ m} \quad (4.6)$$

Arka plan tepkisi Q, rüzgarın bina plan ölçülerinin kısa kenarına dik olarak geldiği durum için Denklem 4.7 ile hesaplanır. Buradaki B rüzgarın dik geldiği duvar ölçüsüdür.

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{B+h}{L_z} \right)^{0.63}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{40+101.5}{177.24} \right)^{0.63}}} = 0.80 \quad (4.7)$$

Hesaplanan bu değerler Denklem 4.3'te yerine konulursa, fırtına etki faktörü hesaplanmış olur.

$$G = 0.925 \left(\frac{1+1.7.3.4.0.22.0.80}{1+1.7.3.4.0.22} \right) = 0.89 \quad (4.8)$$

4.1.2.3 Basınç ve kuvvet katsayıları

Yapı sınıfları için iç basınç katsayıları Çizelge 2.5'te verilmiştir. Bu örnekte kapalı yapılar için verilen değer olan ± 0.18 kullanılacaktır.

Her bir duvar tipi için kullanılacak olan dış basınç katsayıları, Çizelge 2.7 esas alınarak, Çizelge 4.2'de verilmiştir. Rüzgar arkası duvar için rüzgarın estiği yöne göre iki farklı değer elde edilir. Bu değerler L/B oranına bağlıdır. Burada B rüzgarın estiği doğrultuya dik bina yüzeyi, L ise estiği doğrultuya paralel yüzeyi ifade eder.

Çizelge 4.2 : Duvarlar için dış basınç katsayıları, C_p .

Yüzey	Rüzgar Doğrultusu	L/B	C_p
Rüzgara Dik Duvar	Hepsi	Hepsi	0.8
Rüzgar Arkası Duvar	Rüzgar 40m'lik Duvara Dik	1.5	-0,4
	Rüzgar 60m'lik Duvara Dik	0.67	-0,5
	Cephe Duvarları	Hepsi	-0,7

Çatı basınç katsayıları için Çizelge 2.9 esas alınarak Çizelge 4.3 hazırlanmıştır. Bu çizelgede verilen h/L değeri rüzgar doğrultusunun her iki duvara dik olması durumu içinde incelenmiştir. Buna göre rüzgar doğrultusu 40 mt'lik duvara dik ise $h/L=100/60=1.67$, 60mt'lik duvara dik ise $h/L=100/40=2.5$ olarak hesaplanır.

Çizelge 4.3 : Çatı basınç katsayıları.

	Yüzey	$h/L \geq 1$	Rüzgara Dik Duvardan Yatay Mesafe	C_p	Azaltma Katsayısı	Net C_p
$\theta < 10$	Rüzgar	1,67				
	40 mt'lik Duvara Dik		0-50 m	-1,3	0,8	-1,04
			50-60 m	-0,7	-	-0,7
	Rüzgar 60 mt'lik Duvara Dik	2,5	0-40 m	-1,3	0,8	-1,04

4.1.2.4 Rüzgar basıncı hesabı

Tasarım rüzgar basınçları bina yüksekliklerine bağlı olarak Denklem 4.9 ile hesaplanır.

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \quad (4.9)$$

Burada; G fırtına faktörü 0,89, q_i iç basınç, çatı yüksekliği yani 100 m'de hesaplanan hız basıncıdır ve 647,15 N/m²'dir, $(GC)_{pi}$ iç basınç katsayıları ise ± 0.18 'dir. C_p dış basınç katsayısı ise rüzgarın geldiği doğrultuya göre belirlenen duvarlar için Çizelge 4.2'de, çatılar için Çizelge 4.3'te verilen değerlerdir. Bu hesaplanan değerlere ve rüzgarın esiş doğrultularına göre Çizelge 4.4 ve 4.5 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.4 : Rüzgarın 40 mt'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, p (N/m²).

Yüzey	Yükseklik	q_z (N/m ²)	G	C_p	Net Basınç	
					$(GC)_{pi}=+0,18$	$(GC)_{pi}=-0,18$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	601,42	0,89	0,8	166,12	690,31
	6,1	654,18	0,89	0,8	203,68	727,87
	7,6	696,39	0,89	0,8	233,74	757,92
	9,1	738,59	0,89	0,8	263,78	787,97
	12,2	801,9	0,89	0,8	308,86	833,05
	15,2	854,66	0,89	0,8	346,42	870,61
	18	896,86	0,89	0,8	376,47	900,66
	21,3	939,07	0,89	0,8	406,52	930,71
	24,4	981,27	0,89	0,8	436,57	960,76
	27,4	1012,92	0,89	0,8	459,1	983,29
	30,5	1044,58	0,89	0,8	481,65	1005,84
	36,6	1097,34	0,89	0,8	519,21	1043,4
	42,7	1150,09	0,89	0,8	556,77	1080,96
	48,8	1192,3	0,89	0,8	586,82	1111,01
	54,9	1234,5	0,89	0,8	616,87	1141,06
	61	1266,16	0,89	0,8	639,41	1163,6
	76,2	1350,57	0,89	0,8	699,51	1223,7
	91,4	1424,43	0,89	0,8	752,1	1276,29
	100	1456,08	0,89	0,8	774,63	1298,82
Arka Duvar	Hepsi	1456,08	0,89	-0,4	-780,46	-256,27
Cephe Duvar	Hepsi	1456,08	0,89	-0,7	-1169,23	-645,04
Çatı	0-50 m	1456,08	0,89	-0,4	-1609,84	-1085,65
	50-60 m	1456,08	0,89	-1,04	-1169,23	-645,04

Çizelge 4.5 : Rüzgarın 60 mt'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, p (N/m^2).

Yüzey	Yükseklik	q_z (N/m^2)	G	C_p	Net Basınç	
					(GC) $\pi=+0,18$	(GC) $\pi=-0,18$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	601,42	0,89	0,8	166,12	690,31
	6,1	654,18	0,89	0,8	203,68	727,87
	7,6	696,39	0,89	0,8	233,74	757,92
	9,1	738,59	0,89	0,8	263,78	787,97
	12,2	801,9	0,89	0,8	308,86	833,05
	15,2	854,66	0,89	0,8	346,42	870,61
	18	896,86	0,89	0,8	376,47	900,66
	21,3	939,07	0,89	0,8	406,52	930,71
	24,4	981,27	0,89	0,8	436,57	960,76
	27,4	1012,92	0,89	0,8	459,1	983,29
	30,5	1044,58	0,89	0,8	481,65	1005,84
	36,6	1097,34	0,89	0,8	519,21	1043,4
	42,7	1150,09	0,89	0,8	556,77	1080,96
	48,8	1192,3	0,89	0,8	586,82	1111,01
	54,9	1234,5	0,89	0,8	616,87	1141,06
	61	1266,16	0,89	0,8	639,41	1163,6
	76,2	1350,57	0,89	0,8	699,51	1223,7
	91,4	1424,43	0,89	0,8	752,1	1276,29
	100	1456,08	0,89	0,8	774,63	1298,82
Arka Duvar	Hepsi	1456,08	0,89	-0,5	-910,05	-385,86
Cephe Duvar	Hepsi	1456,08	0,89	-0,7	-1169,23	-645,04
Çatı	0-40 m	1456,08	0,89	-1,04	-1609,84	-1085,65

Çatı üzerinde yer alan parapetlere etkiyen rüzgar yükleri Denklem4.10 ile hesaplanır.

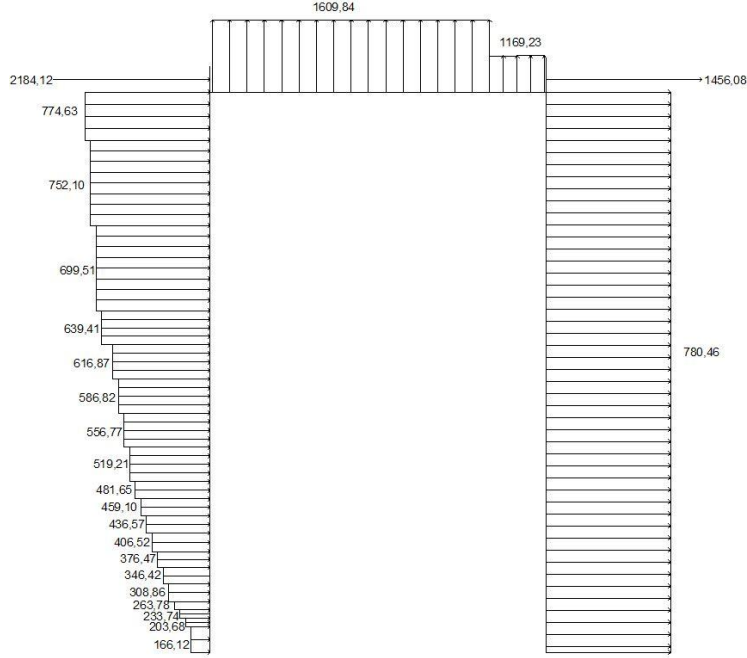
$$p_p = q_p (GC_{pn}) \quad (4.10)$$

(GC_{pn}) net basınç katsayısı rüzgara dik duvar için +1,5, rüzgar arkası duvar için ise -1 alınır. Buna göre;

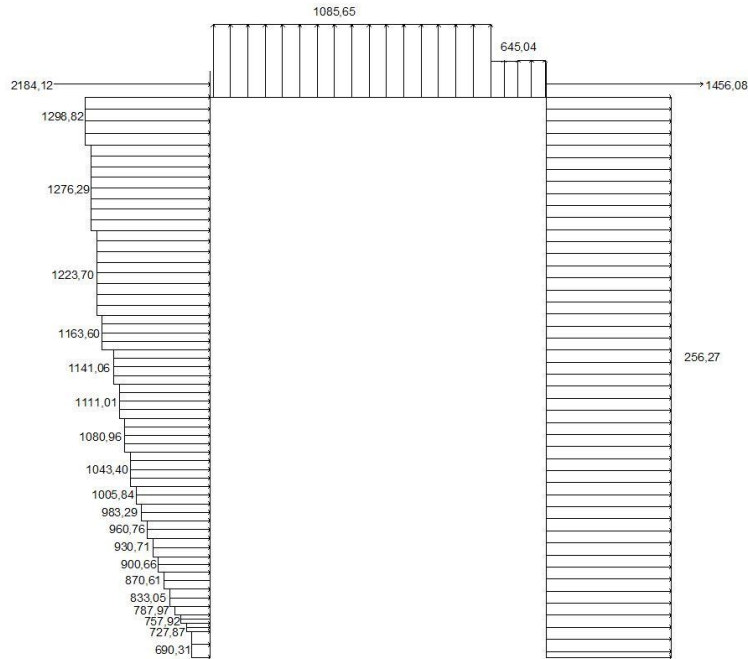
$$p_p = 1456,08 \cdot 1,5 = 2184,12 \quad N / m^2 \quad (4.11)$$

$$p_p = 1456,08 \cdot (-1) = -1456,08 \quad N / m^2 \quad (4.12)$$

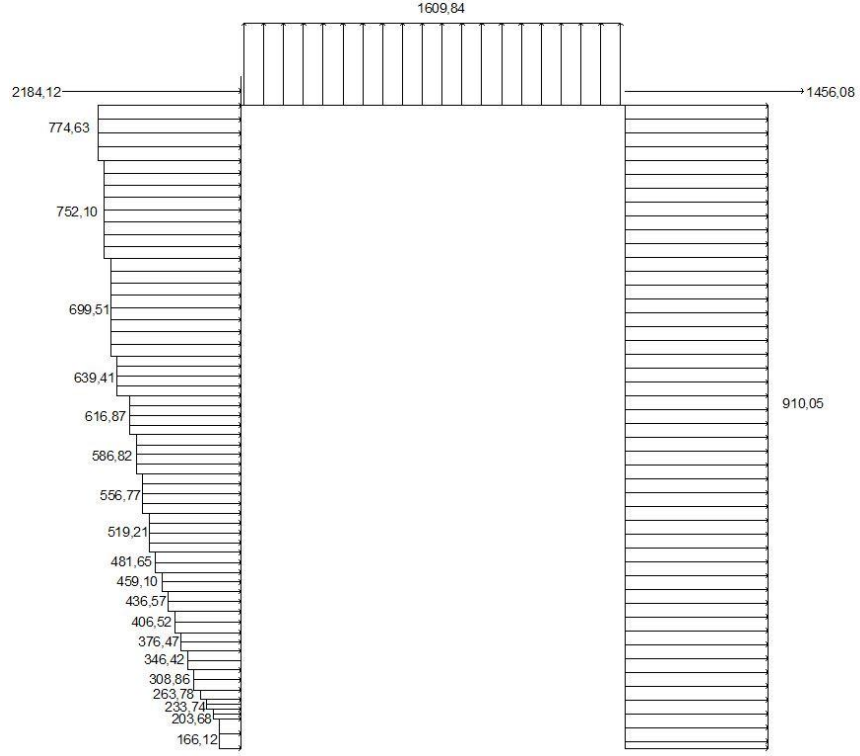
Hesaplanan rüzgar basınçları rüzgar esiş yönü ve iç basınçların negatif pozitifliğine göre en elverişsiz kombinasyonlar Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 'te gösterilmiştir.



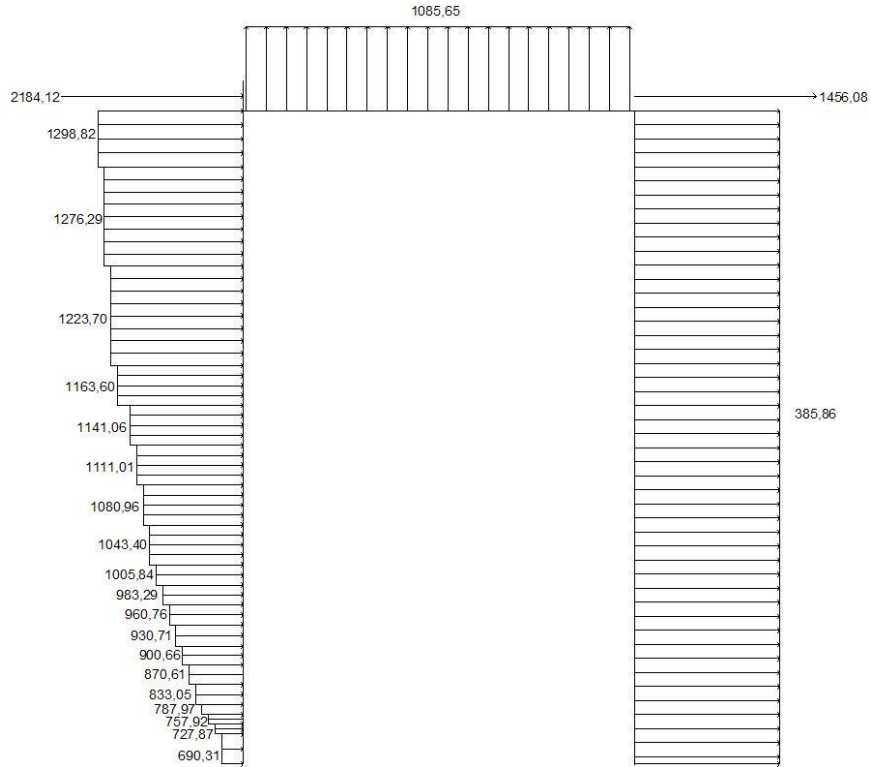
Şekil 4.2 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.



Şekil 4.3 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.



Şekil 4.4 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.



Şekil 4.5 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.

4.1.3 Eurocode 1-4'e göre çözüm

Denklem 4.13 ile temel rüzgar hızı değeri hesaplanır. Burada, esas temel rüzgar hızı Çizelge 2.1'den on dakikalık periyotlarla ölçüm için 30 m/s, doğrultu ve mevsim katsayıları ise 1 alınmıştır.

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1.1.30 = 30 \text{ m / s} \quad (4.13)$$

z metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren q_b Denklem 4.14 ile hesaplanır. Burada ρ yönetmelik içerisinde tavsiye edilen değer olan 1,25 kg/m³ alınmıştır.

$$q_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30^2 = 562,5 \text{ N / m}^2 \quad (4.14)$$

Ortalama rüzgar hızı v_m Denklem 4.15 ile hesaplanır. Burada ki orografi katsayısı $C_{o(z)}$ 1 alınmıştır. Engobelilik katsayısı ise Denklem 4.16 ile hesaplanacaktır.

$$v_{m(z)} = C_{r(z)} C_{o(z)} v_b \quad (4.15)$$

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.16)$$

$z_{\min}=10 \text{ m} \leq z=100 \text{ m} \leq z_{\max}=200\text{m}$ olduğundan arazi katsayısı Denklem 4.17'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1}{0,05}\right)^{0,07} = 0,23 \quad (4.17)$$

Arazi katsayısı k_r Denklem 4.18'de yerine koyulursa,

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{100}{1}\right) = 1,06 \quad (4.18)$$

Bulunan engobelilik katsayısı değeri Denklem 4.15'te yerine koyulursa ortalama rüzgar hızı değeri elde edilir.

$$v_{m(z)} = C_{r(z)} C_{o(z)} v_b = 1,06 \cdot 1 \cdot 30 = 31,8 \text{ m / s} \quad (4.19)$$

z metre yükseklikteki türbülans şiddeti Denklem 4.20 ile hesaplanır.

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.20)$$

Burada k_l türbülans faktörü ve $c_o(z)$ orografi katsayısı için tavsiye edilen değer 1,0 alınmıştır. Bu değerler Denklem 4.21'de yerine koyulursa.

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{100}{1}\right)} = 0,22 \quad (4.21)$$

Bu bölüm içerisinde hesaplanan tüm değerler Denklem 4.22'de yerine koyulursa, tepe rüzgar basıncı elde edilir.

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \quad (4.22)$$

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot 0,22) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 31,8^2 = 1605,34 \text{ N / m}^2 \quad (4.23)$$

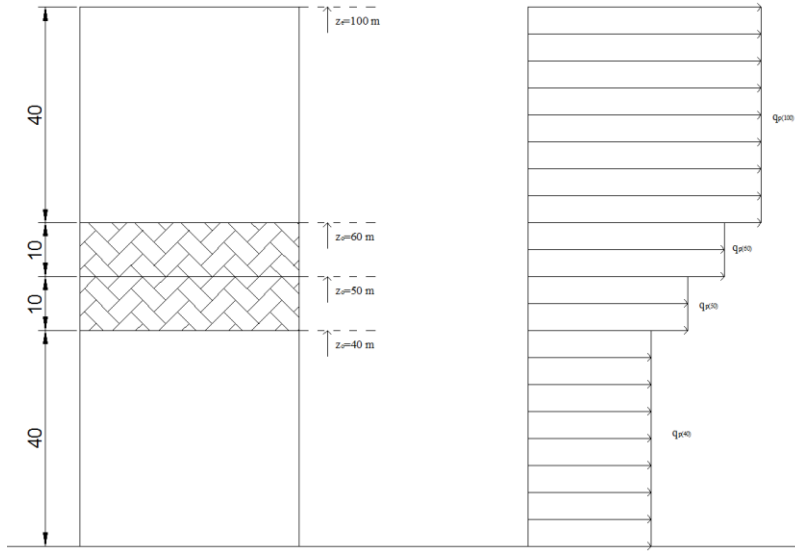
4.1.3.1 Yapının düşey duvarlarına etkiyen rüzgar yükleri

Bu bölümde kullanılacak olan referans yükseklik, rüzgarın esiş yönündeki duvarların değişik kısımlarındaki en büyük yüksekliklere eşittir. Bu durumda referans yükseklik $z_e=100$ m olur. Bina yüksekliğine rüzgar basınçları her bir rüzgar esiş yönü için ayrı ayrı incelenecektir.

İlk olarak rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınç profili Şekil 4.6'da gösterildiği gibi olur.

Şekil 4.6'da gösterilen $q_p(40)$, $q_p(50)$, $q_p(60)$ ve $q_p(100)$ değerleri ve bu yüksekliklerin aralarında bulunan yükseklikler için olan hız kaynaklı rüzgar basınçları Denklem 4.24 ile hesaplanır ve Çizelge 4.6'da tüm değerleri verilmiştir.

$$q_p(z) = \left(1 + 7 \cdot \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z / z_0)}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right)^2 \quad (4.24)$$

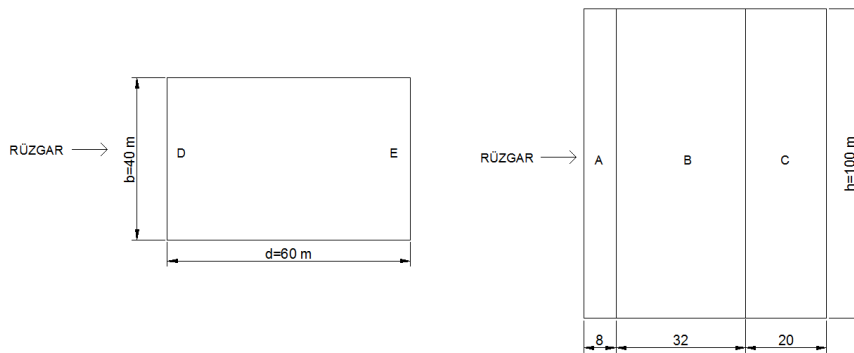


Şekil 4.6 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar hız basınç profili.

Çizelge 4.6 : Rüzgarın 40m'lik duvara dik gelmesi durumunda düşey duvarda oluşacak hız basınçları, $q_p(z)$ (N/m²).

z	z_0	k_1	$c_0(z)$	ρ	K_r	v_m	$q_p(z)$
40	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1318,31
42,7	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1349,85
48,8	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1415,22
50	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1427,24
54,9	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1473,87
60	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1518,71
100	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1786,85

Şekil 4.7 'de görüldüğü üzere $b=40$ m'dir. Bu durumda $e=\min(b,2h)=60$ m'dir. A,B ve C bölgeleri için basınç katsayıları $h/d=100/60=1,66$ oranına bağlı olarak Çizelge 4.7'de verilmiştir.

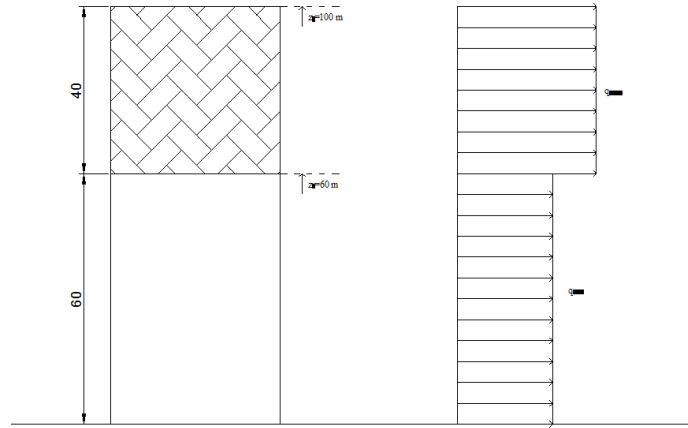


Şekil 4.7 : Rüzgarın 40m'lik duvara dik gelmesi durumu için basınç bölgeleri.

Çizelge 4.7 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için basınç katsayıları.

Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
1,66	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,53	

Rüzgarın 60 m'lik duvara dik esmesi durumunda, $b < h \leq 2b$ ($60 < 100 \leq 120$) olduğu için rüzgar basınç profili Şekil 4.8'de gösterildiği gibi olur. Burada yer alan $q_p(60)$ ve $q_p(100)$ değerleri ve bu yüksekliklerin aralarında bulunan yükseklikler için olan hız kaynaklı rüzgar basınçları Denklem 4.24 ile hesaplanır ve değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

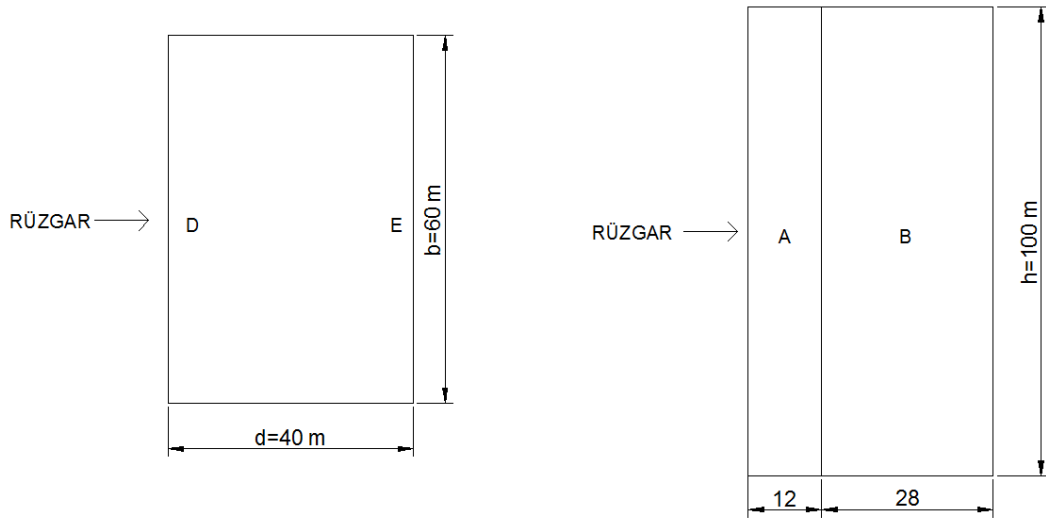


Şekil 4.8 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar hız basınç profili.

Çizelge 4.8 : Rüzgarın 60m'lik duvara dik gelmesi durumunda düşey duvarda oluşacak hız basınçları, $q_p(z)$ (N/m²).

z	z ₀	k ₁	c ₀ (z)	ρ	K _r	v _m	q _p (z)
60	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1518,71
100	1	1	1	1,25	0,23	31,8	1786,85

Şekil 4.9 görüldüğü üzere $b=60$ m'dir Bu durumda $e=(b,2h)=60$ m'dir. A,B ve C bölgeleri için basınç katsayıları $h/d=100/40=2,50$ oranına bağlı olarak Çizelge 4.9'da verilmiştir.



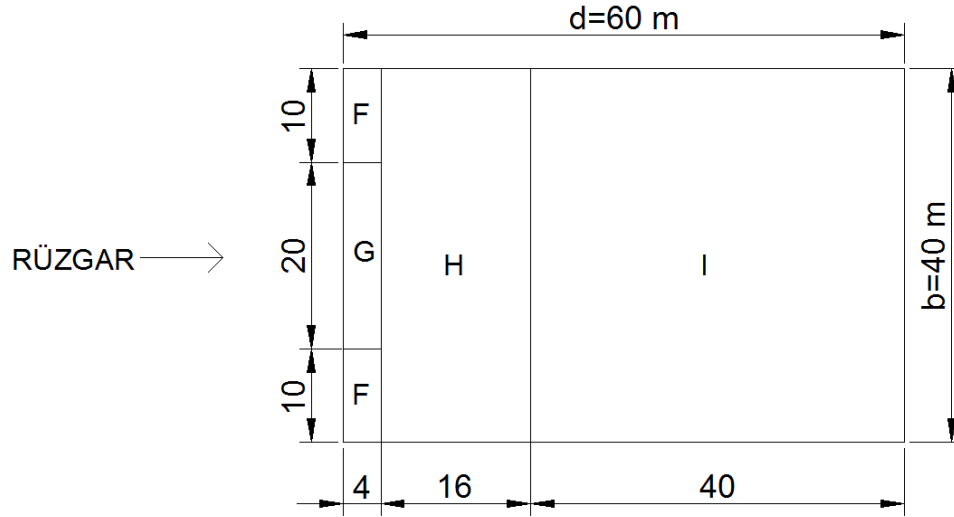
Şekil 4.9 : Rüzgarın 60m'lik duvara dik gelmesi durumun basınç bölgeleri.

Çizelge 4.9 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için basınç katsayıları.

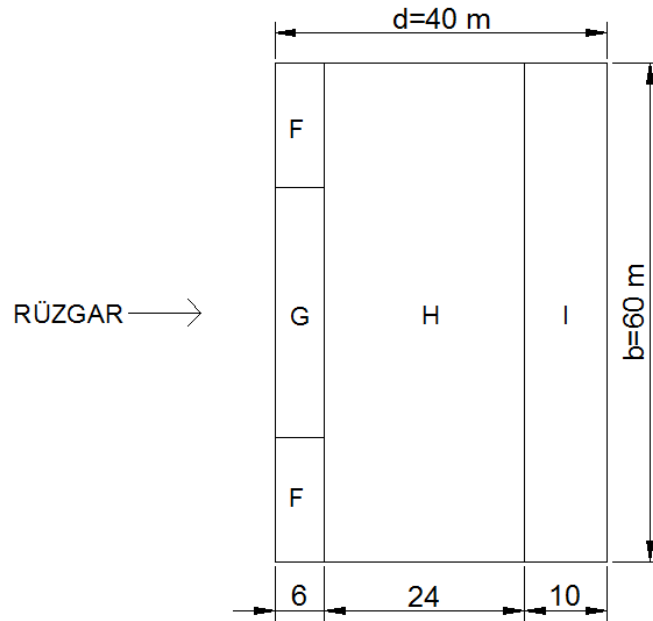
Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
2,50	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,60	

4.1.3.2 Çatı için basınç katsayılarının belirlenmesi

Çatı eğimi -5° ile 5° arasında olan çatılar düz çatı olarak sınıflandırılır, bu örnekteki çatı eğimi 0° olduğu için düz çatı sınıfına girmektedir. Çatı için basınç bölgeleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de rüzgar esiş yönüne göre verilmiştir.



Şekil 4.10 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.



Şekil 4.11 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.

Şekil 4.10 ve 4.11'de gösterilen F,G,H ve I bölgeleri için dış basınç katsayıları parapet yüksekliğinin, bina yüksekliğine oranına bağlı olarak Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : Çatı basınç katsayıları.

h_p/h	Bölge							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	0,2	-0,2

4.1.3.3 İç basınç katsayıları

Bu örnek için yapı özelliklerinin tam anlamıyla bilinmemesi nedeniyle, yönetmelikte verilmiş olan en gayri müsait değerler olan +0,2 ve -0,3 değerleri ile hesap yapılacaktır.

4.1.3.4 Rüzgar basıncının hesabı

Tüm yüzeylere etkiyen rüzgar basıncı Denklem 4.25 ile hesaplanır. Çatı bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları ise Çizelge 4.11'de verilmiştir.

$$w_e = q_p(z) \cdot (C_{pe} + C_{pi}) \quad (4.25)$$

Çizelge 4.11 : Çatı bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları, w_e (N/m²).

Bölgeler	$q_p(z)$	C_{pe}	Rüzgar Basıncı	
			$C_{pi}=+0,2$	$C_{pi}=-0,3$
F	1786,85	-1,6	-3216,33	-2322,91
G	1786,85	-1,1	-2322,91	-1429,48
H	1786,85	-0,7	-1608,17	-714,74
I	1786,85	-0,2	-714,74	178,69

Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi için duvar yüzeylerinde oluşacak rüzgar basınçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu için duvar bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları, w_e (N/m²).

Bölgeler	Yükseklik (m)	$q_p(z)$	C_{pe}	Rüzgar Basıncı	
				$C_{pi}=+0,2$	$C_{pi}=-0,3$
A	Hepsi	1786,85	-1,2	-2501,59	-1608,17
B	Hepsi	1786,85	-0,8	-1786,85	-893,43
C	Hepsi	1786,85	-0,5	-1250,8	-357,37
D	40	1318,31	0,8	790,99	1450,14
	42,7	1349,85		809,91	1484,84
	48,8	1415,22		849,13	1556,74
	50	1427,24		856,34	1569,96
	54,9	1473,87		884,32	1621,26
	60	1518,71		911,23	1670,58
	100	1786,85		1072,11	1965,54
E	Hepsi	1786,85	-0,53	-1304,40	-410,98

Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi için duvar yüzeylerinde oluşacak rüzgar basınçları Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu için duvar bölgelerinde oluşacak rüzgar basınçları, w_e (N/m²).

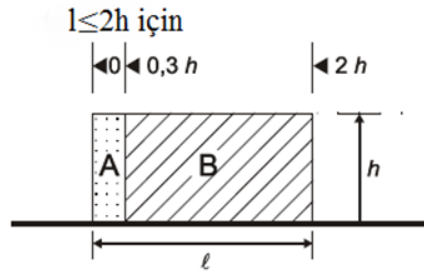
Bölgeler	Yükseklik (m)	$q_p(z)$	C_{pe}	Rüzgar Basıncı	
				$C_{pi}=+0,2$	$C_{pi}=-0,3$
A	Hepsi	1786,85	-1,2	-2501,59	-1608,17
B	Hepsi	1786,85	-0,8	-1786,85	-893,43
D	60	1518,71	0,8	911,23	1670,58
	100	1786,85		1072,11	1965,54
E	Hepsi	1786,85	-0,6	-1429,48	-536,06

4.1.3.5 Parapet rüzgar yükünün hesabı

Parapetlere etkiyen rüzgar kuvveti Denklem 4.26 ile hesaplanır.

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(z_e) A_{ref} \quad (4.26)$$

Parapetler için net basınç katsayılarının etkidği bölgeler Şekil 4.12'de gösterilmiştir ve Çizelge 4.14'de basınç değerleri verilmiştir.



Şekil 4.12 : Parapetler için basınç alanları.

Çizelge 4.14 : Basınç katsayıları.

Doluluk	Bölge	A	B
$\varphi = 1$	Köşe Dönüşü Uzunluğu $\geq h_a$ Olan Duvarlar	2,1	1,8

Parapet için kuvvet katsayıları rüzgar 60 m'lik duvara dik esmesi durumunda 0,76; 40 m'lik duvara dik esmesi durumunda ise 0,75 olarak bulunur.

Parapetler için rüzgar kuvvetleri hesaplanırken kullanılacak olan rüzgar basıncı değerinin referans yüksekliği bina yüksekliği ile parapet yüksekliğinin toplamı, bu örnek için 101,5 m, olmalıdır. Buna göre hesaplanacak hız kaynaklı basınç değeri 1794,02 N/m² olur.

Kuvvet katsayıları hesaplanırken yapısal faktör 1,0 alınmıştır

Bulunan basınç katsayıları, kuvvet katsayıları ve rüzgar hız basıncı Denklem 4.26'da yerine konulursa, rüzgar esiş yönüne göre Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da yer alan değerler elde edilir.

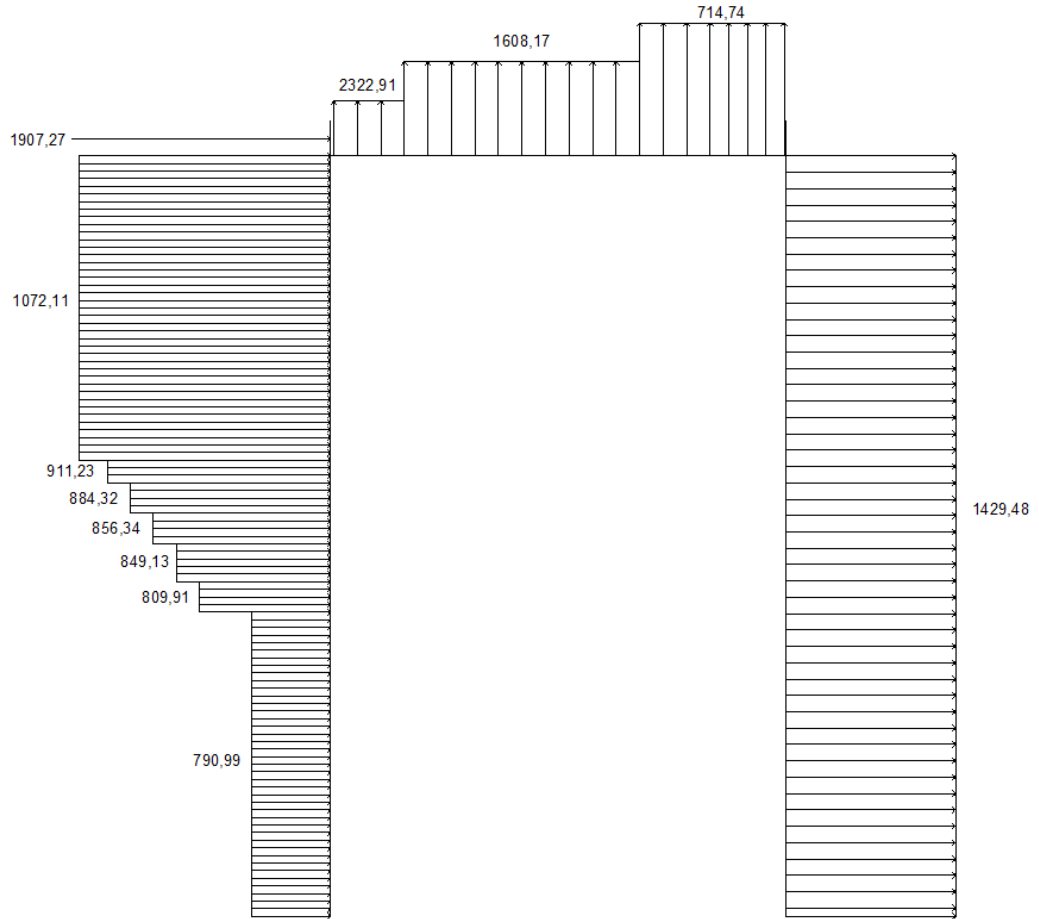
Çizelge 4.15 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu.

Doluluk	Bölge	A	B
$\varphi = 1$	Köşe Dönüşü Uzunluğu $\geq h_a$ Olan Duvarlar	1907,27	9387,39

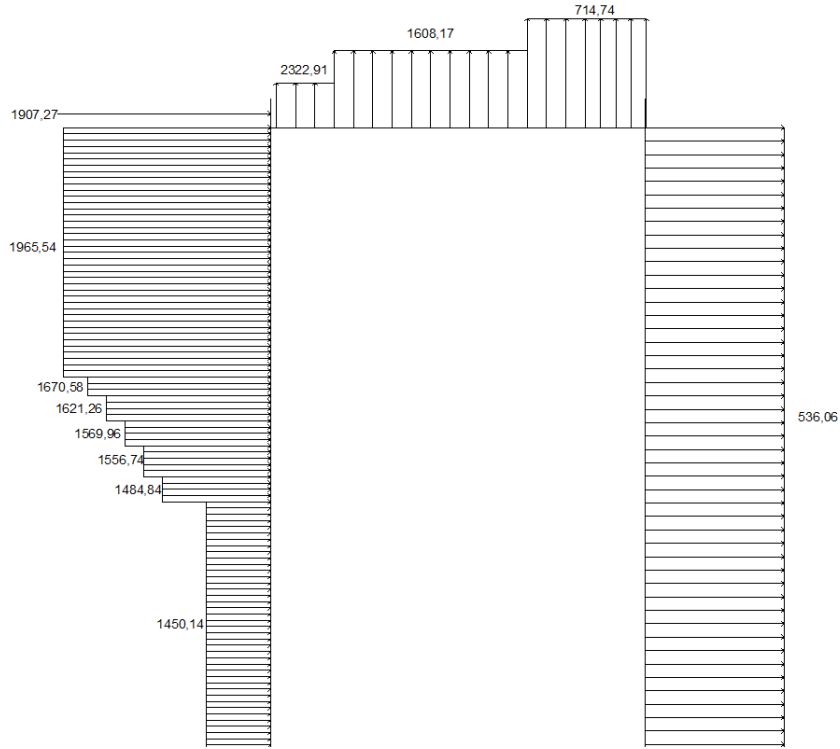
Çizelge 4.16 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumu.

Doluluk	Bölge	A	B
$\varphi = 1$	Köşe Dönüşü Uzunluğu $\geq h_a$ Olan Duvarlar	1932,7	9263,87

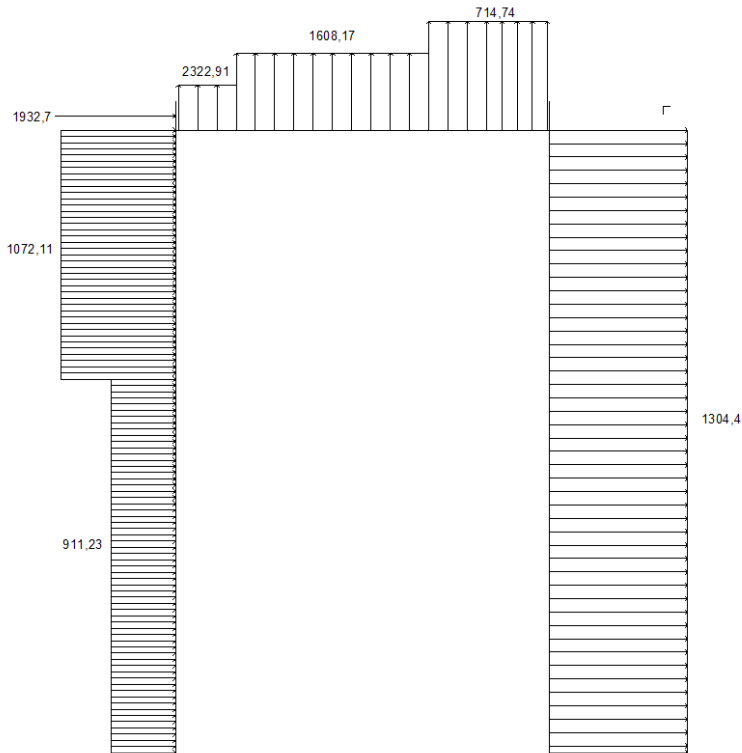
Bina duvar, çatı ve parapetlere etkiyen rüzgar basınçları yükleri Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



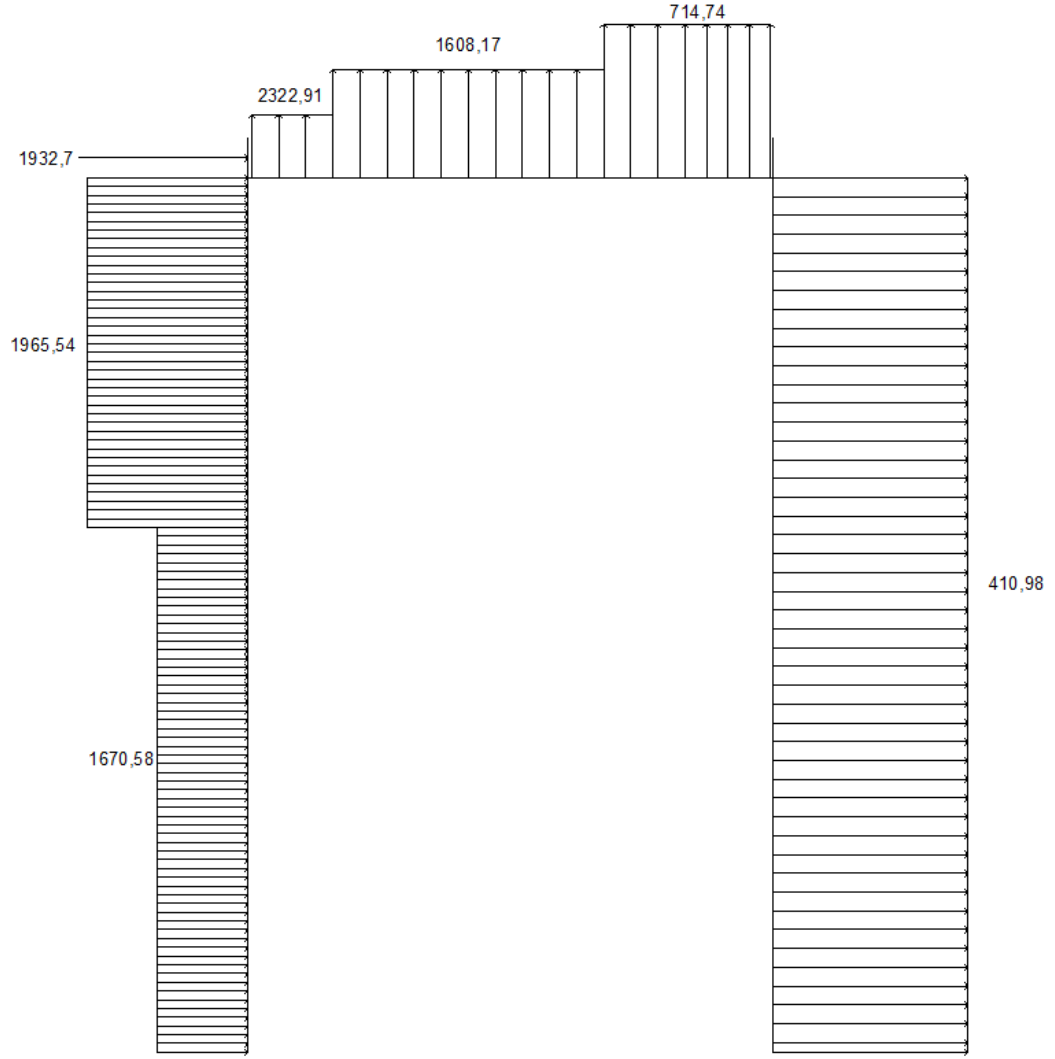
Şekil 4.13 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.



Şekil 4.14 : Rüzgarın 40 m/s'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.



Şekil 4.15 : Rüzgarın 60 m/s'lik duvara dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.



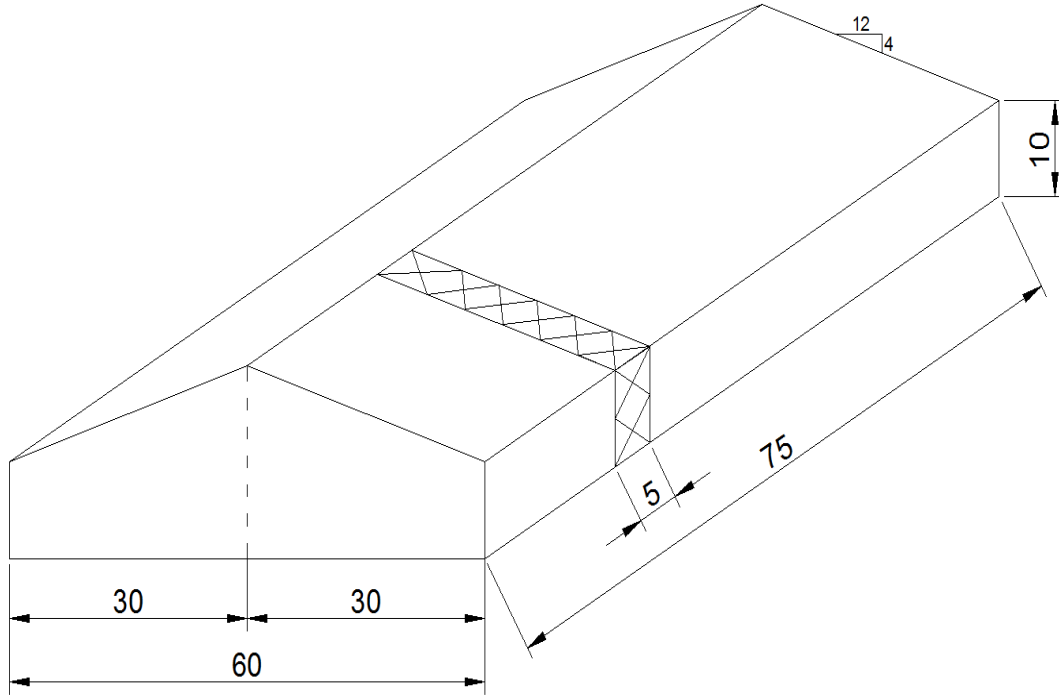
Şekil 4.16 : Rüzgarın 60 mt'lik duvara dik olması ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.

4.2 Örnek 2

Bu örnekte yapı özellikleri bölümünde özellikleri verilen sanayi yapısı için rüzgar yükleri ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre hesaplanacaktır.

4.2.1 Yapı özellikleri

Yapı özellikleri Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 : Yapı boyutları.

Bina Ölçüleri	= 60x75x10 m
Çerçeveler arası uzaklık	= 5 m
Çatı eğimine bağlı olarak mahya yüksekliği	= 10 + 4/12*30 = 20 m
Ortalama çatı yüksekliği	= (10 + 20)/2 = 15 m

4.2.2 ASCE 7-10'a göre çözüm

Yapı kullanım amacı endüstriyel olduğu için risk kategorisi II olarak sınıflandırılabilir. Yapının bulunduğu bölge düz ve açık arazi bölgesinde olduğu kabul edilmiştir. Buna göre maruz kalma kategorisi C olarak belirlenmiştir. Temel rüzgar hızı Çizelge 2.1'den üç saniye periyotlarla ölçüm için 45m/s olarak belirlenmiştir.

4.2.2.1 Rüzgar hız basıncı

Bina yüksekliği 10 m için rüzgar hız basıncı Denklem 4.27 ile hesaplanır.

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \quad (\text{N/m}^2) \quad (4.27)$$

Burada, K_d rüzgar doğrultu katsayısı MWFRS için 0,85 alınır, V temel rüzgar hızı 30m/s, K_{zt} topoğrafik faktör ise genel topoğrafide ani değişiklikler olmamasından dolayı 1 alınır.

$$q_z = 0,613.K_z.1.0,85.45^2 = 1055,13K_z \quad (\text{N/m}^2) \quad (4.28)$$

Denklem 4.28 ile K_z rüzgar basıncı maruz kalma katsayısına bağlı hız basıncı değeri elde edilir. Çizelge 2.4'ten ilgili yükseklikler ve C sınıfı maruz kalma kategorisi için alınan K_z katsayısına göre Çizelge 4.17'de verilen rüzgar basıncı değerleri elde edilir.

Çizelge 4.17 : Hız basınçları, q_z (N/m²).

Yükseklik	C	q_z (N/m ²)
0-4,6	0,85	896,86
6,1	0,90	949,62
7,6	0,94	991,82
9,1	0,98	1034,03
10	1,00	1055,13
12,2	1,04	1097,34
15	1,09	1150,09
18	1,13	1192,30
20	1,15	1213,40

4.2.2.2 Fırtına etki faktörü

Bu örnek için fırtına etki faktörü, yönetmelikte rijit yapılar tavsiye edilen değer olarak 0,85 alınacaktır.

4.2.2.3 Basınç ve kuvvet katsayıları

Yapı sınıfları için iç basınç katsayıları Çizelge 2.5'te verilmiştir. Bu örnekte kapalı yapılar için verilen değer olan ± 0.18 kullanılacaktır.

Her bir duvar tipi için kullanılacak olan dış basınç katsayıları, Çizelge 2.7 esas alınarak Çizelge 4.18'de verilmiştir. Duvarlar için dış basınç katsayıları L/B oranına bağlı olarak değişiklik gösterir. Burada L rüzgar doğrultusuna paralel bina ölçüsü, B ise rüzgar doğrultusuna dik bina ölçüsünü ifade eder.

Çizelge 4.18 : Duvarlar için dış basınç katsayıları, C_p .

Yüzey	Rüzgar Doğrultusu	L/B	C_p
Rüzgara Dik Duvar	Hepsi	Hepsi	0,8
Rüzgar Arkası Duvar	Rüzgar Mahyaya Dik	1,25	-0,45
	Rüzgar Mahyaya Paralel	0,8	-0,5
Cephe Duvarları	Hepsi	Hepsi	-0,7

Çatı basınç katsayıları için, rüzgar doğrultusuna bağlı olarak belirlenir. Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için $h/L=10/60=0,17$ bulunur. Çatı eğimi ise $\alpha=\arctg(4/12)=18,4 > 10^\circ$ olarak bulunur. Bulunan bu değerler ve Çizelge 2.8 esas alınarak Çizelge 4.19 hazırlanmıştır. Burada çatı eğimi 15° ve 20° arasında bir değer olduğu için dış basınç katsayısı interpolasyon yapılarak bulunmuştur..

Çizelge 4.19 : Rüzgarın mahyaya dik esmesi durumu için çatı basınç katsayıları.

Yüzey	15°	$18,4^\circ$	20°
Rüzgara Karşı Çatı	-0,5	-0,36	-0,3
	0	0,14	0,2
Rüzgara Arkası Çatı	-0,5	-0,57	-0,6

Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi durumunda ise çatı eğimi 0° alınır ve $h/L=15/75=0,2$ bulunur. Bulunan bu orana bağlı olarak, rüzgara dik duvardan mesafelere göre çatı basınç katsayıları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20 : Rüzgarın mahyaya paralel esmesi durumu için çatı basınç katsayıları.

Yüzey	$h/L \geq 1$	Rüzgara Dik Duvardan Yatay Mesafe	C_p
Çatı	$\leq 0,5$	0-7,5 m	-0,9
		7,5-15 m	-0,9
		15-30 m	-0,5
		30m ~	-0,3

4.2.2.4 Rüzgar basıncı hesabı

Tasarım rüzgar basınçları bina yüksekliklerine bağlı olarak Denklem 4.29 ile hesaplanır.

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \quad (4.29)$$

Burada; G fırtına faktörü 0,85, q_i iç basınç için kullanılacak olan ortalama çatı yüksekliği yani 15 m'de hesaplanan hız basıncıdır ve 511,16 N/m²'dir, $(GC)_{pi}$ iç basınç katsayıları ise $\pm 0,18$ 'dir. C_p dış basınç katsayısı ise rüzgarın geldiği doğrultuya belirlenen duvarlar için Çizelge 4.18'de, çatılar için Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20'de verilen değerlerdir. Bu hesaplanan değerler ve rüzgarın esiş doğrultularına göre Çizelge 4.21 ve 4.22 hazırlanmıştır.

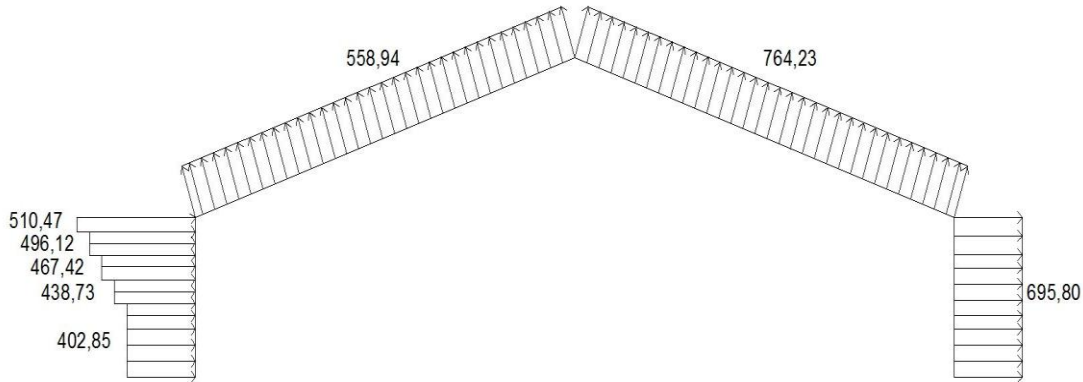
Çizelge 4.21 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, p (N/m²).

Yüzey	Yükseklik	q_z (N/m ²)	G	C_p	Net Basınç	
					$(GC)_{pi}=+0,18$	$(GC)_{pi}=-0,18$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	896,86	0,85	0,8	402,85	816,88
	6,1	949,62			438,73	852,76
	7,6	991,82			467,42	881,45
	9,1	1034,03			496,12	910,16
	10	1055,13			510,47	924,50
Arka Duvar	Hepsi	1150,09	0,85	-0,5	-695,80	-281,77
Cephe Duvar	Hepsi	1150,09	0,85	-0,7	-891,32	-477,29
Rüzgara Karşı Çatı	Hepsi	1150,09	0,85	-0,36	-558,94	-144,91
				0,14	-70,16	343,88
Rüzgar Arkası Çatı	Hepsi	1150,09	0,85	-0,57	-764,23	-350,20

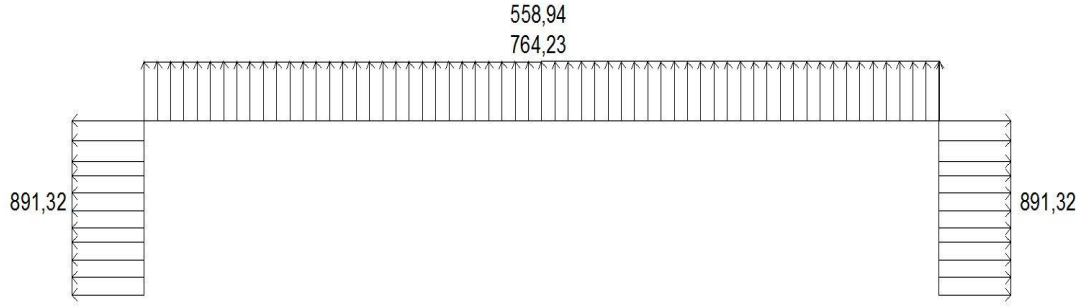
Çizelge 4.22 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel estiği durum için rüzgar basınçları, p (N/m²).

Yüzey	Yükseklik	q_z (N/m ²)	G	C_p	Net Basınç	
					(GC) $p_i=+0,18$	(GC) $p_i=-0,18$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	896,86	0,85	0,8	402,85	816,88
	6,1	949,62			438,73	852,76
	7,6	991,82			467,42	881,45
	9,1	1034,03			496,12	910,16
	12,2	1097,34			539,18	953,21
	15	1150,09			575,05	989,08
	18	1192,30			603,75	1017,78
	20	1213,40			618,10	1032,13
Arka Duvar	Hepsi	1150,09	0,85	-0,45	-649,93	-232,89
Cephe Duvar	Hepsi	1150,09	0,85	-0,7	-891,32	-477,29
Çatı	0-7,5 m	1150,09	0,85	-0,9	-1086,84	-672,80
	7,5-15 m			-0,9	-1086,84	-672,80
	15-30 m			-0,5	-695,80	-281,77
	30 m ~			-0,3	-500,29	-86,26

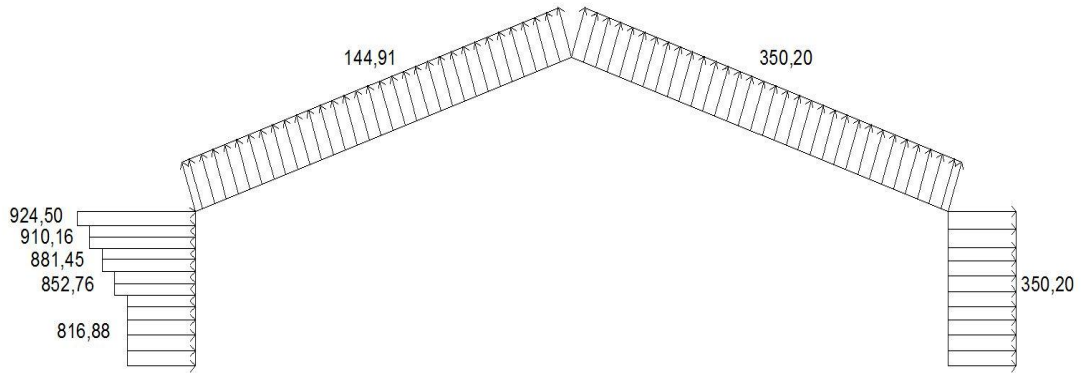
Hesaplanan rüzgar basınçları rüzgar esiş yönü ve iç basınçlara bağlı olarak Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



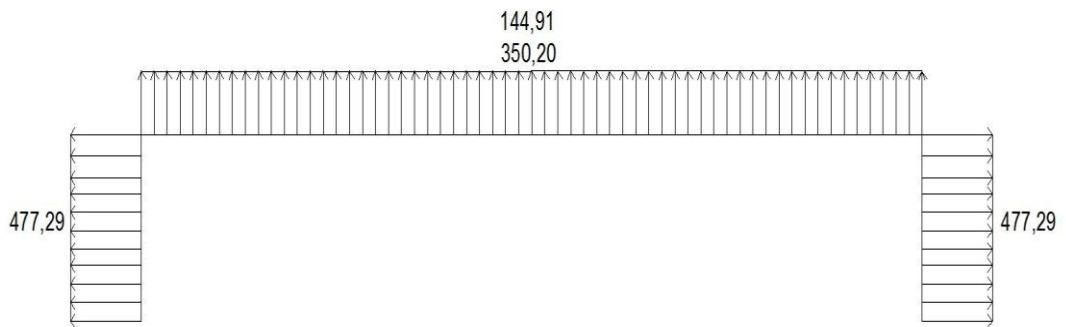
Şekil 4.18 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.



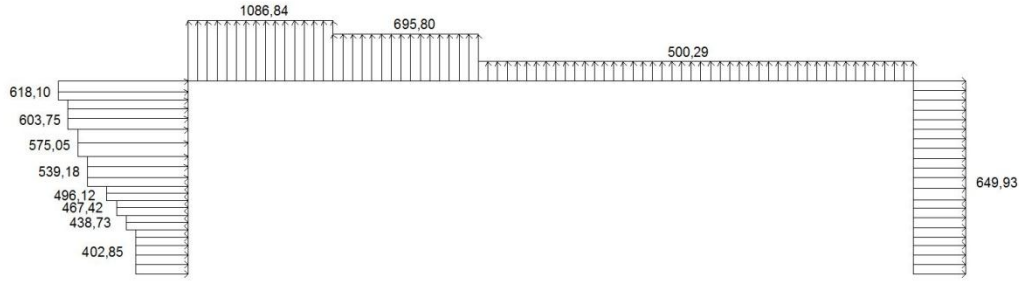
Şekil 4.19 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının birinci kombinasyonu.



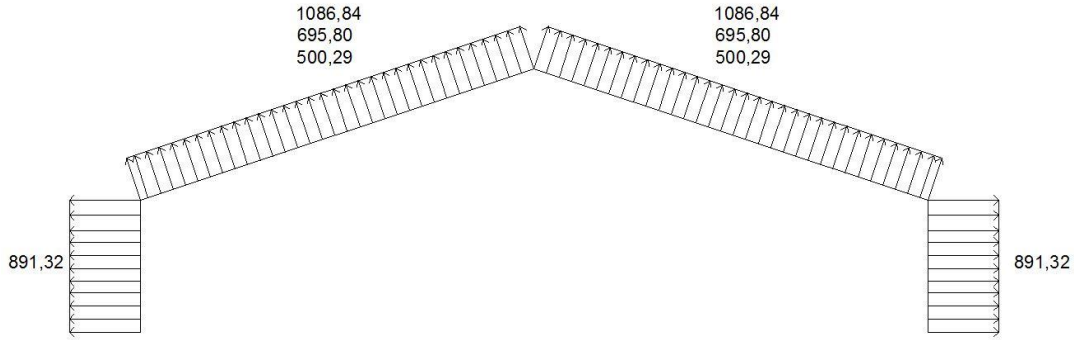
Şekil 4.20 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.



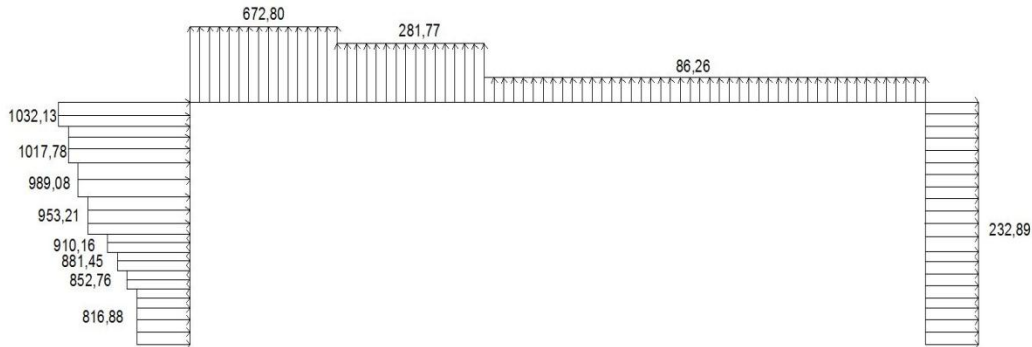
Şekil 4.21 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının ikinci kombinasyonu.



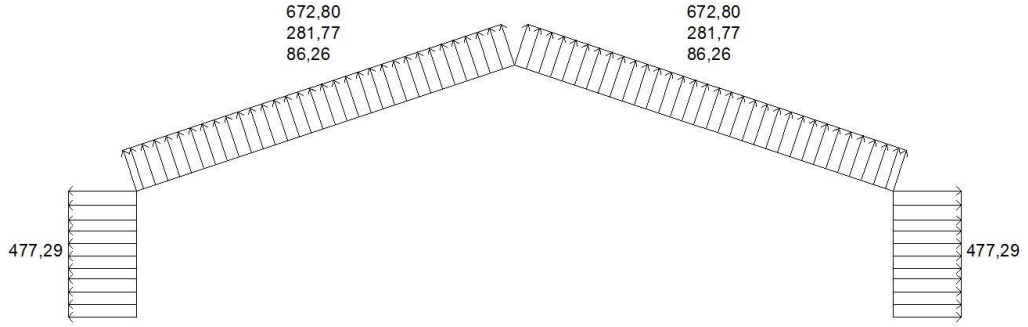
Şekil 4.22 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.



Şekil 4.23 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının +0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının üçüncü kombinasyonu.



Şekil 4.24 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının -0,18 değeri için rüzgara karşı, rüzgar arkası duvarlarda ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.



Şekil 4.25 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi ve iç basınç katsayısının - 0,18 değeri için cephe duvarları ve çatıda oluşan rüzgar basınç dağılımının dördüncü kombinasyonu.

4.2.3 Eurocode 1-4'e göre çözüm

Denklem 4.30 ile temel rüzgar hızı değeri hesaplanır. Burada, esas temel rüzgar hızı 30 m/s, doğrultu ve mevsim katsayıları ise 1 alınmıştır.

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1.1.30 = 30 \text{ m / s} \quad (4.30)$$

z metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren q_b Denklem 4.31 ile hesaplanır. Burada ρ yönetmelik içerisinde tavsiye edilen değer olan 1,25 kg/m³ alınmıştır.

$$q_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30^2 = 562.5 \text{ N / m}^2 \quad (4.31)$$

Ortalama rüzgar hızı v_m Denklem 4.32 ile hesaplanır. Burada ki orografi katsayısı $c_{o(z)}$ 1 alınmıştır. Engbelilik katsayısı ise Denklem 4.33 ile hesaplanacaktır.

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} c_{o(z)} v_b \quad (4.32)$$

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.33)$$

Yapının arazi kategorisi II'de yer aldığı varsayılarak $z_{\min}=2 \text{ m} \leq z=20 \text{ m} \leq z_{\max}=200\text{m}$ eşitliği oluşturulur ve arazi katsayısı Denklem 4.34'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19 \quad (4.34)$$

Arazi katsayısı k_r Denklem 4.18'de yerine koyulursa,

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{20}{1}\right) = 1,14 \quad (4.35)$$

Bulunan engebelilik katsayısı değeri Denklem 4.36'da yerine koyulursa ortalama rüzgar hızı değeri elde edilir.

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} c_{o(z)} v_b = 1,14 \cdot 1,30 = 34,2 \text{ m / s} \quad (4.36)$$

z metre yükseklikteki türbülans şiddeti Denklem 4.37 ile hesaplanır.

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.37)$$

Burada k_l türbülans faktörü ve $c_o(z)$ orografi katsayısı için tavsiye edilen değer 1,0 alınmıştır. Bu değerler Denklem 4.38'de yerine koyulursa.

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{20}{0,05}\right)} = 0,17 \quad (4.38)$$

Bu bölüm içerisinde hesaplanan tüm değerler Denklem 4.39'de yerine koyulursa, tepe rüzgar basıncı elde edilir.

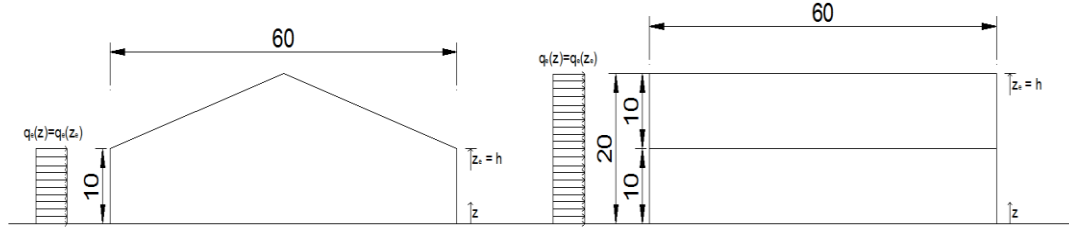
$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \quad (4.39)$$

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot 0,17) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 34,2^2 = 1600,95 \text{ N / m}^2 \quad (4.40)$$

4.2.3.1 Yapının düşey duvarlarına etkiyen rüzgar yükleri

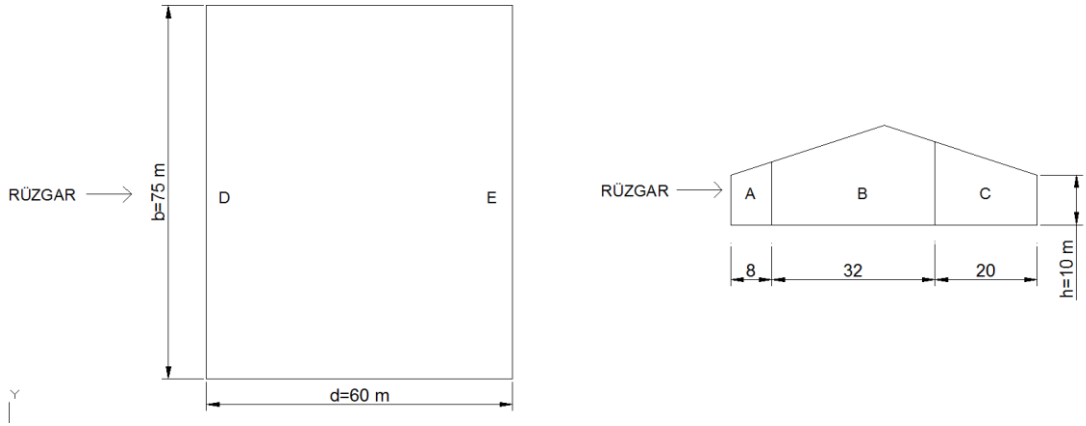
Bu bölüm içerisinde kullanılacak olan referans yükseklik, rüzgarın esiş yönündeki duvarların değişik kısımlarındaki en büyük yüksekliklere eşittir. Bu durumda referans yükseklik $z_e=20$ m olur. Rüzgarın her iki esiş yönü içinde h yüksekliği b

değerinde küçük olduğu için ($20 < 60$ ve $20 < 75$) yapı tek parça olarak ele alınacaktır. Duvarlar etkiyen rüzgar basınç profili Şekil 4.26 'da gösterilmiştir.



Şekil 4.26 : Duvarlara etkiyen rüzgar basınç profili.

Rüzgarın mahyaya dik esmesi durumu için $e = \min(b; 2h) = 2h = 2 \cdot 10 = 20$ m olarak hesaplanır. Bu durumda oluşacak basınç bölgeleri Şekil 4.27'de gösterilmiş ve Çizelge 4.23'te her bölge için basınç katsayıları verilmiştir.

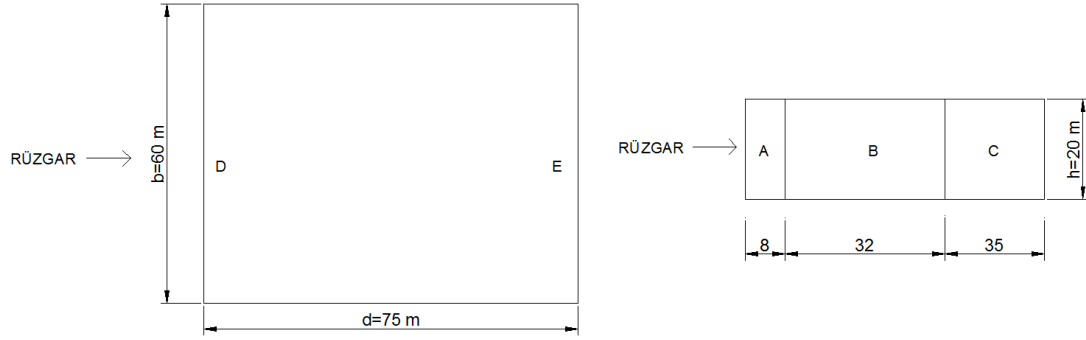


Şekil 4.27 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

Çizelge 4.23 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
0,16	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	

Rüzgarın mahyaya paralel esmesi durumu için $e = \min(b; 2h) = 2h = 2 \cdot 20 = 40$ m olarak hesaplanır. Bu durumda oluşacak basınç bölgeleri Şekil 4.28'de gösterilmiş ve Çizelge 4.24'te her bölge için basınç katsayıları verilmiştir.



Şekil 4.28 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

Çizelge 4.24 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

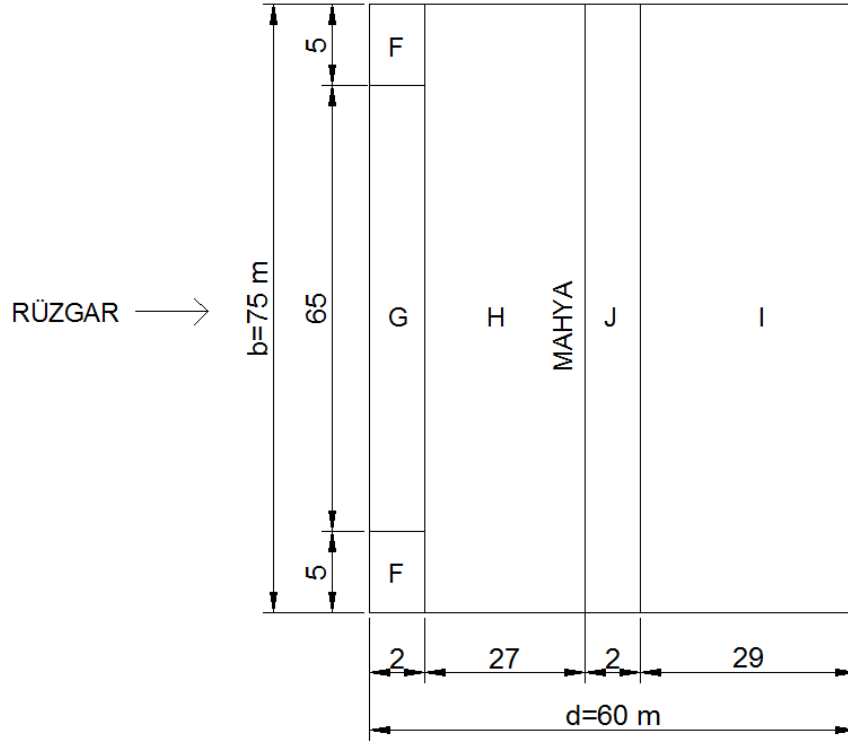
Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
0,27	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,31	

4.2.3.2 Çatı için basınç katsayılarının belirlenmesi

Bu örnek için verilen çatının, Şekil 4.17'de görüldüğü üzere çift eğimli çatı olduğu belirtilmiştir. Buna göre, Şekil 4.29'da rüzgarın mahyaya dik esmesi durumu için çatı basınç bölgeleri ve uzunlukları belirtilmiştir. Çizelge 4.25'te ise bu durum için kullanılacak dış basınç katsayılarının bölgelere göre ayrı ayrı değerleri verilmiştir.

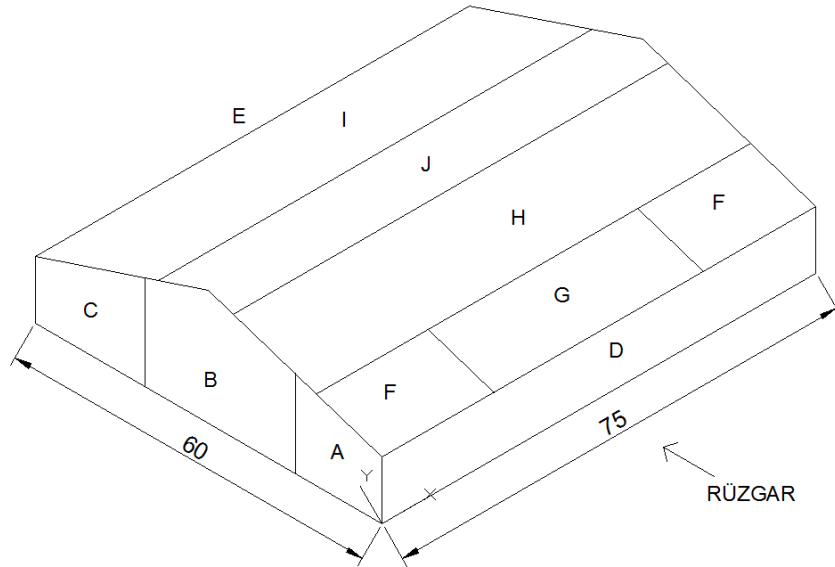
Çizelge 4.25 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

Bölge	F	G	H	I	J
Eğim Açısı	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}
18.4°	-0,81	-0,73	-0,28	-0,4	-0,89
	0,31	0,31	0,25	0	0



Şekil 4.29 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.

Rüzgarın mahyaya dik geldiği durum için tüm basınç bölgeleri Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

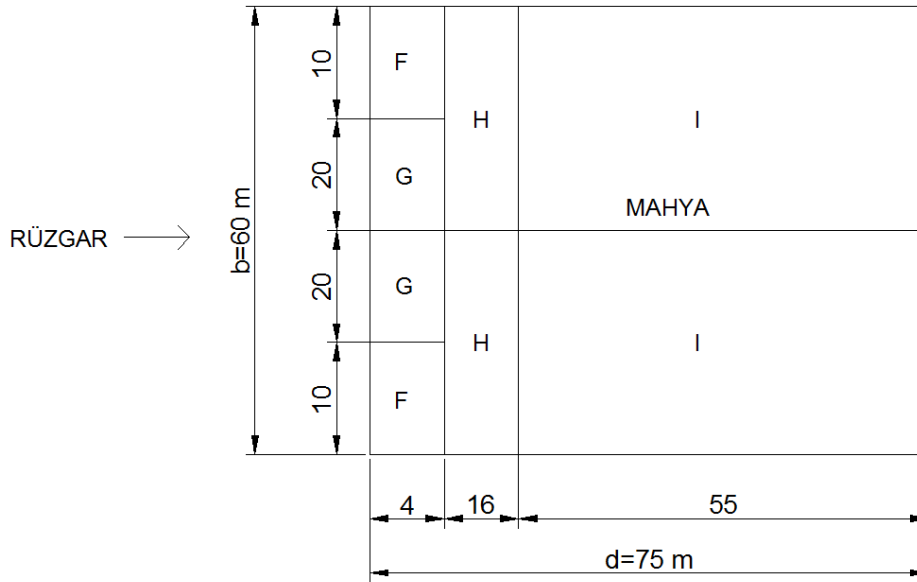


Şekil 4.30 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

Rüzgarın mahyaya paralel esmesi durumu için $e=\min(b;2h) = 2.20 = 40$ m olarak hesaplanır. Buna basınç Şekil 4.31'de basınç bölgeleri ve uzunlukları belirlenmiştir. Çizelge 4.26'da ise bu durum için kullanılacak dış basınç katsayılarının bölgelere göre ayrı ayrı değerleri verilmiştir.

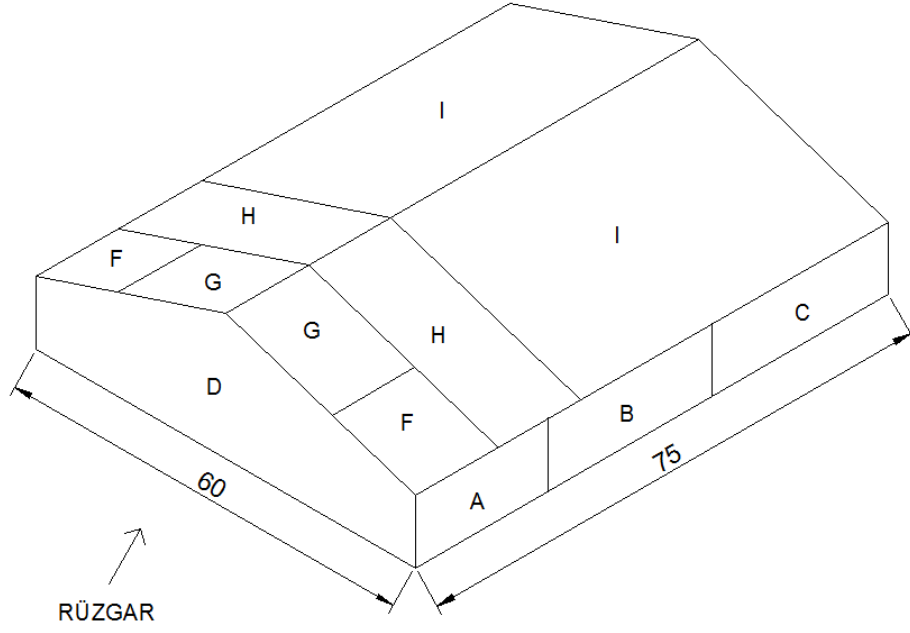
Çizelge 4.26 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

Bölge	F	G	H	I
Eğim Açısı	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
18.4°	-1,25	-1,32	-0,65	-0,5



Şekil 4.31 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda çatı basınç bölgeleri.

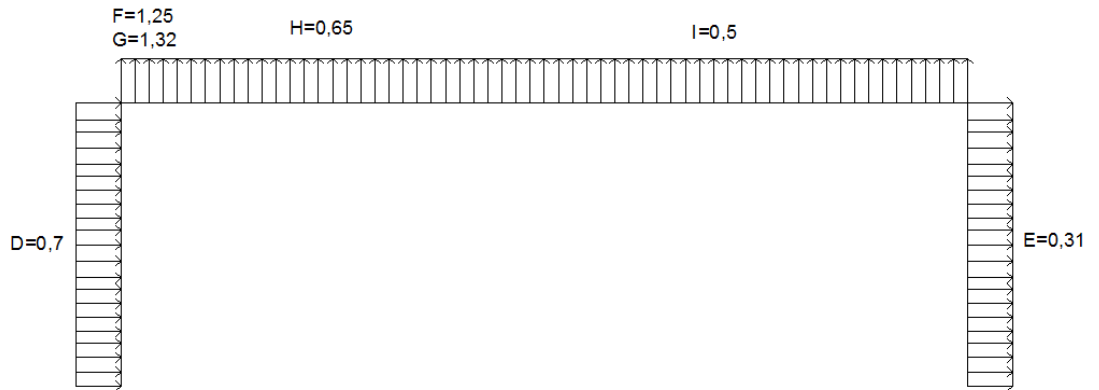
Rüzgarın mahyaya paralel geldiği durum için tüm basınç bölgeleri Şekil 4.32'da gösterilmiştir.



Şekil 4.32 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda basınç bölgeleri.

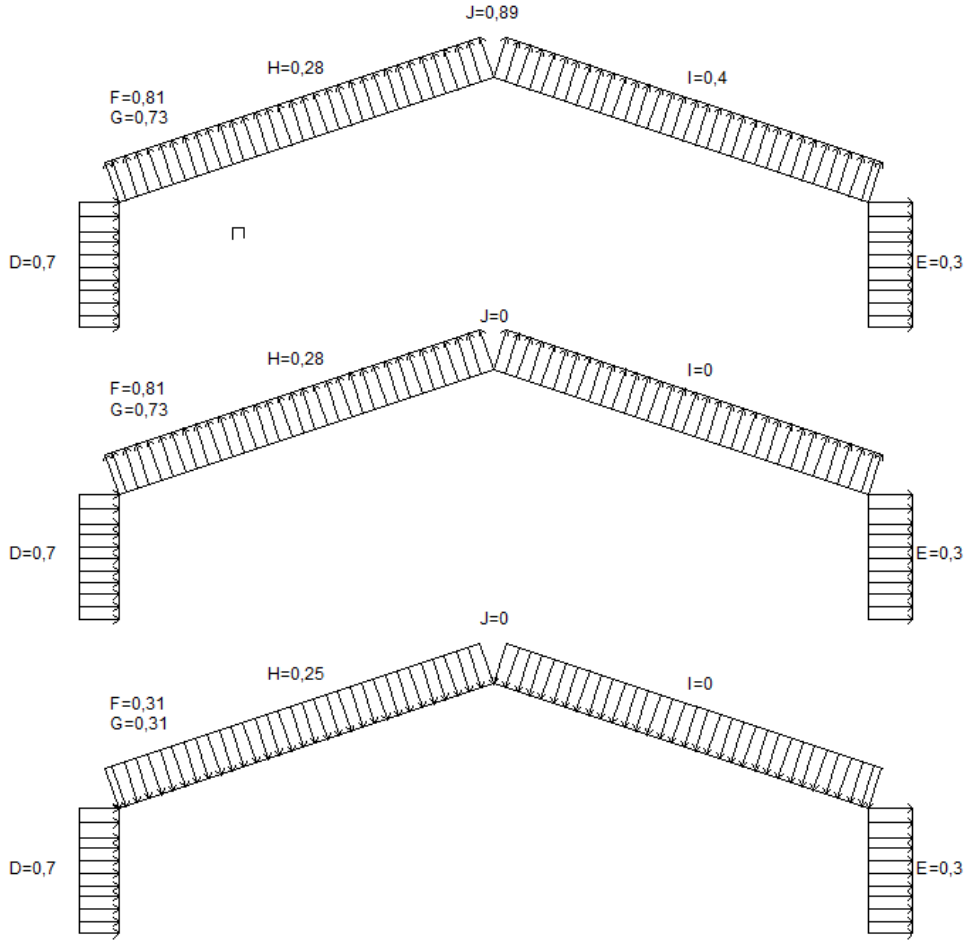
4.2.3.3 Basınç katsayılarının gösterimi

Rüzgarın çatı mahyasına paralel esmesi durumu için, D,E,F,G,H,I ve J bölgelerinde oluşacak dış basınç katsayıları Şekil 4.33'de gösterilmiştir



Şekil 4.33 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumunda dış basınç katsayılarının dağılımı.

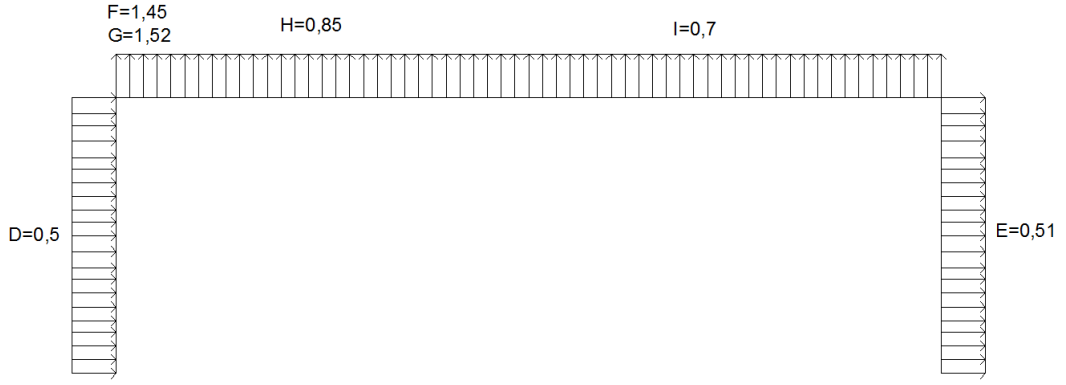
Rüzgarın çatı mahyasına dik esmesi durumu için, çatı dış basınç katsayılarının en küçük ve en büyük değerlerinden oluşan dört kombinasyon yapılır. Yönetmelik içerisinde aynı yüzeylerde farklı işaretli basınçlara izin verilmediği için bu örnekte Şekil 4.34'de gösterilen en uygunsuz üç kombinasyon belirlenmiştir.



Şekil 4.34 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumunda dış basınç katsayılarının dağılımı.

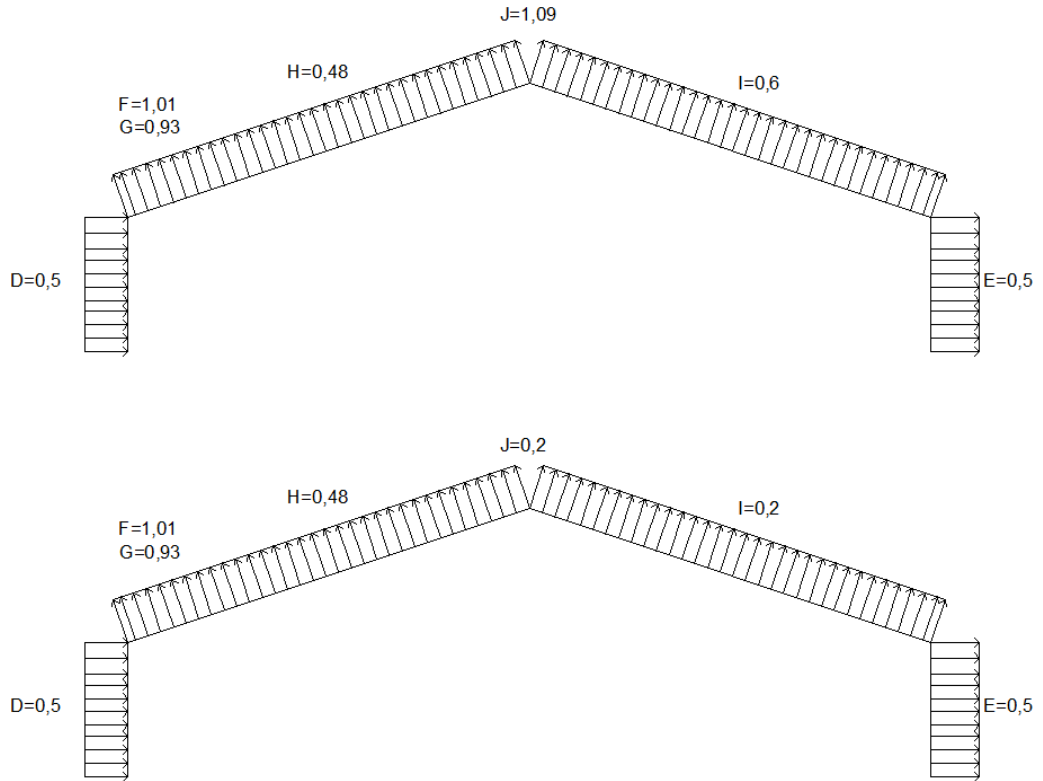
İç basınç katsayısı, bina içindeki açıklıkların dağılımına ve boyutuna bağlıdır. Bu örnek için de binanın geçirgenlik ve açıklık oranını tahmin etmek mümkün olmadığı için, yönetmelikte tavsiye edilen değer olan +0,2 ve -0,3 değerleri kullanılmıştır.

İç basınç katsayısının +0,2 ve rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için basınç katsayıları Şekil 4.35'de gösterilmiştir.



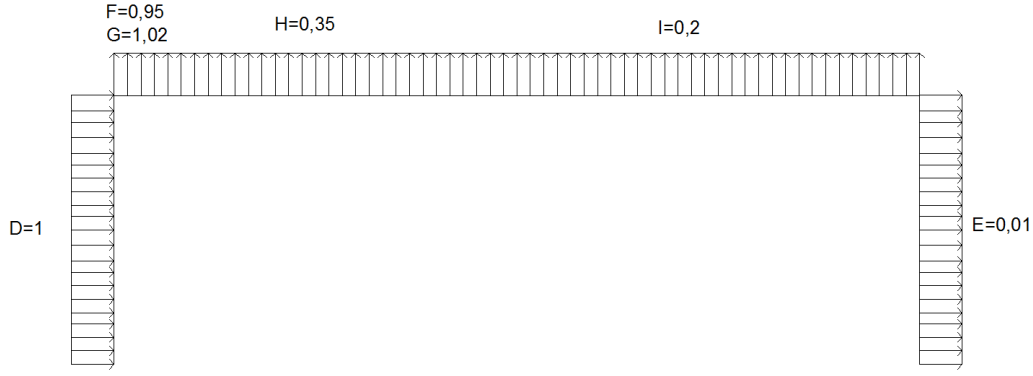
Şekil 4.35 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.

İç basınç katsayısının +0,2 ve rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu için basınç katsayıları Şekil 4.36'de gösterilmiştir. Yönetmelikte aynı yüzeylerde farklı işaretli basınçlara izin verilmediği için iki kombinasyon oluşmuştur.



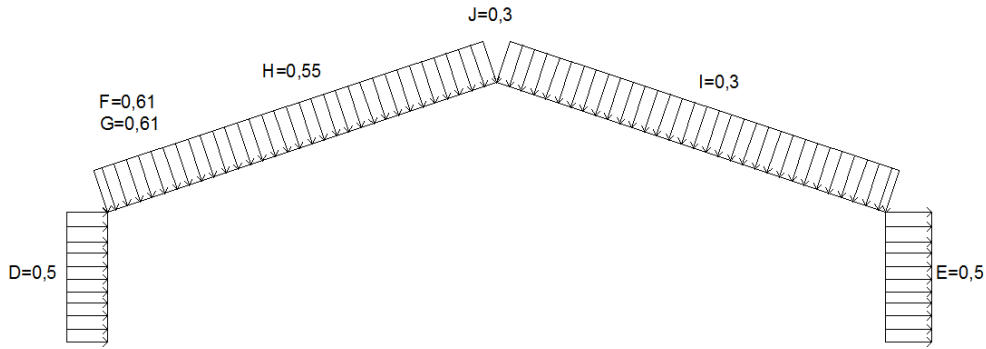
Şekil 4.36 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.

İç basınç katsayısının -0,3 ve rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için basınç katsayıları Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



Şekil 4.37 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.

İç basınç katsayısının -0,3 ve rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu için basınç katsayıları Şekil 4.38'de gösterilmiştir. Yönetmelikte aynı yüzeylerde farklı işaretli basınçlara izin verilmediği için tek kombinasyon oluşmuştur.



Şekil 4.38 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için basınç katsayılarının dağılımı.

4.2.3.4 Yüzeylerdeki rüzgar basıncının hesaplanması

Tüm yüzeylere etkiyen rüzgar basıncı Denklem 4.41 ile hesaplanır. Rüzgarın mahyaya dik gelmesi ve çatı basınç katsayılarının birinci, ikinci ve üçüncü kombinasyonları için hesaplanan rüzgar basınçları, sırasıyla, Çizelge 4.27, Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da gösterilmiştir.

$$w_e = q_p(z).(c_{pe} + c_{pi}) \quad (4.41)$$

Çizelge 4.27 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının birinci kombinasyonu, w_e (N/m²).

Bölge	Basınç Katsayısı ($C_{pe}+C_{pi}$)	Rüzgar Basıncı (N/m ²)
A	-1,4	-2241,33
B	-1	-1600,95
C	-0,7	-1120,67
D	0,5	800,48
E	-0,5	-800,48
F	-1,01	-1616,96
G	-0,93	-1488,88
H	-0,48	-768,46
I	-0,6	-960,57
J	-1,09	-1745,04

Çizelge 4.28 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının ikinci kombinasyonu, w_e (N/m²).

Bölge	Basınç Katsayısı ($C_{pe}+C_{pi}$)	Rüzgar Basıncı (N/m ²)
A	-1,4	-2241,33
B	-1	-1600,95
C	-0,7	-1120,67
D	0,5	800,48
E	-0,5	-800,48
F	-1,01	-1616,96
G	-0,93	-1488,88
H	-0,48	-768,46
I	-0,2	-320,19
J	-0,2	-320,19

Çizelge 4.29 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınçlarının üçüncü kombinasyonu, w_e (N/m²).

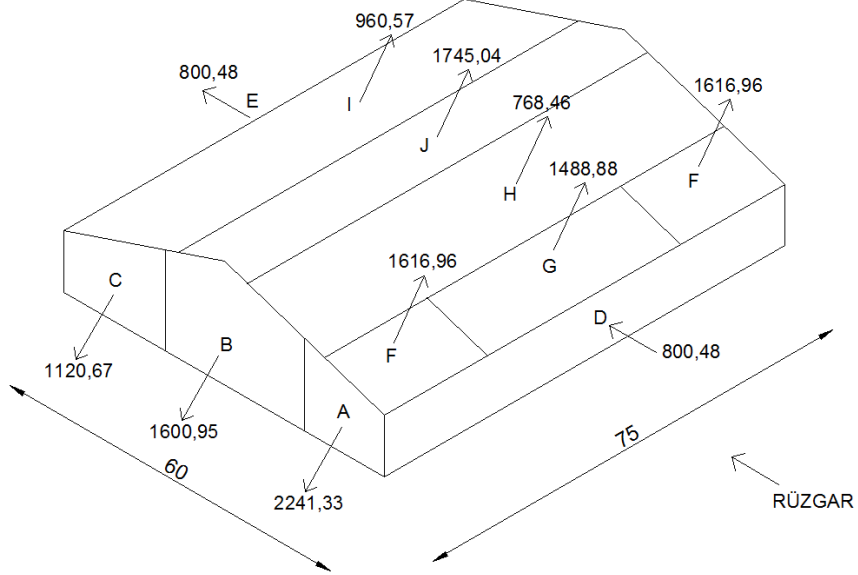
Bölge	Basınç Katsayısı ($C_{pe}+C_{pi}$)	Rüzgar Basıncı (N/m ²)
A	-0,9	-1440,86
B	-0,5	-800,48
C	-0,2	-320,19
D	1	1600,95
E	0	0
F	0,61	976,58
G	0,61	976,58
H	0,55	880,52
I	0,3	480,29
J	0,3	480,29

Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi ve çatı basınç katsayılarının en uygunsuz kombinasyonları için hesaplanan rüzgar basınçları Çizelge 4.30'da gösterilmiştir.

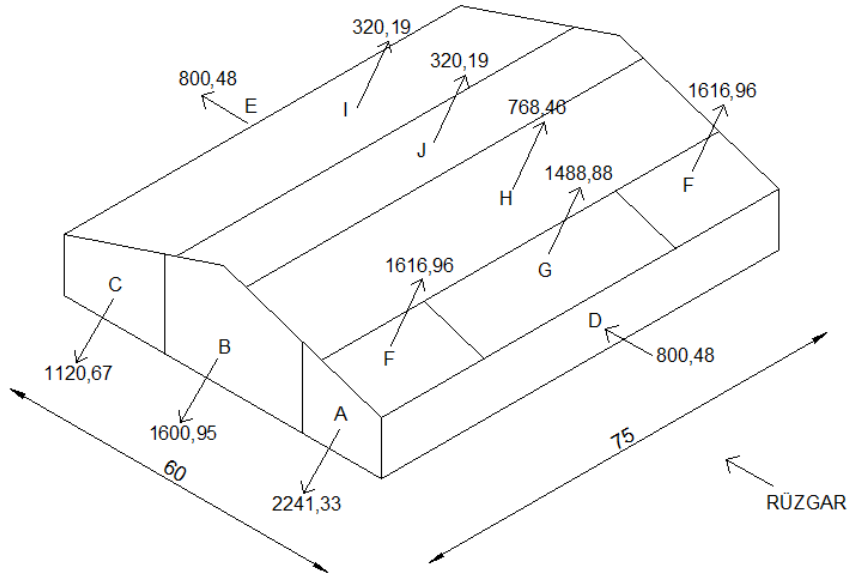
Çizelge 4.30 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için rüzgar basınçlarının dördüncü ve beşinci kombinasyonu, w_e (N/m²).

Bölge	Dış Basınç Katsayısı (C_{pe})	Rüzgar Basıncı (N/m ²)	
		$C_{pi}=+0,2$	$C_{pi}=-0,3$
A	-1,2	-2241,33	-1440,86
B	-0,8	-1600,95	-800,48
C	-0,5	-1120,97	-320,19
D	0,7	800,48	1600,95
E	-0,31	-816,48	-16,01
F	-1,25	-2321,38	-1520,9
G	-1,32	-2433,44	-1632,97
H	-0,65	-1360,81	-560,33
I	-0,5	-1120,67	-320,19

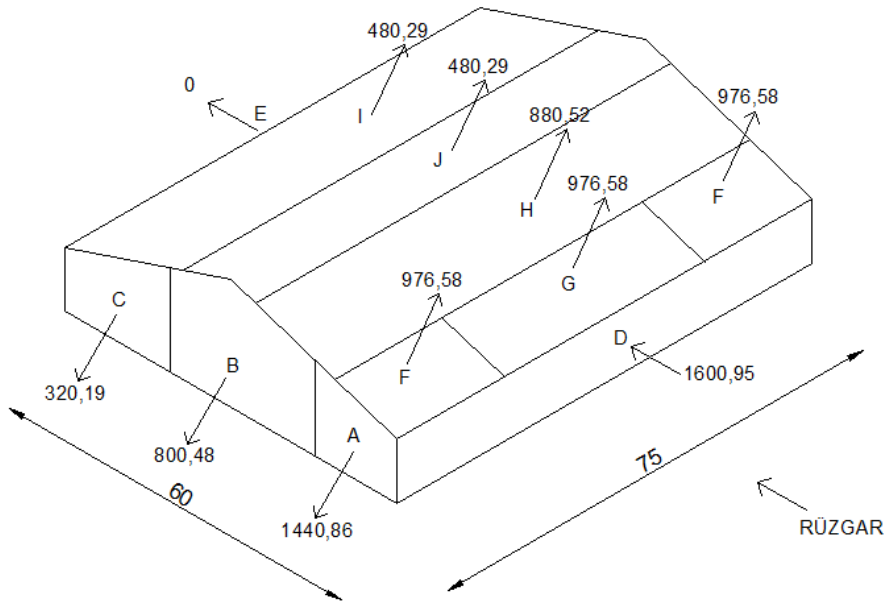
Hesaplanan bu değerlerin rüzgar yönüne ve iç basıncın pozitif veya negatif değerlerine göre hazırlanan en uygunsuz durum kombinasyonları Şekil 4.39, Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te gösterilmiştir.



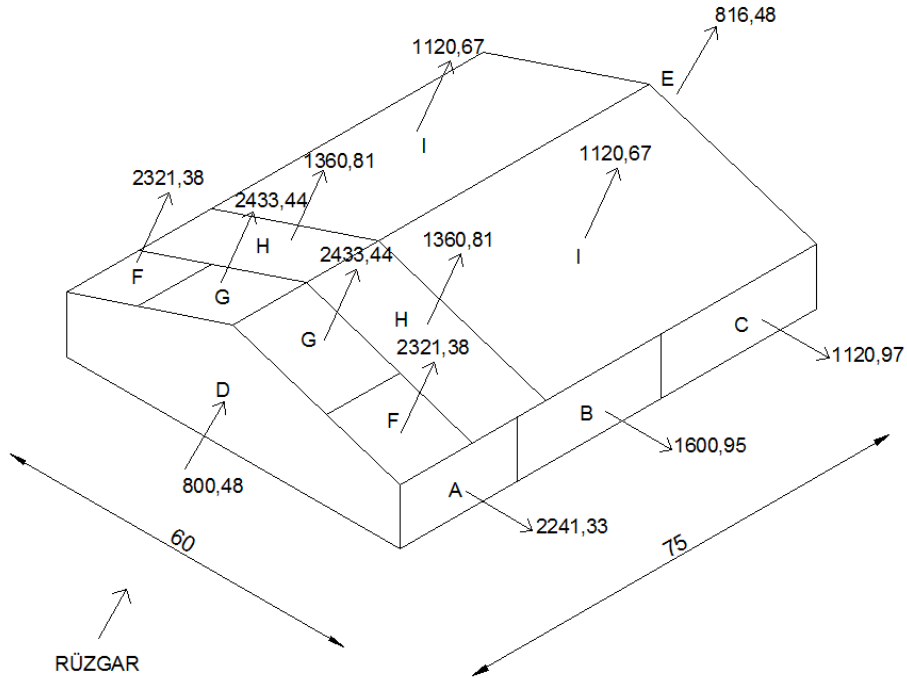
Şekil 4.39 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının birinci kombinasyonu.



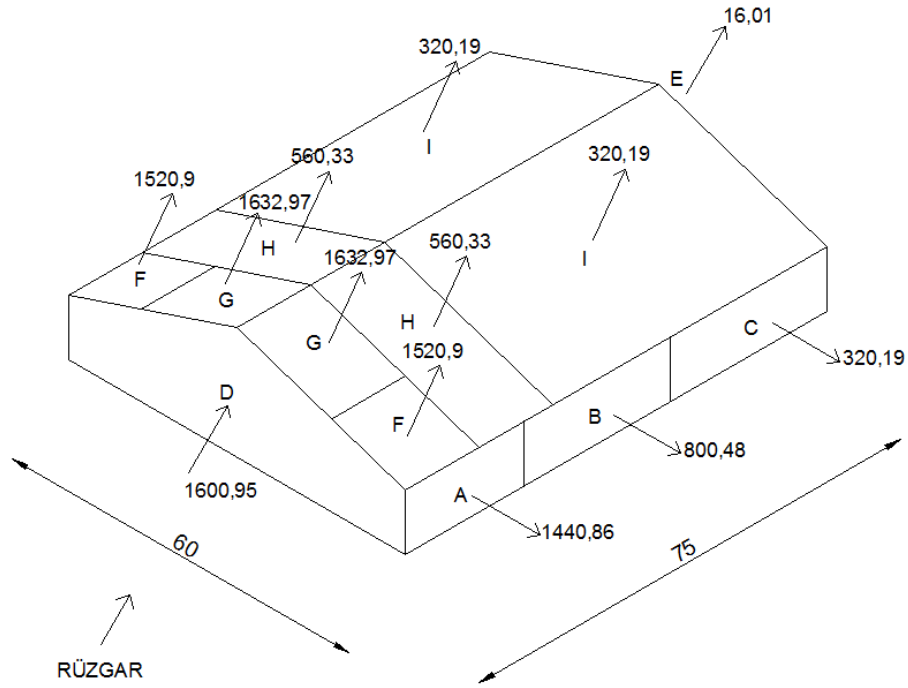
Şekil 4.40 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının ikinci kombinasyonu.



Şekil 4.41 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının - 0,3 değeri için rüzgar basınçlarının üçüncü kombinasyonu.



Şekil 4.42 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için rüzgar basınçlarının dördüncü kombinasyonu.



Şekil 4.43 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının -0,3 değeri için rüzgar basınçlarının beşinci kombinasyonu.

4.3 Örnekler için Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde, tez içerisinde iki farklı yapı türü için hesaplanan rüzgar basınçları karşılaştırılacaktır.

4.3.1 Örnek 1 için sonuçların karşılaştırılması

Yüksek katlı yapı örneği olan Örnek 1 için, ASCE 7-10'a göre hesap yapılırken, rüzgarın dik geldiği yön, iç basınç katsayıları ve yönetmelik içerisinde verilen yüksekliğe bağlı her bir dış basınç katsayısı için rüzgar basıncı hesaplanır. Eurocode 1-4'e göre ise, rüzgarın dik geldiği yön ve iç basınç katsayısına göre rüzgar basınçları belirlenir. Yüksekliklere bağlı net basınç ise ASCE 7-10'dan farklı olarak, yapının altından ve üstünden b mesafe belirlenir, arada kalan değerlerin ne kadar aralıklarla seçileceği ise kullanıcıya bırakılır. Buna göre rüzgarın 40 m'tlik duvar dik gelmesi durumu için rüzgara karşı duvarda oluşacak rüzgar basınçları Çizelge 4.31'de, rüzgarın 60 m'tlik duvar dik gelmesi durumu için rüzgara karşı duvarda oluşacak rüzgar basınçları ise Çizelge 4.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.31 : Rüzgarın 40 m'lik duvara dik gelmesi durumunda ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre net basınç değerleri, (N/m²).

Yüzey	Yükseklik	ASCE 7-10 Sonuçları		h	Eurocode 1-4 Sonuçları	
		Net Basınç			Net Basınç	
		(GC)pi=+0,18	(GC)pi=-0,18		c _{pi} =+0,2	c _{pi} =-0,3
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	166,12	690,31	40	790,99	1450,14
	6,1	203,68	727,87			
	7,6	233,74	757,92			
	9,1	263,78	787,97			
	12,2	308,86	833,05			
	15,2	346,42	870,61			
	18	376,47	900,66			
	21,3	406,52	930,71			
	24,4	436,57	960,76			
	27,4	459,1	983,29			
	30,5	481,65	1005,84	42,7	809,91	1484,84
	36,6	519,21	1043,4			
	42,7	556,77	1080,96			
	48,8	586,82	1111,01			
	54,9	616,87	1141,06			
	61	639,41	1163,6			
	76,2	699,51	1223,7			
	91,4	752,1	1276,29			
	100	774,63	1298,82			

Çizelge 4.32 : Rüzgarın 60 m'lik duvara dik gelmesi durumunda ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre net basınç değerleri, (N/m²).

Yüzey	h	ASCE 7-10 Sonuçları		h	Eurocode 1-4 Sonuçları	
		Net Basınç			Net Basınç	
		(GC) $\mu_i=+0,18$	(GC) $\mu_i=-0,18$		$c_{\mu_i}=+0,2$	$c_{\mu_i}=-0,3$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	166,12	690,31	60	911,23	1670,58
	6,1	203,68	727,87			
	7,6	233,74	757,92			
	9,1	263,78	787,97			
	12,2	308,86	833,05			
	15,2	346,42	870,61			
	18	376,47	900,66			
	21,3	406,52	930,71			
	24,4	436,57	960,76			
	27,4	459,1	983,29			
	30,5	481,65	1005,84	100	1072,11	1965,54
	36,6	519,21	1043,4			
	42,7	556,77	1080,96			
	48,8	586,82	1111,01			
	54,9	616,87	1141,06			
	61	639,41	1163,6			
	76,2	699,51	1223,7			
	91,4	752,1	1276,29			
	100	774,63	1298,82			

Cephe duvarları ve çatılar için ASCE 7-10 tek bölge olarak incelerken, Euroce 1-4'e göre cephe duvarları A,B; çatı ise F,G,H ve I olmak üzere farklı bölgelere ayrılmıştır. Buna göre rüzgarın 40 mt'lik duvar dik gelmesi durumu için yan duvarlar ve çatıda oluşacak rüzgar basınçları Çizelge 4.33'de, rüzgarın 60 mt'lik duvar dik gelmesi durumu için yan duvarlar ve çatıda oluşacak rüzgar basınçları ise Çizelge 4.34'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.33 : Rüzgarın 40 mt'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m²).

Yüzey	h	ASCE 7-10 Sonuçları		Bölge	Eurocode 1-4 Sonuçları	
		Net Basınç			Net Basınç	
		(GC)pi=+0,18	(GC)pi=-0,18		c _{pi} =+0,2	c _{pi} =-0,3
Arka Duvar	Hepsi	-780,46	-256,27	Tümü	-1429,48	-536,06
Cephe Duvar	Hepsi	-1169,23	-645,04	A	-2501,59	-1608,17
				B	-1786,85	-893,43
				C	-1250,8	-357,37
Çatı	0-50 m	-1609,84	-1085,65	F	-3216,33	-2322,91
				G	-2322,91	-1429,48
	50-60 m	-1169,23	-645,04	H	-1608,17	-714,74
				I	-714,74	178,69

Çizelge 4.34 : Rüzgarın 60 mt'lik duvara dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m²).

Yüzey	h	ASCE 7-10 Sonuçları		Eurocode 1-4 Sonuçları		
		Net Basınç		Bölge	Net Basınç	
		(GC)pi=+0,18	(GC)pi=-0,18		cpi=+0,2	cpi=-0,3
Arka Duvar	Hepsi	-910,05	-385,86	Tümü	-1304,4	-410,98
Cephe Duvar	Hepsi	-1169,23	-645,04	A	-2501,59	-1608,17
				B	-1786,85	-893,43
Çatı	0-40 m	-1609,84	-1085,65	F	-3216,33	-2322,91
				G	-2322,91	-1429,48
				H	-1608,17	-714,74
				I	-714,74	178,69

4.3.2 Örnek 2 için sonuçların karşılaştırılması

Endüstri yapısı örneği olan Örnek 2 için, ASCE 7-10'a göre hesap yapılırken, rüzgarın dik geldiği yön, iç basınç katsayıları ve yönetmelik içerisinde verilen yüksekliğe bağlı her bir dış basınç katsayısı için rüzgar basıncı hesaplanır. Eurocode 1-4'e göre ise, rüzgarın dik geldiği yön ve iç basınç katsayısına göre rüzgar basınçları belirlenir. Yüksekliklere bağlı net basınç ise ASCE 7-10'dan farklı olarak, tek değer belirlenir. Buna göre rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için hesaplanan rüzgar basınçları Çizelge 4.35'de, mahyasına dik gelmesi durumu için hesaplanan rüzgar basınçları ise Çizelge 4.36'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.35 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m²).

Yüzey	ASCE 7-10 Sonuçları			Eurocode 1-4 Sonuçları		
	Yükseklik	Net Basınç		Bölge	Net Basınç	
		(GC) $p_i=+0,18$	(GC) $p_i=+0,18$		$c_{pi}=+0,2$	$c_{pi}=-0,3$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	402,85	816,88	D	800,48	1600,95
	6,1	438,73	852,76			
	7,6	467,42	881,45			
	9,1	496,12	910,16			
	10	510,47	924,50			
Arka Duvar	Hepsi	-695,80	-281,77	E	-800,48	0

Çizelge 4.36 : Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi durumu için rüzgar basınçları, (N/m²).

Yüzey	ASCE 7-10 Sonuçları			Eurocode 1-4 Sonuçları		
	Yükseklik	Net Basınç		Bölge	Net Basınç	
		(GC) $p_i=+0,18$	(GC) $p_i=+0,18$		$c_{pi}=+0,2$	$c_{pi}=-0,3$
Rüzgara Dik Duvar	0-4,6	402,85	816,88	D	800,48	1600,95
	6,1	438,73	852,76			
	7,6	467,42	881,45			
	9,1	496,12	910,16			
	12,2	539,18	953,21			
	15	575,05	989,08			
	18	603,75	1017,78			
	20	618,10	1032,13			
Arka Duvar	Hepsi	-649,93	-232,89	E	-816,48	-16,01

Cephe duvarları için hesaplanan basınç değerleri ise Çizelge 4.37'de karşılaştırılmıştır. ASCE 7-10'a göre tek bölge hesaplanırken, Eurocode için üç farklı bölgede hesap yapılmıştır.

Çizelge 4.37 : Cephe duvarları için ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4'e göre hesaplanan rüzgar basınçlarının karşılaştırılması, (N/m²).

Yüzey	ASCE 7-10 Sonuçları			Eurocode 1-4 Sonuçları	
	Yükseklik	Net Basınç		Net Basınç	
		(GC)pi=+0,18	(GC)pi=+0,18	Bölge	c _{pi} =+0,2 c _{pi} =-0,3
Cephe Duvar	Hepsi	-891,32	-477,29	A	-2241,33 -1440,86
				B	-1600,95 -800,48
				C	-1120,67 -320,19

Çatı bölgelerinde hesaplanan basınç değerleri ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4 için farklı çizelgelerde verilmiştir. Çünkü, ASCE 7-10'a göre hesaplanan değerlerde belirli mesafelerde kuşak olarak etkililirken, Eurocode 1-4'e göre hesaplanan değerler farklı binanın her iki doğrultusu içinde belirlenen bölgelere etkililir. Ayrıca, Eurocode basınç hesabında iç katsayıların farklı etkililme değerlerinden meydana gelen farklı kombinasyonlar olduğu için çizelgeler birleştirilmemiştir. Buna göre rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu için ASCE 7-10'a göre hesaplanan basınç değerleri Çizelge 4.38, Eurocode 1-4 ise Çizelge 4.39'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.38 : Rüzgarın çatı mahyasına dik gelmesi durumu için ASCE 7-10'a göre belirlenen rüzgar basınçları, (N/m²).

Yüzey	Net Basınç	
	(GC)pi=+0,18	(GC)pi=-0,18
Rüzgara Karşı Çatı	-558,94	-144,91
	-70,16	343,88
Rüzgar Arkası Çatı	-764,23	-350,20

Çizelge 4.39 : Rüzgarın mahyaya dik gelmesi durumu ve iç basınç katsayısının +0,2 değeri için Eurocode 1-4' göre belirlenen rüzgar basınçlarının birinci kombinasyonu, (N/m²).

Bölge	Rüzgar Basıncı c _{pi} =+0,2 1.Kombinasyon (N/m ²)	Rüzgar Basıncı c _{pi} =+0,2 2.Kombinasyon (N/m ²)	Rüzgar Basıncı c _{pi} =-0,3 3.Kombinasyon (N/m ²)
F	-1616,96	-1616,96	976,58
G	-1488,88	-1488,88	976,58
H	-768,46	-768,46	880,52
I	-960,57	-960,57	480,29
J	-1745,04	-1745,04	480,29

Rüzgarın çatı mahyasına paralel gelmesi durumu için ASCE 7-10'a göre hesaplanan basınç değerleri Çizelge 4.40'de, Eurocode'a göre hesaplanan değerler ise Çizelge 4.41'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.40 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için ASCE 7-10'a göre belirlenen rüzgar basınçları, (N/m²).

Yüzey	Yükseklik	Net Basınç	
		(GC) $p_i=+0,18$	(GC) $p_i=-0,18$
Çatı	0-7,5 m	-1086,84	-672,80
	7,5-15 m	-1086,84	-672,80
	15-30 m	-695,80	-281,77
	30 m ~	-500,29	-86,26

Çizelge 4.41 : Rüzgarın mahyaya paralel gelmesi durumu için Eurocode 1-4'e göre belirlenen rüzgar basınçları, (N/m²).

Bölge	Rüzgar Basıncı (N/m ²)	
	$c_{pi}=+0,2$	$c_{pi}=-0,3$
F	-2321,38	-1520,9
G	-2433,44	-1632,97
H	-1360,81	-560,33
I	-1120,67	-320,19

Çizelge 4.42'de her iki örnek içinde hesaplanan taban kesme kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 4.42 : Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması, (N/m).

Yönetmelik	Rüzgar Yönü	ASCE 7-10	Eurocode 1-4	Oran
Örnek 1	Rüzgar 40 mt'lik duvara dik	135010,79	222338,50	1,65
	Rüzgar 60 mt'lik duvara dik	147969,79	240506,20	1,63
Örnek 2	Rüzgar Mahyaya Dik	11373,96	16009,6	1,41
	Rüzgar Mahyaya Paralel	23284,17	32339,20	1,39

5. TS 498 YÖNETMELİĞİNE GÖRE RÜZGAR HESABI

TS 498 bina, hastane, sanayi yapıları ve spor tesisleri gibi yapılarda, taşıyıcı yapısal elemanların boyutlandırılmasında esas alınacak yüklerin hesap değerlerini içeren, Türk Standartları Enstitüsü'nün İnşaat Hazırlık Grubun'ca hazırlanmış yük yönetmeliğidir. Bu yönetmelik esas alınarak hız basıncı, rüzgar basıncı ve rüzgar yükünün hesap yöntemleri ayrı ayrı alt başlıklarda incelenmiştir.

5.1 Emme (Hız Basıncı)

Eurocode 1-4 ve ASCE 7-10 içerisinde hız basıncı olarak geçen basınç tipi, TS 498 içerisinde emme basıncı olarak geçer. Emme basıncı Denklem 5.1 ile hesaplanır.

$$q_z = \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (5.1)$$

Burada hava birim hacim ağırlığı 1,25 kg/m³ ve hızda m/s cinsinden yerine koyulursa Denklem 5.2 elde edilir.

$$q_z = \frac{v^2}{1600} \quad (kN / m^2) \quad (5.2)$$

Yönetmelik içerisinde yüksekliğe bağlı emme değerleri Çizelge 5.1'de gösterildiği üzere verilmiştir.

Rüzgarın topoğrafik etkilerden dolayı şiddetinin artabileceği düşünülerek, emme 1,1 kN/m² alması yönetmelik içerisinde önerilir.

Çizelge 5.1 : Emme değerleri (kN/m²).

Zeminden yükseklik (m)	Rüzgar Hızı (m/s)	Emme,q (kN/m ²)
0-8	28	0,5
9-20	36	0,8
21-100	42	1,1
>100	46	1,3

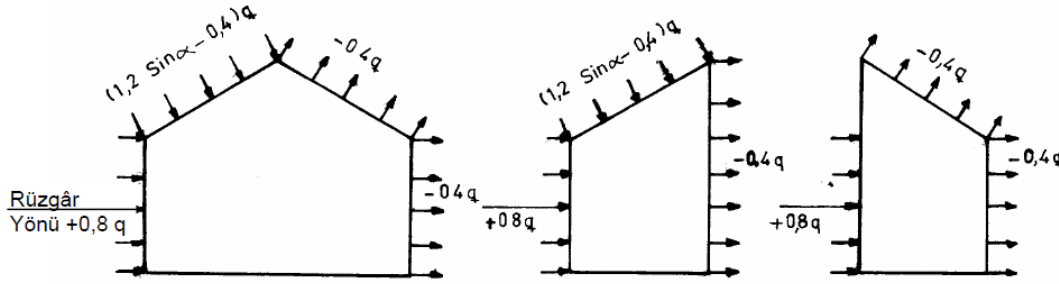
5.2 Rüzgar Basıncı

Yapının üst düzeylerine etkiyen rüzgar basıncı Denklem 5.3 ile hesaplanır.

$$w = C_p \cdot q \quad (kN / m^2) \quad (5.26)$$

Burada, q emme, Cp ise emme katsayısını ifade eder.

Rüzgar etkileri planda kare ve eğimli çatılara sahip bir yapı için Şekil 4.1'de gösterildiği gibi etkitilir.



Şekil 5.1 : Planda kare kesitli ve eğimli çatılara sahip yapılar için rüzgar yükünün dağılımı.

Diğer yapı elemanları içinse yönetmelikte verilen ilgili tablolar kullanılabilir.

5.3 Örnek 1'in TS 498'e Göre Çözümü

Yüksekliği 100 m olan Örnek 1, Çizelge 5.1'e göre hazırlanırsa rüzgara dik ve arka duvar için Çizelge 5.2 elde edilir.

Çizelge 5.2 : Rüzgar basınçları (N/m²).

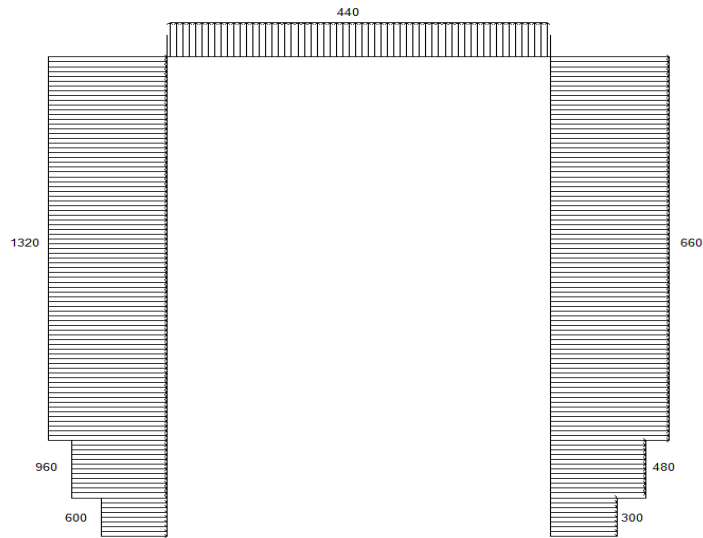
Zeminden yükseklik (m)	Rüzgar Hızı, v (m/s)	Rüzgara Dik Duvar Rüzgar Basıncı, w (N/m²)	Rüzgara Karşı Duvar Rüzgar Basıncı, w (N/m²)
0-8	28	600	300
9-20	36	960	480
21-100	42	1320	660

Burada verilen rüzgar yükleri hesaplanırken, C_p değeri rüzgara karşı duvar için 1,2; arka duvar için ise 0,4 alınmıştır.

Çatı için rüzgar yükü Denklem 5.4 ile hesaplanır. Burada C_p değeri 0,4 alınır.

$$w = C_p \cdot q = 0,4 \cdot 1100 = 440 \quad (N / m^2) \quad (5.4)$$

Çatı ve duvarlar için hesaplanan rüzgar basınçları Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Buradan görüldüğü üzere hesaplanan değerler Eurocode ve ASCE'ye göre hesaplanan değerlerden daha düşüktür. Ayrıca ilgili yönetmeliklerde olduğu gibi rüzgarın hangi duvara dik geldiği gibi ekstra parametrelerinde önemi olmaksızın, sadece yapı tipine bağlı olarak tek katsayı ile rüzgar basıncı elde edilir.

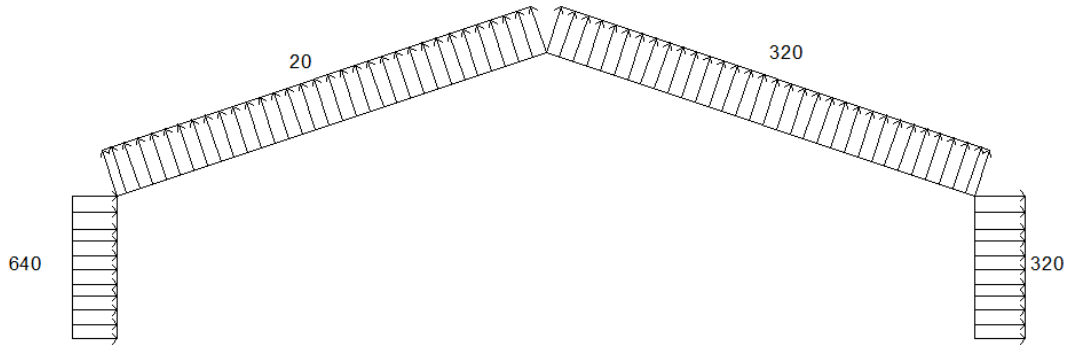


Şekil 5.2 : Rüzgar yükü dağılımı (N/m²).

5.4 Örnek 2'nin TS 498'e Göre Çözümü

Endüstri yapısı örneği olan Örnek için rüzgar yükünün dağılımı Şekil 5.1'de gösterilmişti. Burada çatı eğimi $18,4^\circ$ ve emme değerinin 800 N/m^2 alınmıştır. Buna göre Şekil 5.3 hazırlanmıştır.

Şekil 5.3'te görüldüğü üzere hesaplanan değerler Eurocode ve ASCE'ye göre hesaplanan değerlerden daha düşüktür. Ayrıca ilgili yönetmeliklerde olduğu gibi rüzgarın hangi duvara dik geldiği gibi ekstra parametrelerinde önemi olmaksızın, sadece yapı tipine bağlı olarak tek katsayı ile rüzgar basıncı elde edilir.



Şekil 5.3 : Rüzgar yükü dağılımı (N/m^2).

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Tez kapsamında yapılara etkiyen rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılan iki yönetmelik olan ASCE 7-10 ve Eurocode 1-4 hesap yöntemleri bakımından incelenmiş ve bölüm 4 içerisinde bu yönetmeliklere göre iki yapı örneği için rüzgar yüklerinin hesabı yapılmıştır. Hesaplanan yatay rüzgar yüklerinin oluşturduğu taban kesme kuvvetleri, yine aynı bölümün içerisinde hesaplanmış ve çizelgeler ile karşılaştırılmıştır. Bölüm 5'te ise TS 498 incelenmiş ve bu örneklerin hesabı tekrarlanmıştır. Aşağıda verilen Çizelge 6.1'de rüzgar etkilerinin oluşturduğu kat kesme kuvvetlerinin ASCE 7-10, Eurocode 1-4 ve TS 498'e karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 6.1 : Taban kesme kuvvetlerinin ASCE 7-10, Eurocode 1-4 ve TS 498'e göre karşılaştırılması.

Yönetmelik	Rüzgar Yönü	ASCE 7-10	Eurocode 1-4	TS 498
Örnek 1	Rüzgar 40 m'tlik duvara dik	135010,79	222338,50	119640
	Rüzgar 60 m'tlik duvara dik	147969,79	240506,20	119640
Örnek 2	Rüzgar Mahyaya Dik	11373,96	16009,6	9600
	Rüzgar Mahyaya Paralel	23284,17	32339,20	9600

6.1 Sonuç ve Öneriler

Tez kapsamında iki yönetmelik içerisinde rüzgar yüklerinin hesabı için verilen parametreler ve hesap yöntemleri incelenmiş, devamında ise iki farklı yapı tipi için her iki yönetmeliğe göre rüzgar yüklerinin hesabı yapılmıştır. Son olarak, hesaplanan rüzgar yükleri çizelgelerle karşılaştırılmıştır. Bu bölüm içerisinde, yapılan yönetmelik incelemelerine ve rüzgar yükü karşılaştırmalarına göre elde edilen sonuçlar belirtilecektir.

ASCE 7-10 genel kullanım bakımından Eurocode 1-4'e göre daha kolay ve pratiktir. Katsayılar ve önemli görülen notlar çizelgelerle desteklenmiş ve formül kalabalığından arındırılmıştır.

ASCE 7-10 hesap yöntemleri bakımından farklı yükseklikteki farklı yapı tipleri için basitleştirilmiş hesap yöntemleri içermektedir. Bu yöntemlere göre, örneğin düşük yükseklikli kapalı yapı tipi bina için, rüzgar basınçlarının ayrı ayrı hesaplanmasına gerek yoktur. Rüzgar basıncı değerleri yönetmelik içerisinde verilen tablolardan, belirli parametrelere bağlı olarak hazır bir şekilde elde edilebilir. Eurocode-1-4'te ise bütün yapı tipleri ve yükseklikler için tek hesap yöntemi kullanılmaktadır.

ASCE 7-10'a göre hız basınçlarının hesabı yapılırken, rüzgar hızı yerleşim bölgeleri Amerika olan yapılar için bina risk kategorilerine göre yönetmelik içerisinde verilen haritalardan elde edilir. Rüzgar hızı ASCE 7-10'da arazi kategorisi C olan bölgelerde, 10 mt yükseklikte 3 saniye periyotlar ile ölçülen hız olarak tanımlanır. Eurocode 1-4'te ise rüzgar hızı, açık arazilerde 10 dakikalık periyotlarla ölçülen hız değeri olarak tanımlanır. Bu ölçüm farklarından dolayı ASCE 7-10'a göre elde edilen rüzgar hızının değeri, Eurocode 1-4'e göre elde edilen rüzgar hızından ortalama 1,5 kat fazladır. Çünkü ASCE 7-10 türbülans etkilerini rüzgar hızı içerisinde işleme dahil eder. Eurocode 1-4'te ise türbülans etkileri hız kaynaklı rüzgar basıncı hesaplanırken ayrıca işleme dahil edilir.

Yapılan örnekler için bulunan değerler bakımından, Eurocode 1-4'e göre hesaplanan rüzgar yüklerinin, ASCE 7-10'a göre hesaplanan rüzgar yüklerine göre daha büyük sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Her iki örnek içinde yatay doğrultuda etkiyen toplam taban kesme kuvvetleri hesaplanmış, sonuçlarda Eurocode 1-4'e göre hesaplanan değerlerin, ASCE 7-10'a göre hesaplanan değerlerin 1,39 ile 1,65 katı arasında olduğu gözlemlenmiştir. Bu farkın oluşmasında ki birincil neden, hız basıncıdır. Her iki yönetmelik içinde 10 dakikalık periyotlarda ölçülen rüzgar hızları göz önüne alınıp, türbülans etkileri göz ardı edilerek hız basınçları hesaplandığında, birbirlerine yakın değerler elde edilmektedir. Fakat rüzgar hızı ASCE 7-10'a göre 3 saniye aralıklarla ölçülen değer alındığında ve türbülans etkileri işleme dahil edildiğinde, Eurocode 1-4'e göre hesaplanan hız basınçları, ASCE 7-10'a göre hesaplanan hız basınçlarından daha yüksek çıkmıştır. İkincil neden ise, hız basınçları profilinden kaynaklanmaktadır. ASCE 7-10'da hız basınçları kısa mesafelerde küçük artışlar yaparak etkililirken, Eurocode 1-4'te ise yapı geometrisine göre belirlenen

uzun aralıklarla büyük artış yaparak yapıya etki ettirilir. Bu sebepten dolayı yüksek yapı örneğinde elde edilen farklar daha yüksek olmuştur.

Arka duvar için ise hem ASCE 7-10'da hem de Eurocode 1-4'te benzer ifadeler kullanılmıştır. Arka duvar tek parça olarak kabul edilmiş ve hesaplanan basınçların rakamsal olarak birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir.

Yan duvarlarda oluşan basınç ASCE 7-10'a göre tek bölgede incelenirken, Eurocode 1'e göre üç farklı bölgeye ayrılarak incelenmiştir.

Çatıya etkiyen rüzgar yükleri Eurocode 1-4 içerisinde ASCE 7-10'a göre daha ayrıntılı olarak incelemiş, çatı bölgesi ayrı bölümlere ayrılarak değerlendirilmiştir. ASCE 7-10'da ise çatı daha geniş olarak bölümlendirilerek rüzgar yükleri hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak, Eurocode 1-4'ün işlem fazlalığı ASCE 7-10'a göre artmıştır.

TS 498 içerisinde yer alan hesap yönteminde yapıda oluşan rüzgar basınç dağılımı çok basit olarak ifade edilir. Örneğin, TS 498 için rüzgarın hangi doğrultuda estiğinin, rüzgar yükleri açısından bir önemi yoktur, her iki doğrultu içinde bir tane rüzgar yükü dağılımı oluşturulur. Bu yönetmelik içerisinde sadece belirli geometriye sahip yapılar için bilgiler mevcuttur, bu yüzden farklı tiplerdeki yapılar için geçerliliğini kaybeder. Rüzgar basıncı ise sadece yüksekliğe bağlı rüzgar hızına göre değişiklik gösterir. Topoğrafik etkiler (rüzgar doğrultusu, arazi kategorisi, engebelilik katsayılar vb.) ve iç basınç etkileri gözardı edilmiştir. Türbülans etkilerinden ise bahsedilmemiş, sadece rüzgarın statik etkileri üzerinde durulmuştur.

TS 498'e göre belirlenen rüzgar yüklerinin, yapılarda oluşturduğu taban kesme kuvvetleri Eurocode 1-4 ve ASCE 7-10'a göre hesaplanan değerlerden küçük çıkmıştır. TS 498 her iki yönetmeliğe göre de farklı bir hesap yöntemi izlediğinden, bu farklılığın belirli bir etkiden dolayı olmadığı, hesabın genelinden kaynaklandığı söylenebilir.

Yapılan bu karşılaştırmalar sonucunda, TS 498, rüzgar yüklerinin hesabında birçok parametre ve etkiyi gözardı eden hesap yöntemiyle uluslararası alanda kullanılan Eurocode 1-4 ve ASCE 7-10'a göre geri kaldığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- ASCE 7-10**, 2010. Minimum design loads for buildings and other structures, *American Society of Civil Engineers*, Reston, Virginia.
- Baker, C.j. & Hargreaves, D.M.**, 2013. Fifty years of wind engineering, *Prestige Lectures from the Sixth European and African Conference on Wind Engineering*. Cambridge, UK.
- Cochran, L.**, 2012. Wind issues in the design of buildings, *American Society of Civil Engineers*. Reston Virginia.
- Eurocode 1**, 2004. Actions on structures/general actions, part 1-4: wind actions, *CEN/TC 250*, Management Centre, Brusesels.
- Harper, B. A., Kepert, J.D. & Ginger J.D.** 2010: Guidelines for converting between various wind averaging periods in tropical cyclone conditions, *World Meteorological Organization*, Geneva, Switzerland.
- Holmes, J. D.**, 2003: Wind Loading on Structures, SPON PRESS, New Fetter Lane, London.
- Mehta, K. C. & Coulbourne, W. L.** 2013. Guide to the wind loads provisions of ASCE 7-10. *Amerikan Society of Civil Engineers*, Reston, Virginia.
- Oostlander, S. P.** 2013. Wind loads on a crane. *Faculty Mechanical, Maritime and Materials Engineering*, Delft, Netherlands.
- TS 498**. 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standartlar Enstitüsü*, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Cem ÖZLEK
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.09.1988 / Bakırköy
E-posta : cozlek@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2010-2011 Yavuz Mimarlık - Proje Mühendisi
- 2011-2014 Gürbüz İnşaat - Saha Mühendisi
- 2014-..... Peri GmbH - Proje Mühendisi