

Corso

# Tecnica delle costruzioni

Catania

ottobre 2017 - gennaio 2018

03 - Normativa. Azioni sulle costruzioni

24 ottobre 2017

Aurelio Gheresi

# Normativa italiana ed Eurocodici

- Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)  
versione attuale: DM 14/1/2008  
nuova versione: approvata dal Consiglio superiore  
dei lavori pubblici il 14/11/2014
- Circolare esplicative "Istruzioni per l'applicazione  
delle NTC 2008" del 2/2/2009
- Eurocodici  
EN 1990 - Principi generali  
EN 1991-99 - Eurocodice 1-9

# Norme Tecniche per le Costruzioni

## Indice

- Capitolo 1 - Oggetto
- Capitolo 2 - Sicurezza e prestazioni attese
  - Principi fondamentali su sicurezza e azioni  
Corrisponde a EN 1990
- Capitolo 3 - Azioni sulle costruzioni
  - Carichi verticali, azione sismica, vento, neve ed altre  
Carichi verticali, vento e neve sono trattati in Eurocodice 1  
Azione sismica è trattata in Eurocodice 8

# Norme Tecniche per le Costruzioni

## Indice

- Capitolo 4 - Costruzioni civili e industriali
  - 4.1 Costruzioni di calcestruzzo  
Corrisponde a Eurocodice 2
  - 4.2 Costruzioni di acciaio  
Corrisponde a Eurocodice 3
  - 4.3 Costruzioni composte di acciaio e calcestruzzo  
Corrisponde a Eurocodice 4
  - 4.4 Costruzioni di legno  
Corrisponde a Eurocodice 5
  - 4.5 Costruzioni di muratura  
Corrisponde a Eurocodice 6

# Norme Tecniche per le Costruzioni

## Indice

- Capitolo 5 - Ponti  
Trattato nella parte 2 di Eurocodici 2, 3, 4
- Capitolo 6 - Progettazione geotecnica  
Corrisponde a Eurocodice 7
- Capitolo 7 - Progettazione per azioni sismiche  
Corrisponde a Eurocodice 8
- Capitolo 8 - Costruzioni esistenti  
Trattato nella parte 3 di Eurocodice 8

# Norme Tecniche per le Costruzioni

## Indice

- Capitolo 9 - Collaudo statico
- Capitolo 10 - Redazione dei progetti strutturali esecutivi e della relazione di calcolo
  - Importante soprattutto per la progettazione sismica
- Capitolo 12 - Riferimenti tecnici
  - Fa esplicito riferimento agli Eurocodici

Per quanto non diversamente specificato nella presente norma, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

  - Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN

Carichi verticali

# Carichi verticali

## valori caratteristici e valori di calcolo

La normativa definisce:

- Valori caratteristici  
frattile 95% della distribuzione probabilistica  
(nel caso dei carichi variabili, frattile 95% dei valori  
massimi misurati in un periodo di riferimento  $V_N$ )  
 $g_k$  - carichi permanenti  
 $q_k$  - carichi variabili



# Carichi verticali

## valori caratteristici e valori di calcolo

La normativa definisce:

- Valori caratteristici  
 $g_k$  - carichi permanenti  
 $q_k$  - carichi variabili

Per verifiche allo SLU (in assenza di sisma):

- Valori di calcolo  
 $g_d$  - carichi permanenti  
 $q_d$  - carichi variabili

$$g_d = \gamma_g g_k$$

$$q_d = \gamma_q q_k$$

# Carichi verticali

## valori caratteristici e valori di calcolo

**Tab. 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q$	Favorevoli	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

# Carichi verticali

## Tramezzi

- I tramezzi e gli impianti leggeri degli edifici per abitazioni e per uffici potranno assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale
- Il carico uniformemente distribuito  $g_2$  potrà essere correlato al peso proprio per unità di lunghezza  $G_2$  delle partizioni nel modo seguente

per elementi divisori con	$G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$	$g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$ ;
per elementi divisori con	$1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$	$g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$ ;
per elementi divisori con	$2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$	$g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$ ;
per elementi divisori con	$3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$	$g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$ ;
per elementi divisori con	$4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$	$g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$ .

# Carichi verticali

valori caratteristici e valori di calcolo

La normativa definisce:

- Valori caratteristici  
 $g_k$  - carichi permanenti  
 $q_k$  - carichi variabili

Per verifiche allo SLE (in assenza di sisma):

- Combinazione frequente  
 $g_k + q_k$
- Combinazione rara  
 $g_k + \psi_1 q_k$
- Combinazione quasi permanente  
 $g_k + \psi_2 q_k$

# Carichi verticali

## carichi variabili

- Il valore dei carichi verticali variabili è fornito dalla normativa

**Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni**

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00



# Carichi verticali carichi variabili

- Il valore dei carichi verticali variabili è fornito dalla normativa

C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

# Carichi verticali

## carichi variabili

- Il valore dei carichi verticali variabili è fornito dalla normativa

D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

# Carichi verticali

## NTC: valori di $\psi_0$ $\psi_1$ $\psi_2$

**Tab. 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0



*Azione del vento*

# Azione del vento

- Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici
- Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti

# Azione del vento

L'azione statica equivalente al vento è una pressione (o depressione) la cui entità dipende da:

- Velocità del vento, la quale dipende a sua volta da:
  - Zona geografica
  - Altitudine sul livello del mare
- Esposizione, la quale dipende a sua volta da:
  - Quota e distanza dal mare del sito
  - Classe di rugosità del terreno
  - Altezza rispetto al suolo
- Geometria
  - Forma e inclinazione delle superfici

# Azione del vento

L'azione statica equivalente al vento è una pressione (o depressione)

Si deve considerare anche una azione radente che dipende dal coefficiente d'attrito della superficie

# Azione del vento

## Velocità base di riferimento

- La velocità base di riferimento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni
- La velocità  $v_b$  ha uno stesso valore per siti ubicati ad una quota  $a_s$  rispetto al livello del mare non superiore ad  $a_0$ ; oltre questa quota, la velocità cresce con legge lineare

$$v_b = v_{b,0} c_a$$

con

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

# Azione del vento

## Velocità base di riferimento

- I parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_s$  dipendono dalla zona geografica



# Azione del vento

## Velocità base di riferimento

- I parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_s$  dipendono dalla zona geografica

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

# Azione del vento

## Velocità base di riferimento

- Per quote superiori a 1500 m s.l.m. occorrono valutazioni specifiche
- Al di sotto di tale quota si usano i valori determinati con le formule mostrate  
In prossimità di vette o crinali sarebbe opportuno effettuare valutazioni specifiche, ma i valori non devono comunque essere inferiori a quelli forniti dalle formule mostrate
- Il valore di riferimento  $v_r$  è par a  $v_b$  se il periodo di ritorno di progetto è  $T_R$ , altrimenti dovrà essere opportunamente modificato



# Azione del vento

## Pressione del vento

- La pressione di riferimento  $q_r$  è legata alla velocità di riferimento  $v_r$  del vento

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 \quad [\text{N/m}^2]$$

$$v_r = v_b c_r$$

con  $c_r = 1$   
per  $T_R = 50$  anni

con  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$  densità dell'aria

- Il valore caratteristico  $p_k$  della pressione del vento è dato da

$$p_k = q_r c_e c_p c_d$$

- $c_e$  coefficiente di esposizione
- $c_p$  coefficiente di pressione
- $c_d$  coefficiente dinamico

# Azione del vento

## Coefficiente di esposizione

Si determina in funzione della categoria di esposizione del sito e dell'altezza  $z$  rispetto al suolo del punto considerato

$$c_e(z) = k_r^2 c_{\dagger} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_{\dagger} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

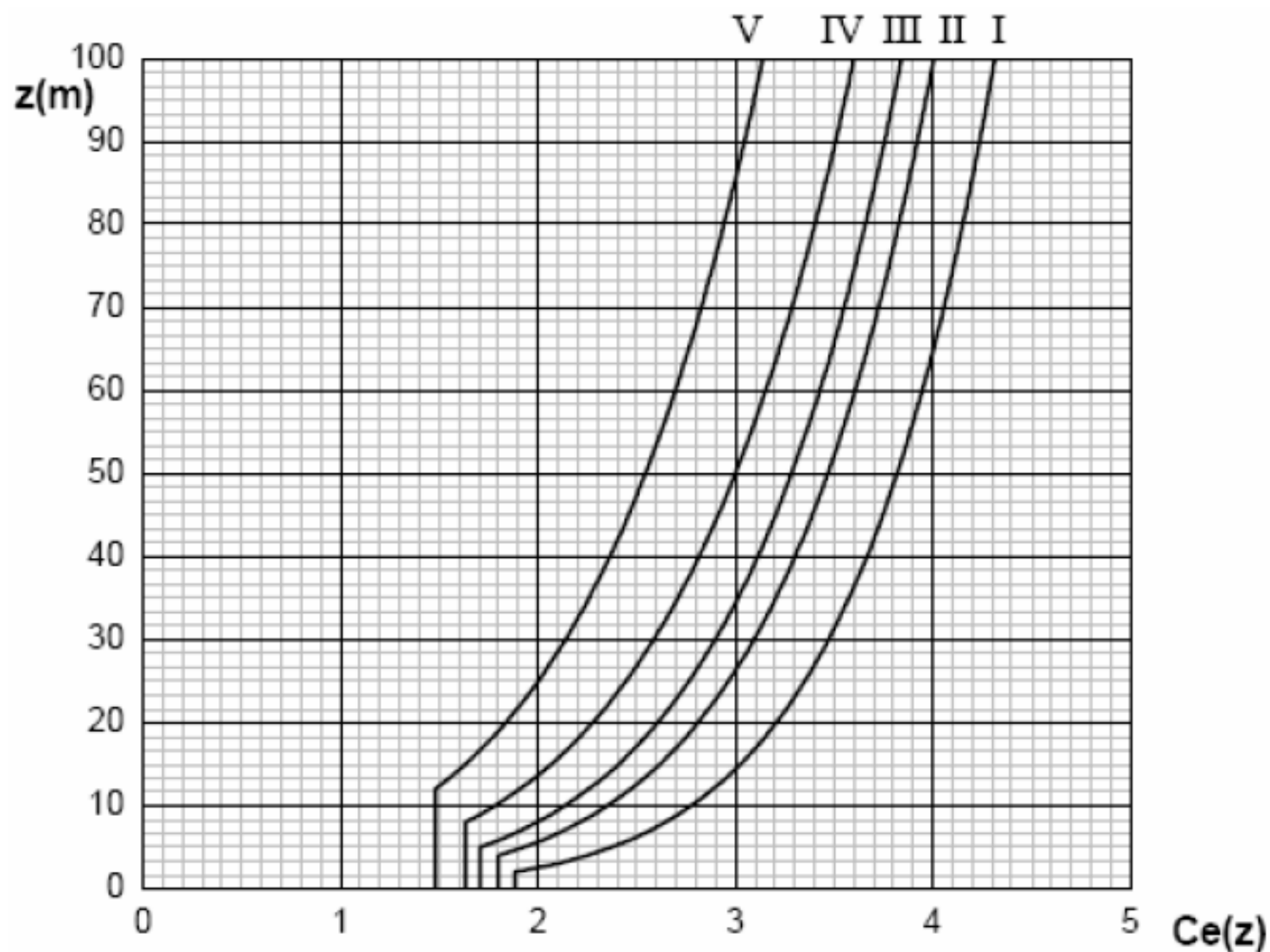
$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

$c_{\dagger} = 1$  coefficiente di topografia

# Azione del vento

## Coefficiente di esposizione



# Azione del vento

## Categoria di esposizione di un sito

La categoria di esposizione di un sito dipende da:

- Distanza dal mare (se inferiore a 30 km)
- Altezza sul livello del mare (se la distanza dal mare è superiore a 30 km)
- Classe di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ....)

# Azione del vento

## Categoria di esposizione di un sito

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

# Azione del vento

## Coefficiente di pressione

- Dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento
- Le indicazioni relative sono riportate nella Circolare, non nelle NTC

# Azione del vento

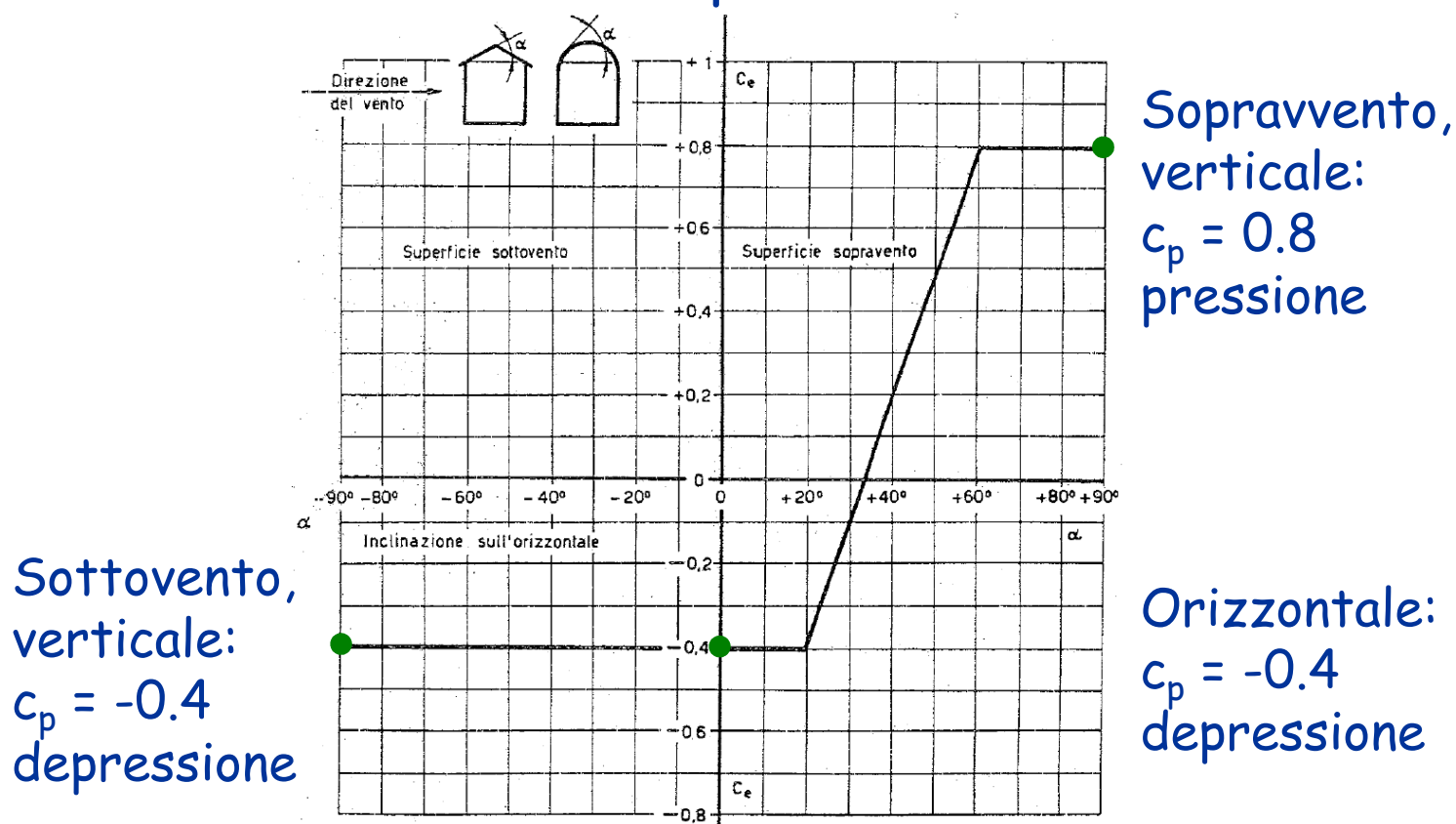
## Coefficiente di pressione

- Dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento
- Le indicazioni relative sono riportate nella Circolare, non nelle NTC

# Azione del vento

## Coefficiente di pressione

- Pressione esterna
  - Dipende dall'essere sopravvento (direttamente investiti dal vento) o sottovento, nonché dall'inclinazione della superficie

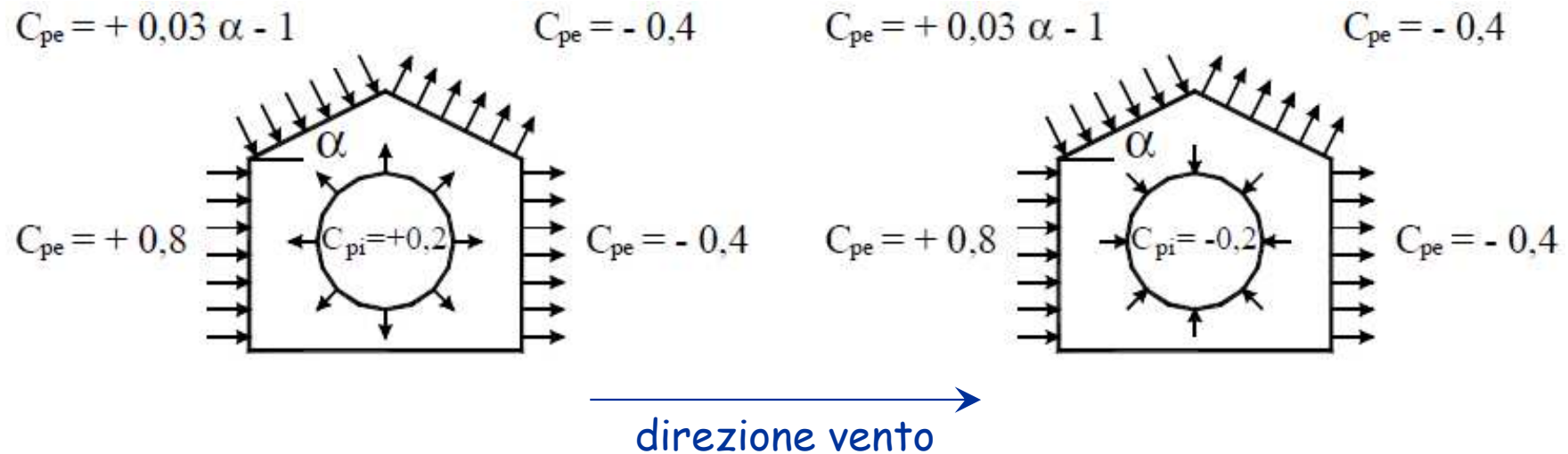




# Azione del vento

## Coefficiente di pressione

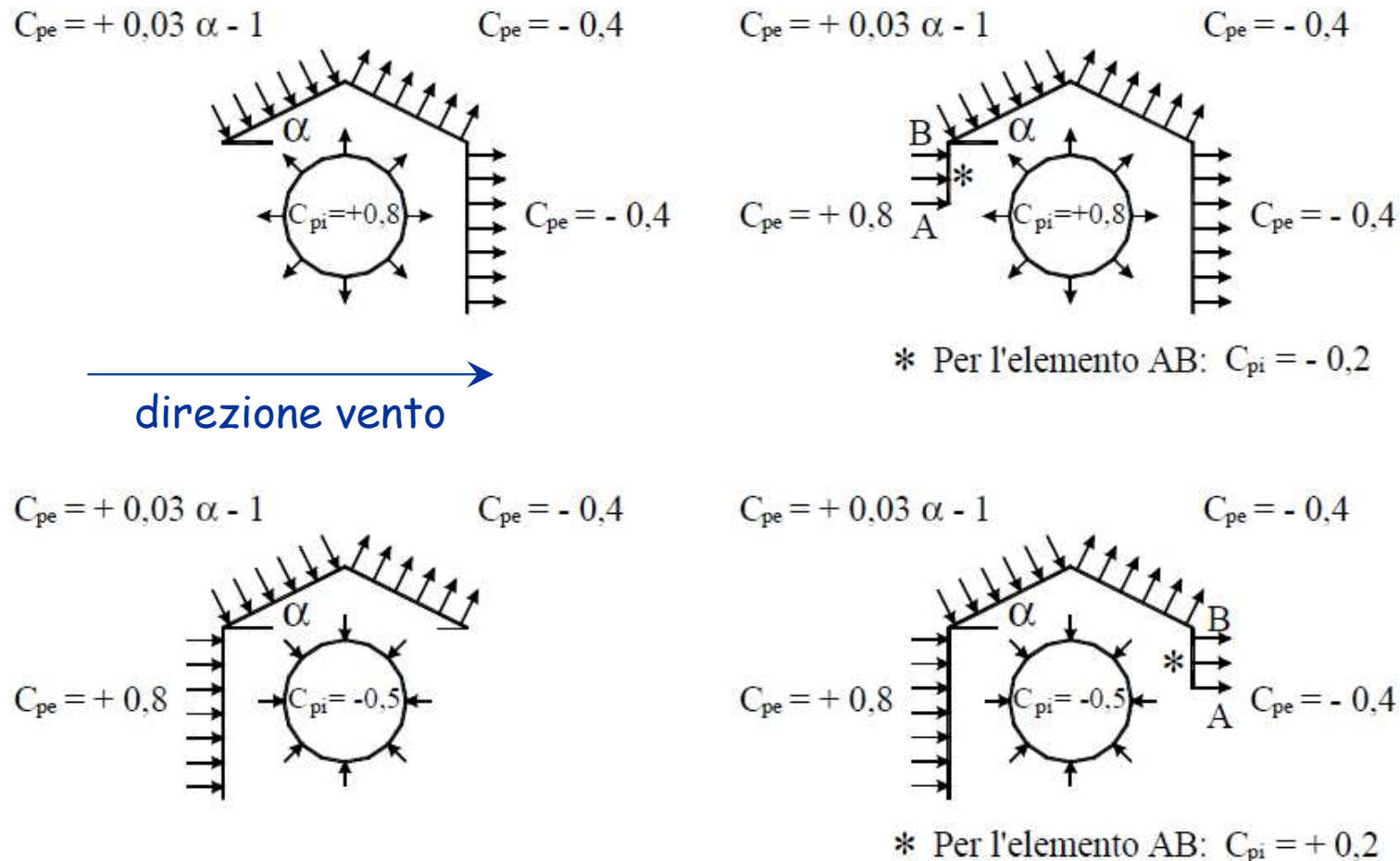
- Costruzioni con parete con aperture di superficie minore del 33% della superficie totale



# Azione del vento

## Coefficiente di pressione

- Costruzioni con parete con aperture di superficie maggiore del 33% della superficie totale



# Azione del vento

## Coefficiente dinamico

- È importante per strutture molto flessibili
- Può essere assunto pari a 1 per gli edifici usuali

# Azione del vento

## Azione tangente del vento

- Il valore caratteristico  $p_{f,k}$  dell'azione tangente del vento è dato da

$$p_{f,k} = q_r c_e c_t$$

- $c_e$  coefficiente di esposizione
- $c_t$  coefficiente di attrito.

I valori di  $c_t$  sono forniti nella Circolare

Superficie	Coefficiente d'attrito $c_f$
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia..)	0,01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame..)	0,02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata..)	0,04