

Sussidi didattici per il corso di COSTRUZIONI EDILI

Prof. Ing. Francesco Zanghì

CARICHI NEVE E VENTO



AGGIORNAMENTO 25/10/2011

CARICO NEVE (NTC2008-3.4)

Il carico neve si considera agente in **direzione verticale** ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Il suo valore vale:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

$\mu_i =$ **COEFFICIENTE DI FORMA DELLA COPERTURA**

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

COPERTURA AD UNA FALDA

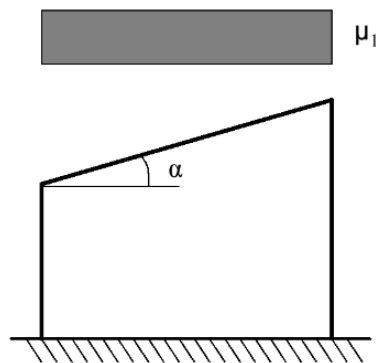


Figura 3.4.2 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

COPERTURA A DUE FALDE

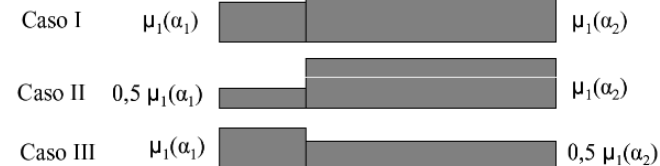


Figura 3.4.3 – Condizioni di carico per coperture a due falde

Per coperture a due falde si devono tre combinazioni di carico (figura 3.4.3 NTC2008):

- Caso I: **Neve depositata senza vento**
- Caso II } **Neve depositata con vento**
- Caso III }

$q_{sk} =$ **CARICO NEVE AL SUOLO**

Il carico neve al suolo dipende dalla zona in cui sorge la costruzione e dall'altezza (s.l.m.) del sito.

<u>Zona I - Alpina</u> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<u>Zona I - Mediterranea</u> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena , Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<u>Zona II</u> Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<u>Zona III</u> Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

$C_E =$ COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera.

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

 $C_t =$ COEFFICIENTE TERMICO

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato:

$$C_t = 1$$

ESEMPIO N°1

Calcolare le combinazioni di carico neve sulla copertura a due falde asimmetriche rappresentata in figura, ipotizzando che la costruzione isolata sorga in provincia di Modena, su un'area pianeggiante ad una quota di 50 m s.l.m.



- Provincia di Modena: **Zona I**
- $a_s = 50 \text{ m} < 200 \text{ m}$; $q_{sk} = 1,50 \text{ kPa}$
- $C_E = 0.9$ (aree pianeggianti)
- $C_t = 1$

Neve depositata senza vento

CASO I

$$\mu_1(\alpha_1 = 20^\circ) = 0.8$$

$$\mu_2(\alpha_2 = 35^\circ) = 0.8 \frac{(60 - 35)}{30} = 0.67$$

$$q_{s1} = 0.8 \cdot 1.50 \cdot 0.9 \cdot 1 = 1.08 \text{ kPa}$$

$$q_{s2} = 0.67 \cdot 1.50 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.90 \text{ kPa}$$

Neve depositata con vento

CASO II

$$\mu_1(\alpha_1 = 20^\circ) = 0.5 \cdot 0.8 = 0.4$$

$$\mu_2(\alpha_2 = 35^\circ) = 0.8 \frac{(60 - 35)}{30} = 0.67$$

$$q_{s1} = 0.4 \cdot 1.50 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.54 \text{ kPa}$$

$$q_{s2} = 0.67 \cdot 1.50 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.90 \text{ kPa}$$

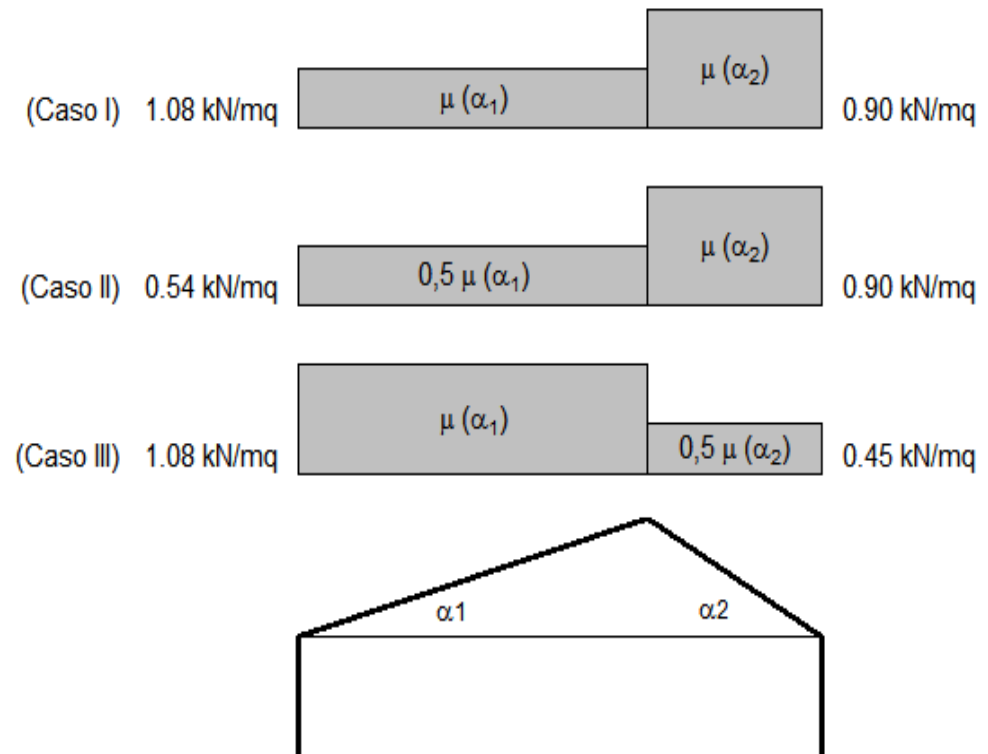
CASO III

$$\mu_1(\alpha_1 = 20^\circ) = 0.8$$

$$\mu_2(\alpha_2 = 35^\circ) = 0.5 \cdot 0.8 \frac{(60 - 35)}{30} = 0.5 \cdot 0.67 = 0.33$$

$$q_{s1} = 0.8 \cdot 1.50 \cdot 0.9 \cdot 1 = 1.08 \text{ kPa}$$

$$q_{s2} = 0.33 \cdot 1.50 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.45 \text{ kPa}$$



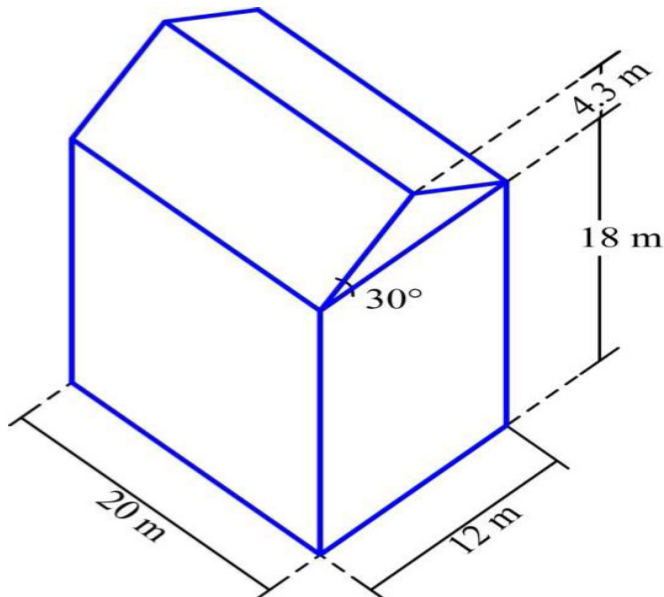
CARICO VENTO (NTC2008-3.3)

Per strutture convenzionali consideriamo la sola **componente normale** dell'azione esercitata dal vento, considerata positiva se spinge verso l'interno o negativa se spinge verso l'esterno.



ESEMPIO N°2

Determinare la spinta del vento sull'edificio in figura, situato a Torino a 293 m s.l.m. L'edificio sorge in area urbana caratterizzata dalla vicinanza di edifici di altezza simile. L'altezza totale è di 22.30 m.



La pressione del vento è data dalla seguente relazione:

$$p(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p \cdot c_d$$

q_B = **PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO**

$$q_b = \frac{\rho \cdot v_b^2}{2}$$

ρ = densità dell'aria = 1.25 Kg/m³

v_b = VELOCITÀ DI RIFERIMENTO DEL VENTO

$$v_b = v_{b0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, <u>Piemonte</u> , Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia <u>Giulia</u> (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Nel nostro caso $a_s = 293 \text{ m} < a_0$ pertanto $v_b = 25 \text{ m/s}$

$$q_b = \frac{\rho \cdot v_b^2}{2} = \frac{1.25 \cdot 25^2}{2} = 390.63 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

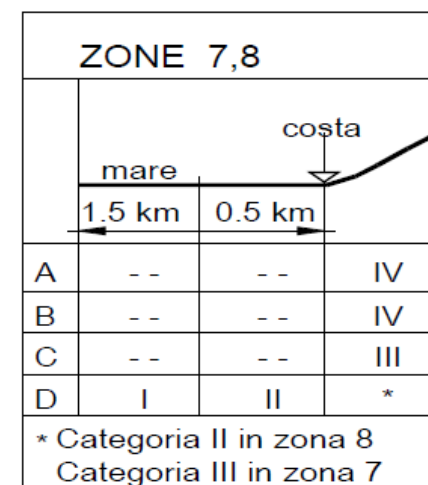
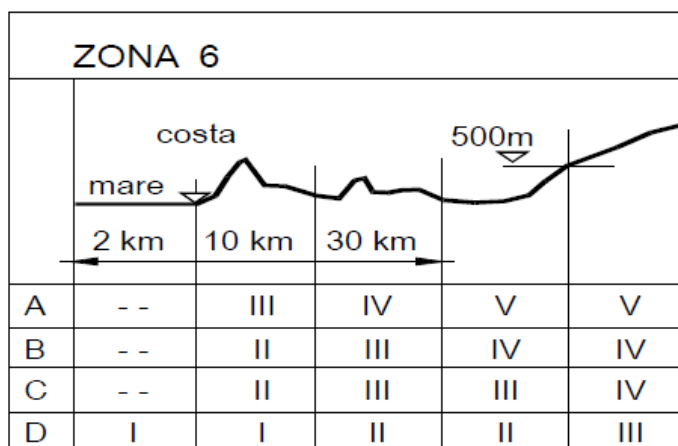
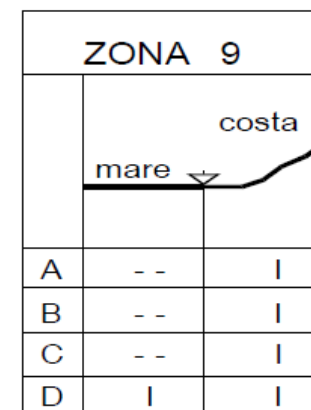
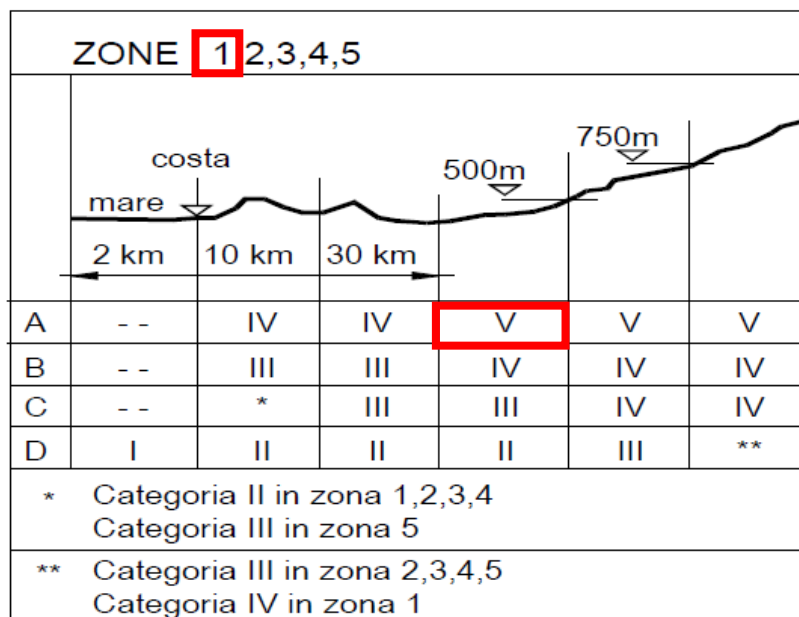
- Poiché l'edificio sorge in area urbana caratterizzata dalla vicinanza di edifici di altezza simile, la **CLASSE DI RUGOSITÀ** del terreno è A.

Tabella 3.3.III - *Classi 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 15m
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	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

- In funzione della classe di rugosità e dell'altitudine si ricava la **CATEGORIA DI ESPOSIZIONE**, che per la zona 1 è **V**.



- Alla categoria di esposizione V corrispondono i tre parametri necessari per la definizione del COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE c_e . Questo parametro dipende anche dall'altezza z sul terreno del punto di calcolo sulla costruzione. Poiché l'edificio ha un'altezza maggiore di z_{min} ($22.30 > 12.00$) esso si divide in due parti. Fino ad un'altezza di 12.00 m c_e si mantiene costante, successivamente valutiamo c_e in corrispondenza della linea di gronda ($z=18.00$ m) e della linea di colmo ($z=22.30$ m).

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

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

I valori di $c_e(z)$ si ricavano dall'abaco riportato nella pagina seguente.

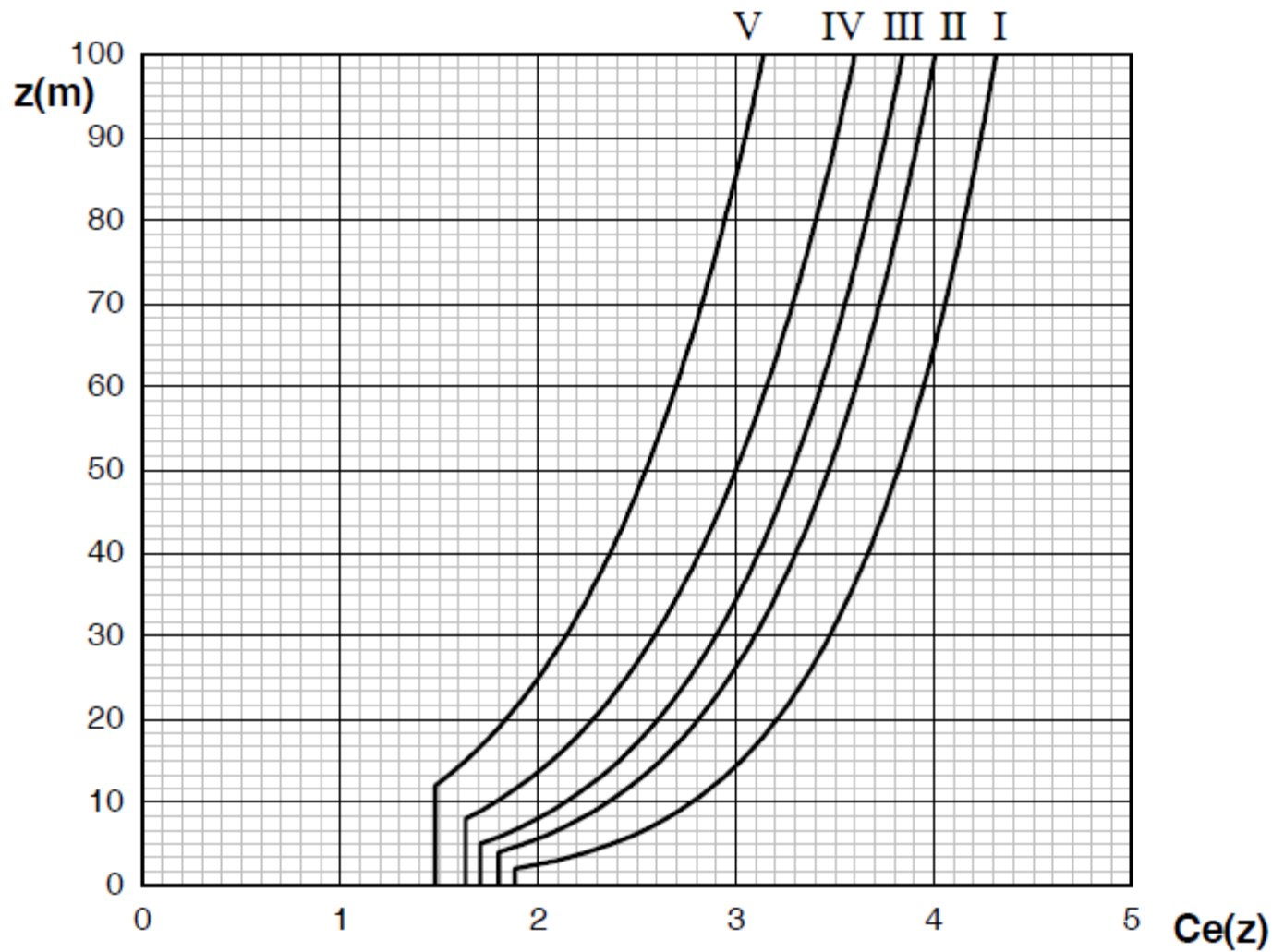
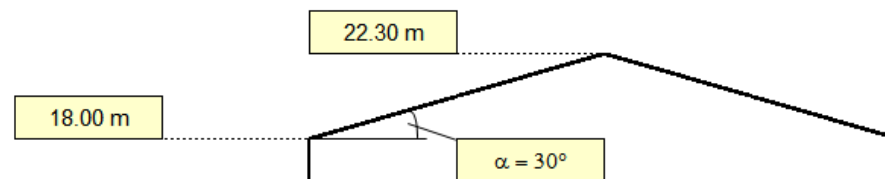


Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e con la quota (per $c_t = 1$)

Nel nostro caso:

- Fino a $z=12.00$ m si ricava $c_e(\mathbf{12})=1.50$
- per $z=18.00$ m si ricava $c_e(\mathbf{12})=1.75$
- per $z=22.30$ m si ricava $c_e(\mathbf{12})=1.90$

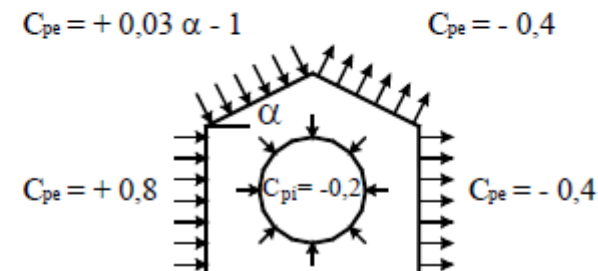
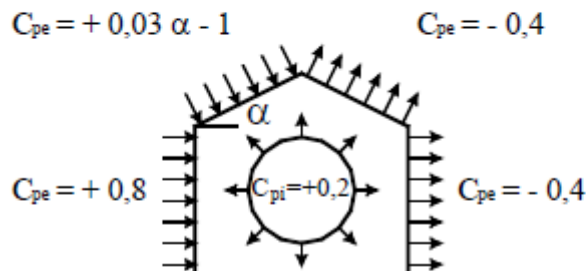
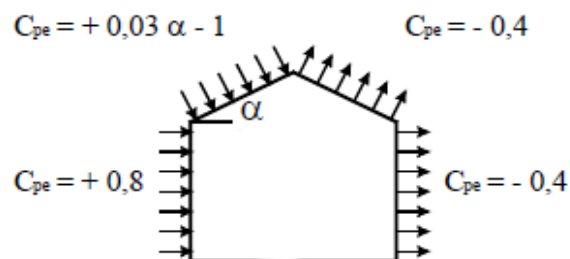


- Il **COEFFICIENTE DI FORMA (o AERODINAMICO), c_p** , dipende dalle caratteristiche geometriche del fabbricato, in particolare della copertura. Il coefficiente di forma è positivo se associato a pressioni, negativo se associato a depressioni. Distinguiamo un coefficiente c_{pe} **esterno** e un coefficiente c_{pi} **interno**. Quest'ultimo deve essere preso in considerazione se la costruzione non è **stagna**.

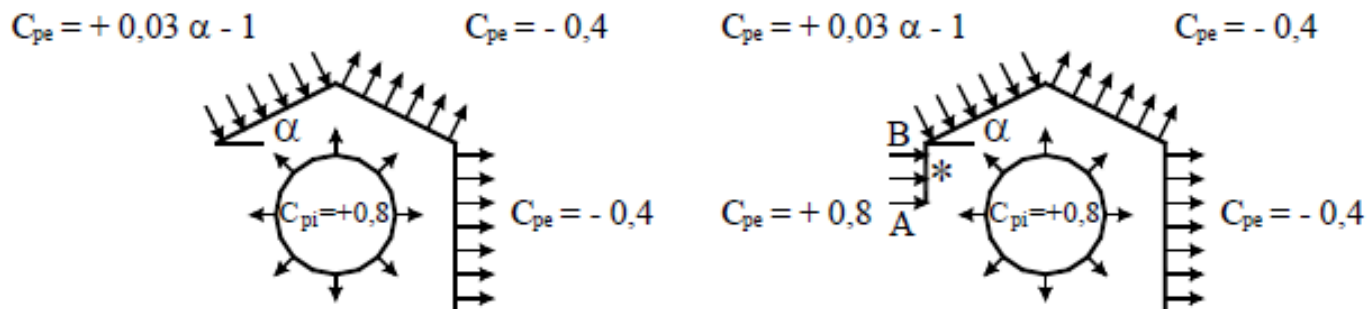
COSTRUZIONI STAGNE

COSTRUZIONI NON STAGNE

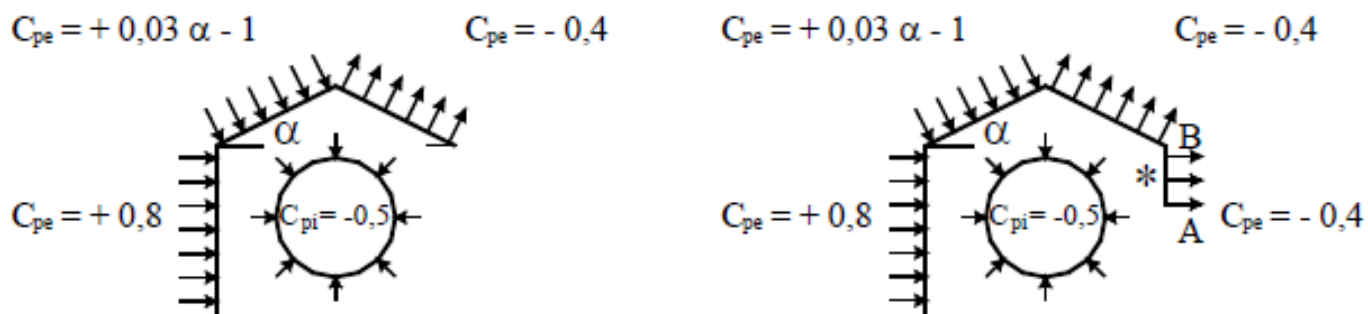
(Aventi una parete con aperture di sup. <1/3 del totale)



COSTRUZIONI NON STAGNE
(Aventi una parete con aperture di sup. >1/3 del totale)

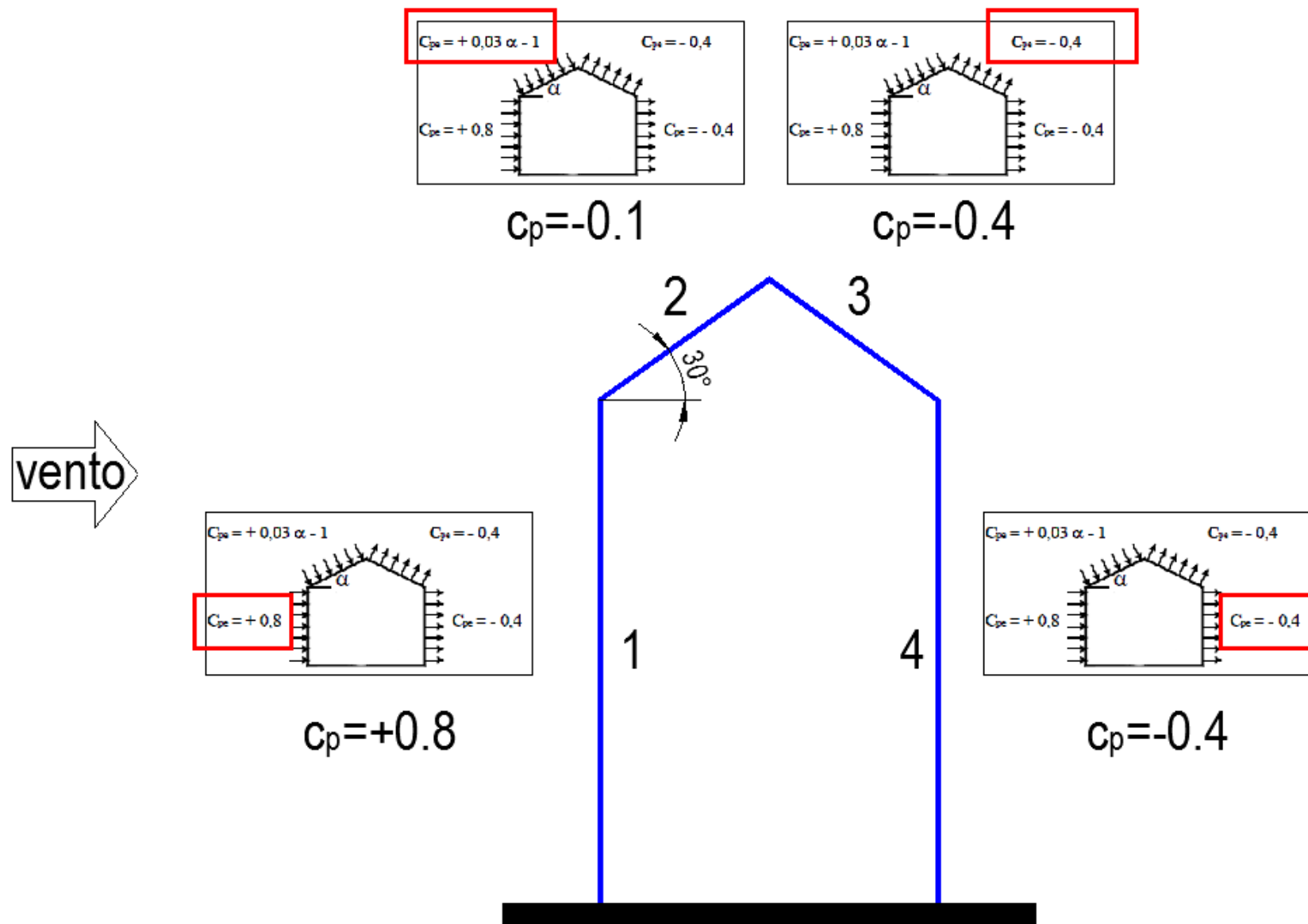


* Per l'elemento AB: $C_{pi} = -0,2$

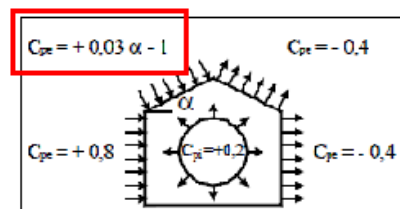


* Per l'elemento AB: $C_{pi} = +0,2$

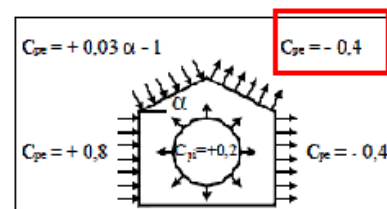
Nel nostro caso, se la costruzione fosse stagna, avremo:



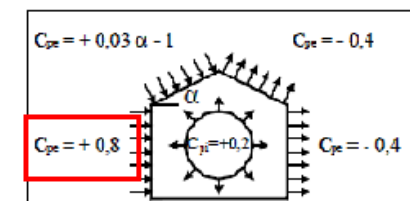
Se la superficie delle aperture fosse minore di 1/3 della superficie totale avremo:



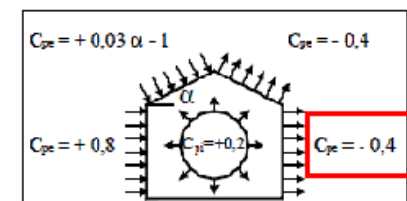
$$c_p = -0.1 - 0.2 = -0.3$$



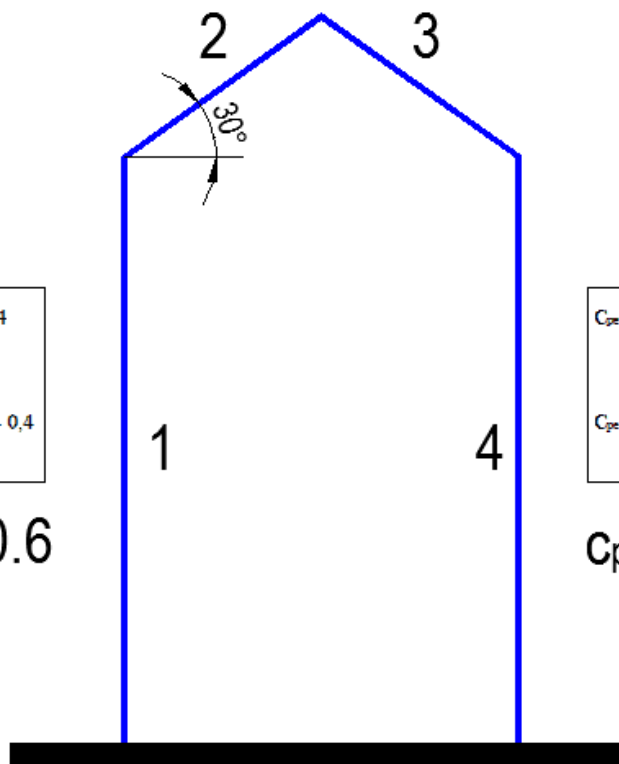
$$c_p = -0.4 - 0.2 = -0.6$$



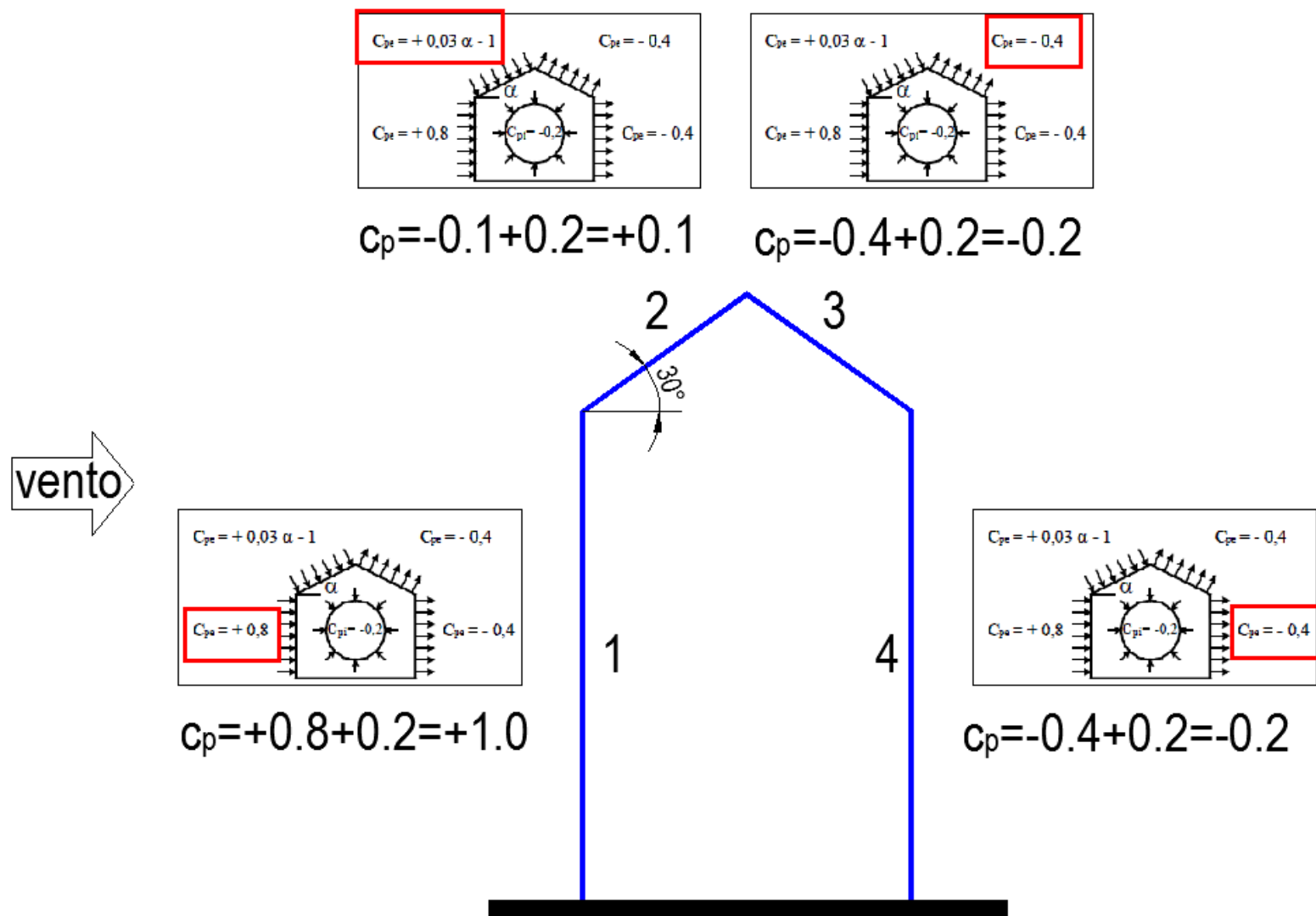
$$c_p = +0.8 - 0.2 = +0.6$$



$$c_p = -0.4 - 0.2 = -0.6$$



COMBINAZIONE 1



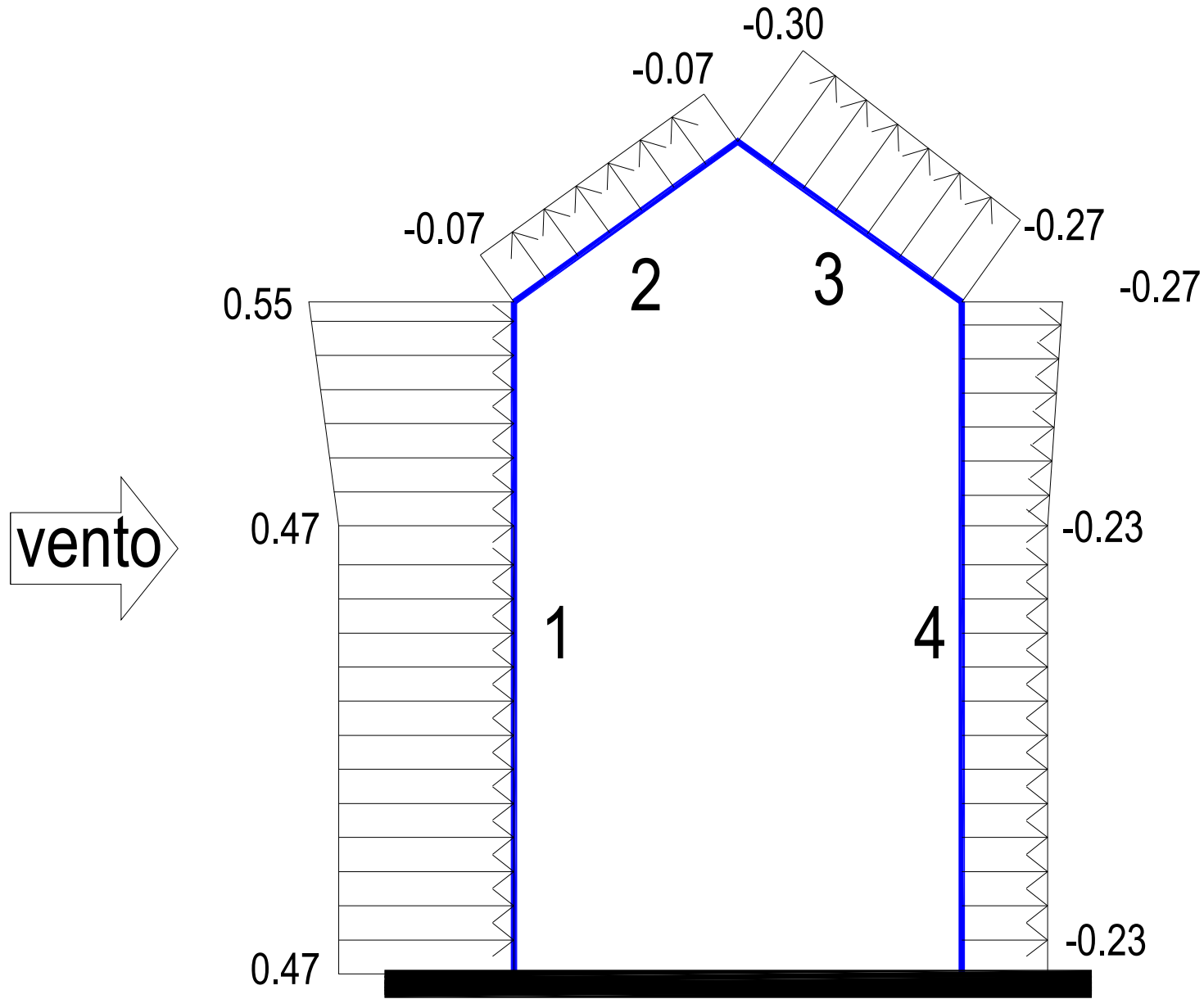
COMBINAZIONE 2

- Per i comuni edifici di forma rettangolare con altezza non superiore a 80 m e per i capannoni industriali si può assumere cautelativamente il **COEFFICIENTE DINAMICO $c_d=1$** .

Siamo ora in grado di calcolare la pressione del vento in direzione trasversale all'edificio.

➤ Nel caso di **costruzione stagna**:

SUPERFICIE : 1						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
0	0.39	1.5	0.8	1		0.47
12	0.39	1.5	0.8	1		0.47
18	0.39	1.75	0.8	1		0.55
SUPERFICIE : 2						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
18	0.39	1.75	-0.1	1		-0.07
22.3	0.39	1.9	-0.1	1		-0.07
SUPERFICIE : 3						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
18	0.39	1.75	-0.4	1		-0.27
22.3	0.39	1.9	-0.4	1		-0.30
SUPERFICIE : 4						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
0	0.39	1.5	-0.4	1		-0.23
12	0.39	1.5	-0.4	1		-0.23
18	0.39	1.75	-0.4	1		-0.27



➤ Nel caso di **costruzione non stagna** (con sup. finestrata < 1/3 del totale):

COMBINAZIONE 1

SUPERFICIE : 1						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
0	0.39	1.5	0.6	1		0.35
12	0.39	1.5	0.6	1		0.35
18	0.39	1.75	0.6	1		0.41

SUPERFICIE : 2						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
18	0.39	1.75	-0.3	1		-0.20
22.3	0.39	1.9	-0.3	1		-0.22

SUPERFICIE : 3						c
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
18	0.39	1.75	-0.6	1		-0.41
22.3	0.39	1.9	-0.6	1		-0.44

SUPERFICIE : 4						
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd		p(z) kN/mq
0	0.39	1.5	-0.6	1		-0.35
12	0.39	1.5	-0.6	1		-0.35
18	0.39	1.75	-0.6	1		-0.41

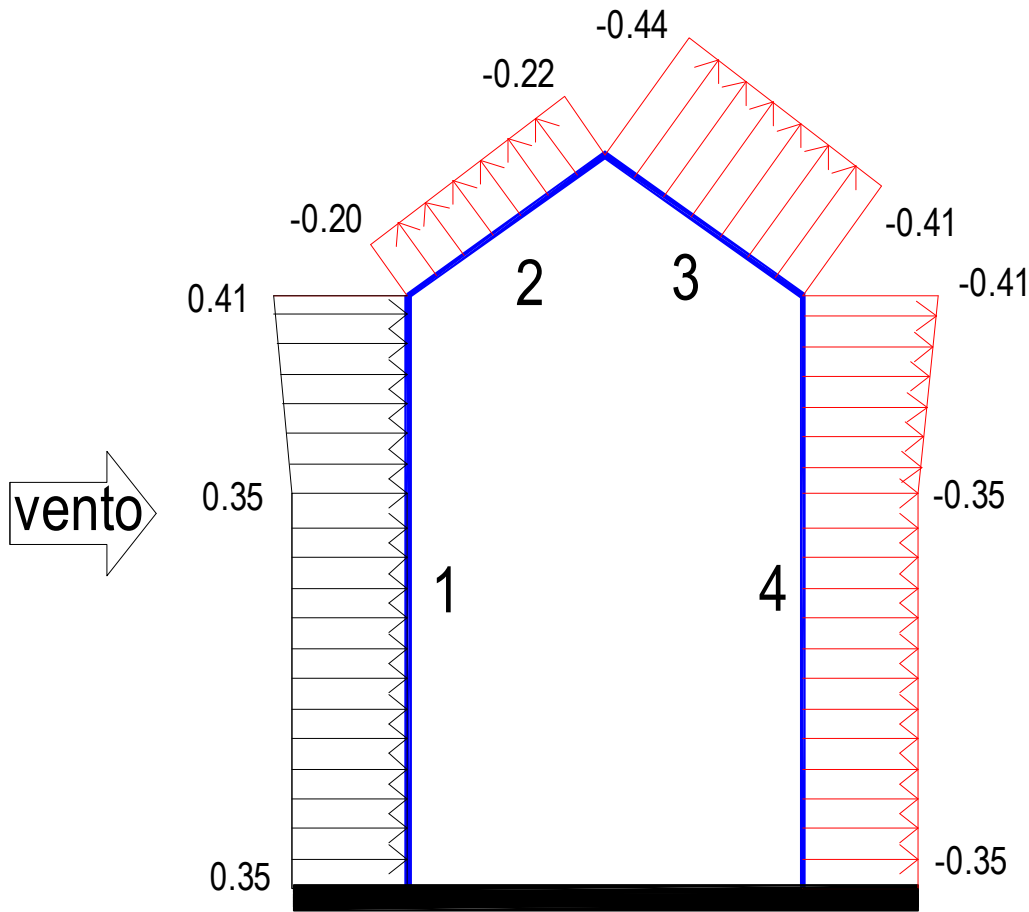
COMBINAZIONE 2

SUPERFICIE :		1				
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd	p(z) kN/mq	
0	0.39	1.5	1	1	0.59	
12	0.39	1.5	1	1	0.59	
18	0.39	1.75	1	1	0.68	

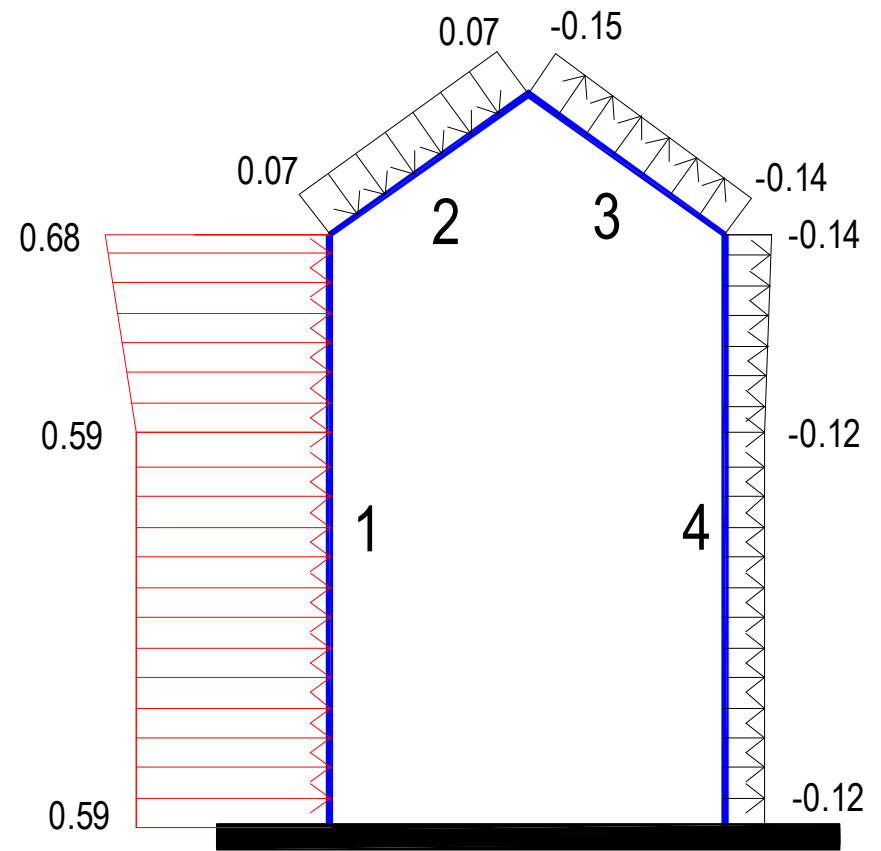
SUPERFICIE :		2				
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd	p(z) kN/mq	
18	0.39	1.75	0.1	1	0.07	
22.3	0.39	1.9	0.1	1	0.07	

SUPERFICIE :		3				
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd	^c p(z) kN/mq	
18	0.39	1.75	-0.2	1	-0.14	
22.3	0.39	1.9	-0.2	1	-0.15	

SUPERFICIE :		4				
z [m]	qb kN/mq	ce	cp	cd	p(z) kN/mq	
0	0.39	1.5	-0.2	1	-0.12	
12	0.39	1.5	-0.2	1	-0.12	
18	0.39	1.75	-0.2	1	-0.14	



COMBINAZIONE 1



COMBINAZIONE 2

Fonti

- U.Alasia-M.Pugno – Corso di Costruzioni vol.3
- E.Spacone – Materiale didattico
- **D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)
Norme tecniche per le Costruzioni”
- **Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)
“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.