



Galleria San Marco 4  
33170 Pordenone  
Tel. 0434 28465  
E-mail [info@csi-italia.eu](mailto:info@csi-italia.eu)  
<http://www.csi-italia.eu>

---

Guide rapide all'uso di SAP2000/ETABS:

## **ASSEGNAZIONE AUTOMATICA DEI CARICHI DA VENTO IN SAP2000/ETABS**

## SOMMARIO

1.	PROCEDURE DI ASSEGNAZIONE.....	3
1.1.	Applicazione del carico sui diaframmi di piano.....	3
1.2.	Applicazione del carico su elementi area.....	6
1.3.	Applicazione del carico su elementi frame.....	8
1.4.	Assegnazione "ibrida".....	11
2.	ESEMPIO 1: ASSEGNAZIONE DEL CARICO DA VENTO AD UNA STRUTTURA CHIUSA.....	12

## PROCEDURE DI ASSEGNAZIONE

I programmi di calcolo SAP2000 ed ETABS permettono l'assegnazione automatica dei carichi da vento secondo diverse normative, comunitarie ed internazionali: EC1-2005, ASCE 7-10, IBC 2006...

I carichi da vento possono essere inseriti secondo diverse modalità:

- applicazione del carico *sui diaframmi rigidi di piano* in funzione della direzione del vento e dell'area di influenza del diaframma
- applicazione del carico direttamente *su elementi shell* (per strutture chiuse) o *su elementi frame* (per strutture aperte).

N.B. Quest'ultima opzione non è disponibile per tutte le normative.

Per poter assegnare il carico da vento in maniera automatica occorre aver definito almeno un load pattern di tipo *WIND* specificando la normativa desiderata nella casella *Auto Lateral Load Pattern*. Una volta inserito il load pattern sarà possibile specificarne le varie caratteristiche attraverso il comando *Modify Lateral Load Pattern*.

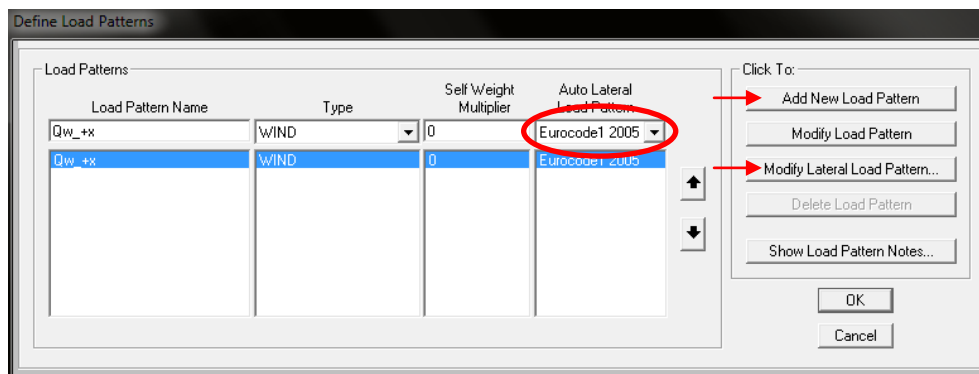


Figura 1

### 1.1. Applicazione del carico sui diaframmi di piano

Una volta definito un carico di tipo *WIND* attraverso il comando *Modify Lateral Load Pattern* è possibile definire le diverse caratteristiche del carico attraverso la finestra riportata in Figura 2. Come anticipato è possibile scegliere se inserire il carico in termini di

risultante sui diaframmi di piano (se presenti) oppure direttamente sugli elementi shell o frame.

Scegliendo la prima ipotesi sarà necessario specificare:

- direzione del vento: il valore 0 indica che il vento spira in direzione +X. Un valore positivo dell'angolo indica una direzione del vento ruotata in senso antiorario del valore specificato rispetto all'asse X (Esempio: il vento spirante in direzione +Y si ottiene specificando un angolo di +90°).
- coefficienti di pressione: sono i moltiplicatori della pressione cinetica di riferimento da applicare alle facce sopravento (*Windward*) e sottovento (*Leeward*).

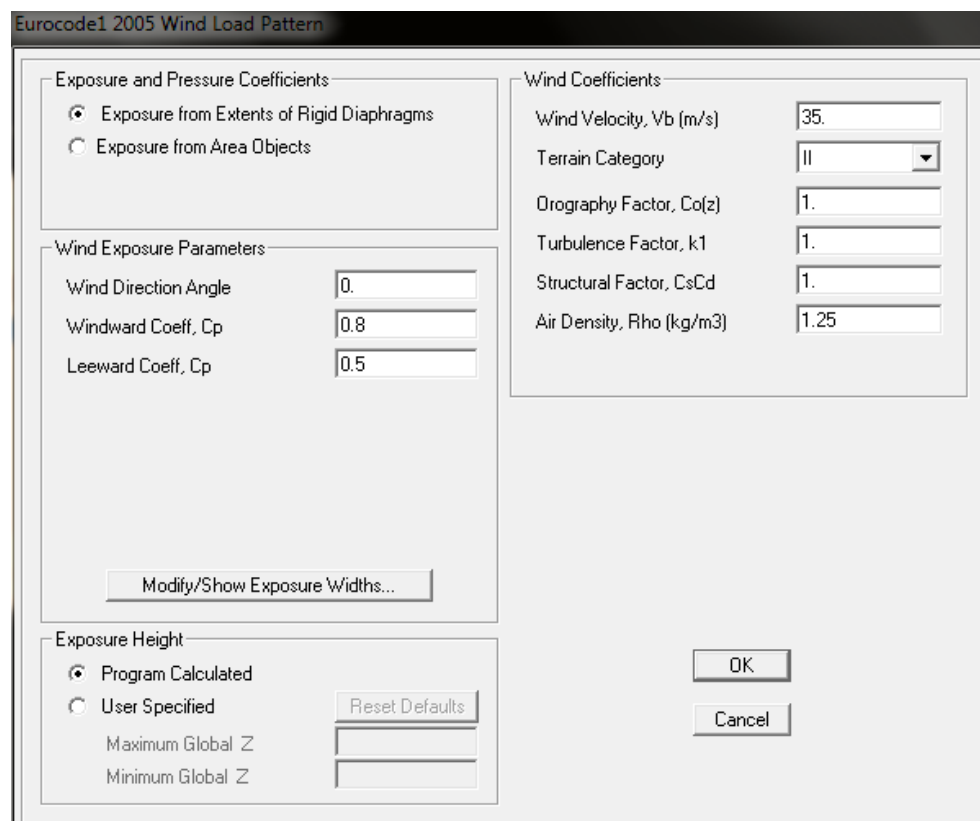


Figura 2

Per ogni diaframma il programma opera calcolando la pressione di riferimento corrispondente alla quota del diaframma. Per ogni lato del diaframma riconosce, in funzione dell'angolo specificato, se la parete è sopravento o sottovento e vi applica i coefficienti di pressione relativi. I valori così ottenuti vengono infine integrati su ogni lato per un'altezza pari a metà altezza del piano inferiore più metà altezza del piano superiore. Le risultanti così ottenute sono quindi applicate al baricentro del diaframma.

L'intero processo è schematizzato in Figura 3.

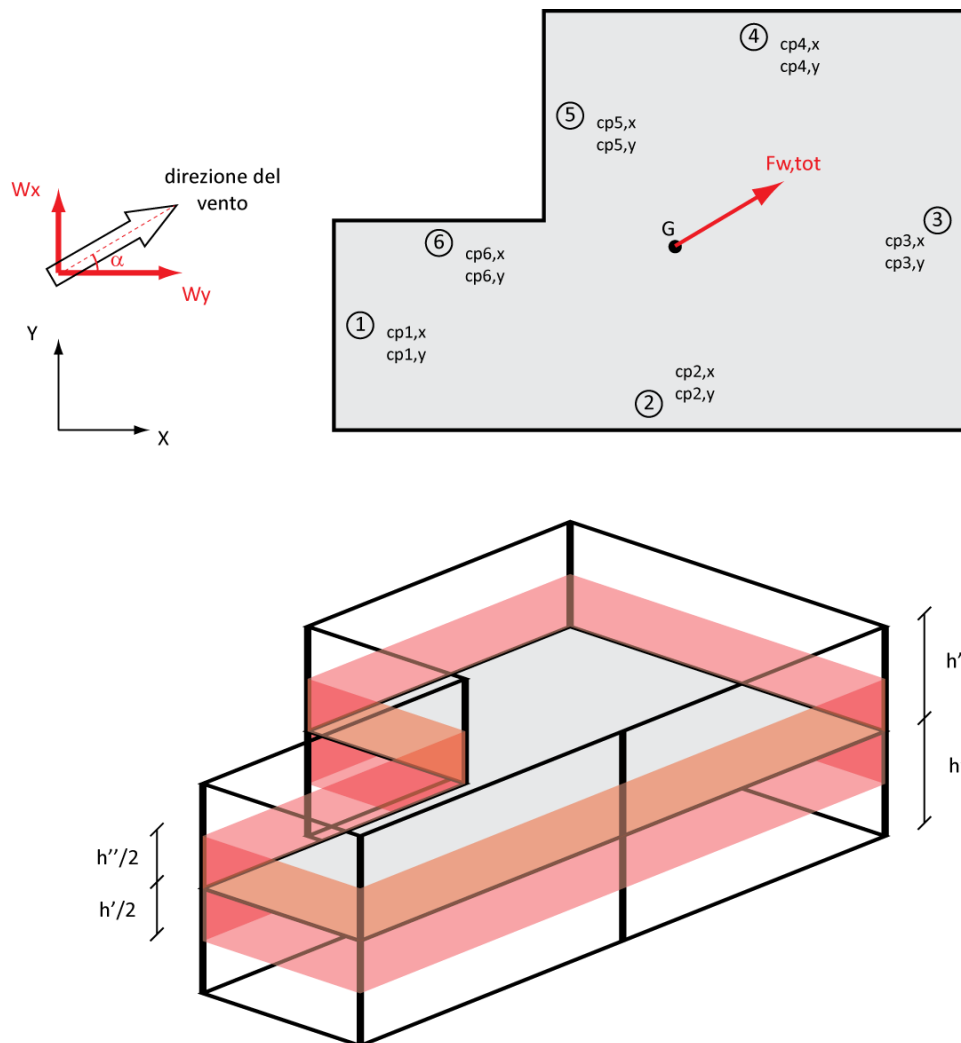


Figura 3

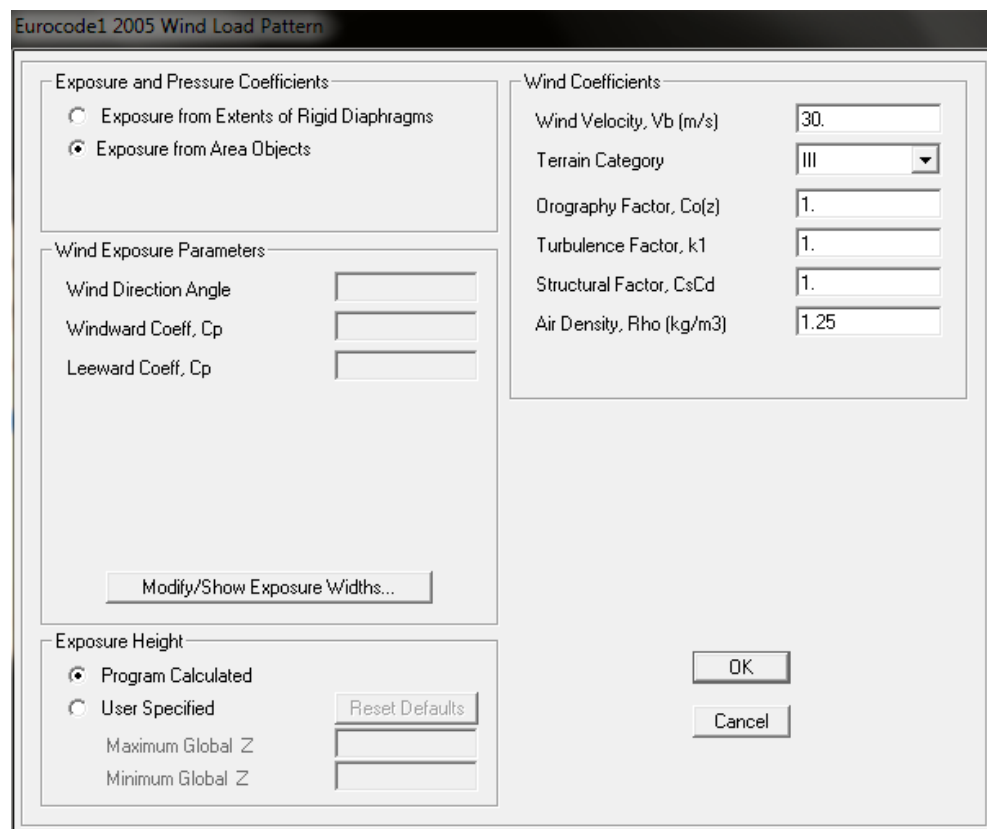
Nella parte inferiore sinistra della finestra rappresentata Figura 2 è possibile specificare l'altezza di esposizione della struttura (*Exposure Height*). L'altezza di esposizione è definita attraverso 2 valori della quota Z: un limite inferiore che verrà utilizzato dal programma come origine per il calcolo delle quote dei vari diaframmi (necessarie per determinare i coefficienti di esposizione), e da un limite superiore che rappresenta la quota oltre la quale l'azione del vento non sarà più applicata.

Infine la parte destra della finestra rappresentata in Figura 2 è destinata all'inserimento dei parametri per il calcolo della pressione di riferimento, specifici per la normativa selezionata.

Una volta completata la procedura al load pattern così definito è automaticamente associato il carico da vento ed esso è pronto per essere utilizzato nei vari casi di analisi.

## 1.2. Applicazione del carico su elementi area

Specificando *Exposure from area objects* nella finestra di Figura 2 è possibile assegnare il carico da vento direttamente agli elementi area sotto forma di pressioni ortogonali alla superficie dell'elemento stesso.



**Eurocode1 2005 Wind Load Pattern**

Exposure from Extents of Rigid Diaphragms  
 Exposure from Area Objects

**Wind Exposure Parameters**  
 Wind Direction Angle:   
 Windward Coeff. Cp:   
 Leeward Coeff. Cp:

**Wind Coefficients**  
 Wind Velocity, Vb (m/s):   
 Terrain Category:   
 Orography Factor, Co(z):   
 Turbulence Factor, k1:   
 Structural Factor, CsCd:   
 Air Density, Rho (kg/m3):

**Exposure Height**  
 Program Calculated  
 User Specified   
 Maximum Global Z:   
 Minimum Global Z:

Figura 4

Selezionando questa opzione non sarà più possibile specificare una direzione arbitraria del vento ed i coefficienti di pressione andranno specificati manualmente per tutti gli elementi area. Le altre parti della finestra sono esattamente le stesse viste nel caso precedente.

Al fine di assegnare i relativi coefficienti di pressione agli elementi area occorre selezionare l'elemento o gli elementi interessati ed andare nel menu *Assign -> Area Loads -> Wind Pressure Coefficients*. Nella relativa finestra (Figura 5) è possibile specificare il load

pattern cui assegnare il valore di  $C_p$ , il coefficiente da adottare e selezionare se la parete è sopravento (*Windward*: la pressione varia nell'elemento in funzione dell'altezza) o altro (*Other*: la pressione nell'elemento è calcolata con riferimento alla quota baricentrica ed è costante su tutto l'elemento). Il valore di  $C_p$  impostato di default dal programma per ogni elemento area è pari a 0: in tal modo se non si volesse assegnare carico da vento ad alcune shell non sarà necessario specificare manualmente il relativo  $C_p$ .

Valori positivi di  $C_p$  indicano che il carico da vento ha direzione concorde con l'asse 3 dell'elemento area selezionato (vedi Figura 6).

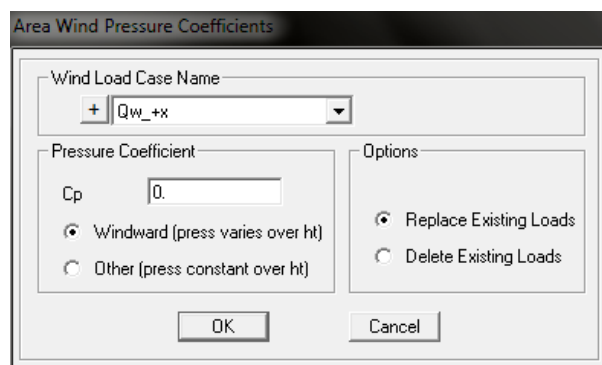


Figura 5

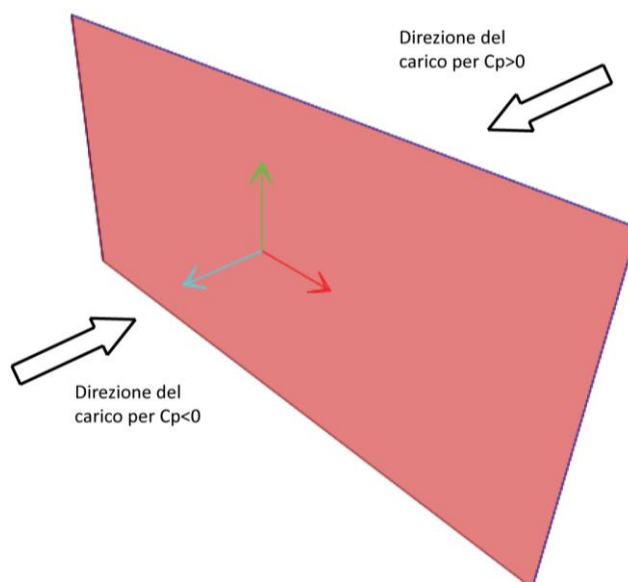


Figura 6

### 1.3. Applicazione del carico su elementi frame

Questa opzione (non ancora disponibile per tutte le normative) permette di inserire il carico da vento in funzione della larghezza dell'elemento frame in direzione perpendicolare all'azione del vento. Questa opzione è molto utile per assegnare il carico da vento in maniera automatica nel caso di strutture aperte (tralicci, antenne ...).

Se tale funzionalità è implementata per la normativa cui è associato il WIND load pattern, all'interno del menu *Modify Lateral Load Pattern* sarà possibile specificare se assegnare il carico sugli elementi frame (vedi Figura 7 in cui il carico da vento è associato alla normativa americana ASCE 7-10). In tal caso, analogamente a quanto visto nel caso di assegnazione del carico attraverso i diaframmi, sarà necessario specificare la direzione di attacco del vento.

Una volta compilata la finestra coi parametri relativi all'azione del vento in funzione della normativa selezionata, occorre definire quali elementi frame sono da includere nel calcolo. È possibile scegliere se considerare o meno l'azione del vento sul generico elemento attraverso la finestra raggiungibile dal menu Assign -> Frame Loads -> Open Structures Wind Parameters (Figura 8).

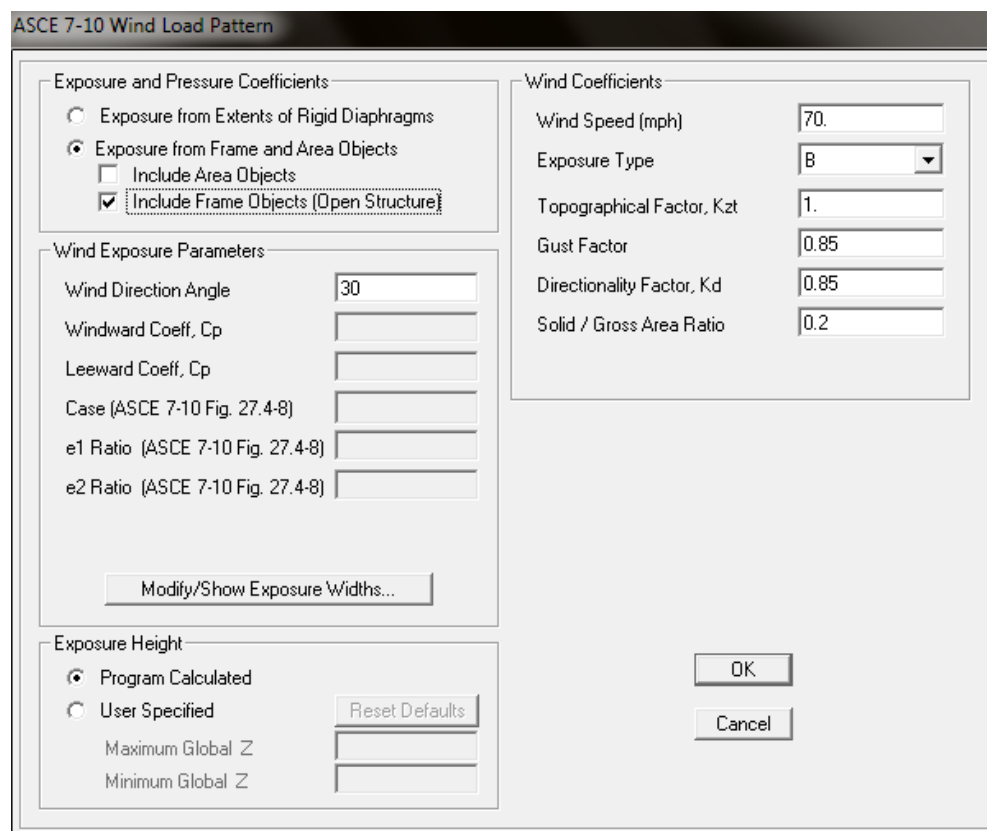


Figura 7

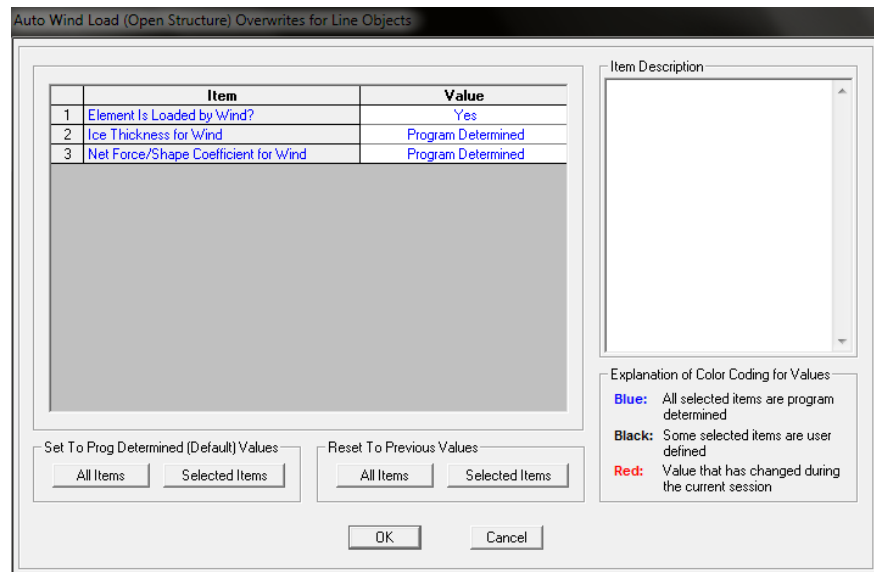


Figura 8

I carichi distribuiti risultanti possono essere visualizzati selezionando il load pattern corrispondente all'interno della finestra *Display -> Show load Assigns -> Frame/Cable/Tendon* (Figura 10-10).

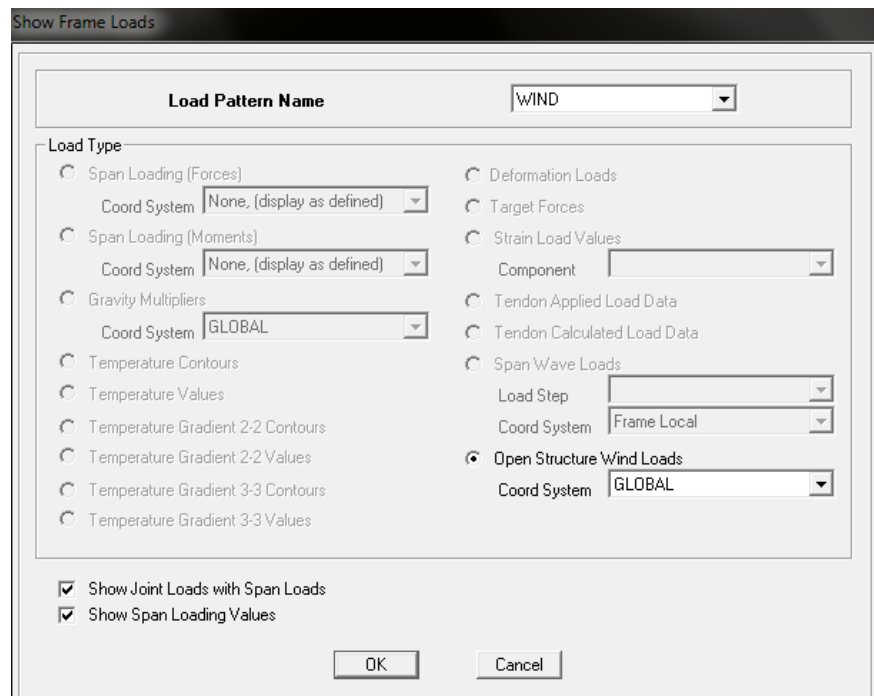


Figura 9

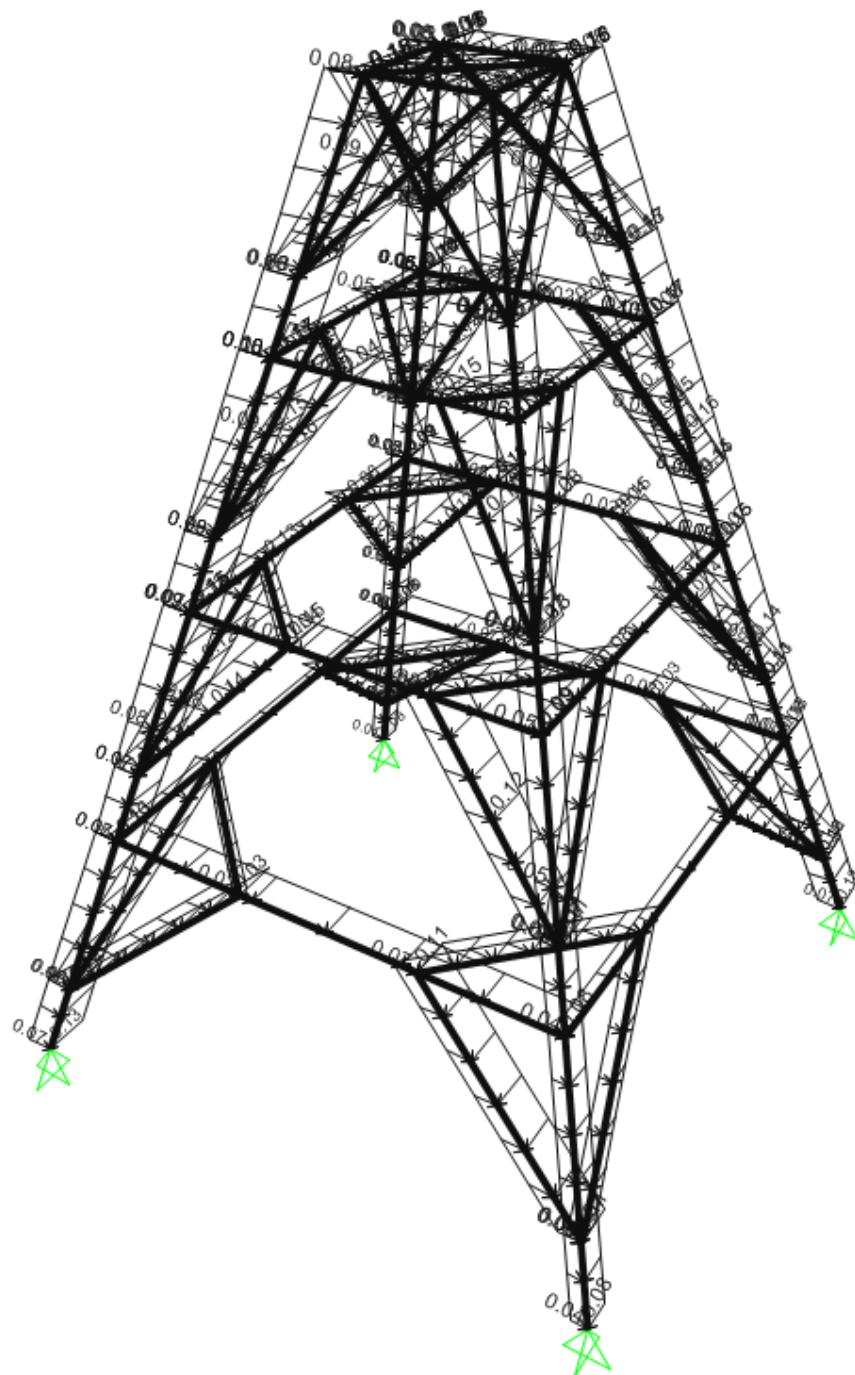


Figura 10

#### **1.4. Assegnazione “ibrida”**

È inoltre possibile seguire una procedura di assegnazione ibrida con la quale è possibile affiancare al carico calcolato automaticamente sui vari diaframmi di piano anche carichi applicati su elementi area od elementi frame.

A tal fine occorre spuntare l’opzione *Exposure from Extents of Rigid Diaphragms* nel menu di definizione del carico da vento (Figura 2) e successivamente selezionare gli elementi frame o gli elementi area ed assegnarvi i corrispondenti parametri di azione attraverso il menu *Assign -> Frame Loads -> Open Structure Wind Parameters* oppure il menu *Assign -> Area Loads -> Wind Pressure Coefficients*.

## ESEMPIO 1: ASSEGNAZIONE DEL CARICO DA VENTO AD UNA STRUTTURA CHIUSA

Nel seguente esempio verrà trattato il caso di assegnazione del carico da vento ad una struttura chiusa. Il procedimento verrà condotto attraverso l'assegnazione del carico attraverso elementi area aventi sezione nulla (section type: "none").

La struttura d'esempio (riportata in Figura 11) rappresenta un edificio molto semplice a pianta rettangolare di 12 x 24 metri con colonne di altezza 6 metri. Il tetto è a falda semplice con colmo a quota 8 metri.

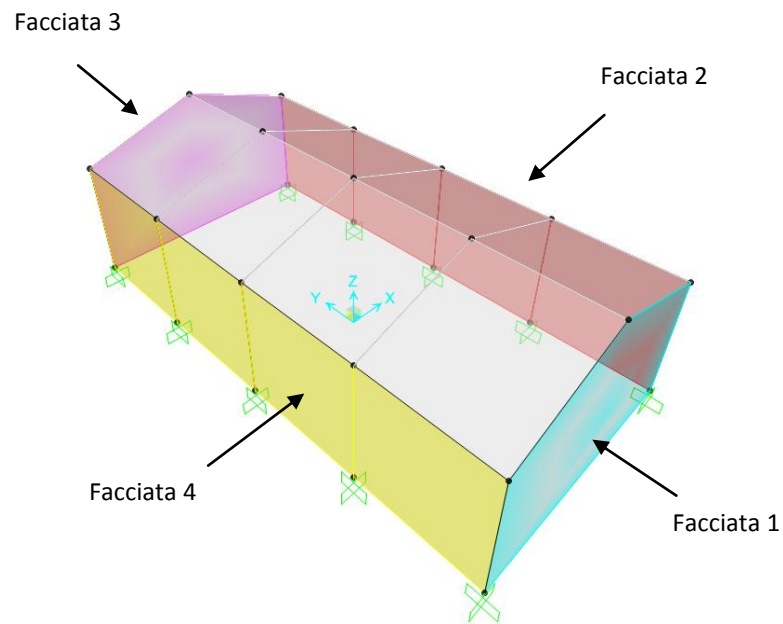


Figura 11

Gli scenari da vento introdotti sono:

- vento spirante in direzione +X: facciata 4 sopravento, facciata 2 sottovento
- vento spirante in direzione -X: facciata 4 sottovento, facciata 2 sopravento
- vento spirante in direzione +Y: facciata 1 sopravento, facciata 3 sottovento
- vento spirante in direzione -Y: facciata 1 sottovento, facciata 3 sopravento

La normativa impiegata per il calcolo dell'azione del vento è l'Eurocodice 1 edizione 2005. Si è ipotizzato che il sito abbia una categoria di esposizione "0" (corrispondente ad aree costiere) ed una velocità del vento pari a 30 m/s.

#### Definizione del carico da vento attraverso elementi area

Volendo assegnare il carico da vento attraverso elementi area sono stati creati degli elementi shell di rivestimento, aventi sezione nulla, lungo i lati dell'intero edificio, falde di copertura comprese. Tutte le aree sono state orientate in modo da avere l'asse 3 diretto verso l'esterno della struttura.

Sono stati poi definiti 4 load pattern di tipo *WIND* per rappresentare gli scenari ipotizzati (vedi Figura 12 e Figura 13).

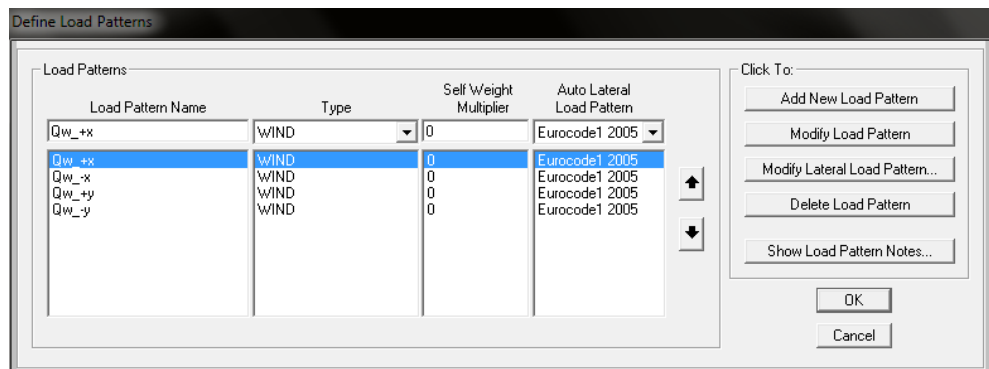


Figura 12

**Eurocode1 2005 Wind Load Pattern**

**Exposure and Pressure Coefficients**

- Exposure from Extents of Rigid Diaphragms
- Exposure from Area Objects

**Wind Exposure Parameters**

Wind Direction Angle:

Windward Coeff.  $C_p$ :

Leeward Coeff.  $C_p$ :

Modify/Show Exposure Widths...

**Exposure Height**

- Program Calculated
- User Specified

Maximum Global Z:

Minimum Global Z:

Reset Defaults

**Wind Coefficients**

Wind Velocity,  $V_b$  (m/s):

Terrain Category:

Orography Factor,  $C_o(z)$ :

Turbulence Factor,  $k_1$ :

Structural Factor,  $C_s C_d$ :

Air Density,  $Rho$  (kg/m<sup>3</sup>):

OK

Cancel

Figura 13

Sono infine stati assegnati i coefficienti di pressione alle varie facciate in funzione della direzione del vento.

Per quanto riguarda l'assegnazione dei  $C_p$  alle facciate si riportano, a titolo di esempio, le finestre di assegnazione dei  $C_p$  alla facciata 1 (Figura 14) ed alla facciata 3 (Figura 15) per lo scenario di vento spirante in direzione +Y (i segni utilizzati per i valori di  $C_p$  sono coerenti con l'orientazione data agli elementi area). Per i restanti scenari il procedimento è del tutto simile.

**Area Wind Pressure Coefficients**

Wind Load Case Name:

Pressure Coefficient

$C_p$ :

- Windward (press varies over ht)
- Other (press constant over ht)

Options

- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK

Cancel

Figura 14

**Area Wind Pressure Coefficients**

Wind Load Case Name:

Pressure Coefficient

$C_p$ :

- Windward (press varies over ht)
- Other (press constant over ht)

Options

- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK

Cancel

Figura 15

Per quanto riguarda l'assegnazione dei coefficienti di pressione di falda si sono seguite, con alcune semplificazioni, le indicazioni di cui al prospetto 7.4a,b dell'EC1 per una pendenza di 15°. I segni sono riferiti all'orientazione definita in precedenza per gli elementi area (asse 3 uscente dalla copertura.).

$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.90$ $C_{p,-Y}=+0.72$	$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.80$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.80$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.72$	$C_{p,-X}=+0.90$ $C_{p,-Y}=+0.50$
$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.72$	$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.40$ $C_{p,+Y}=+0.72$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.50$
$C_{p,+X}=+1.00$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.72$	$C_{p,+X}=+1.00$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+1.00$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+1.00$ $C_{p,+Y}=+0.72$	$C_{p,-X}=+0.30$ $C_{p,-Y}=+0.50$
$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+1.00$ $C_{p,-Y}=+0.72$	$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+1.00$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+1.00$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.72$	$C_{p,-X}=+1.00$ $C_{p,-Y}=+0.50$
$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.72$	$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.30$ $C_{p,+Y}=+0.72$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.50$
$C_{p,+X}=+0.90$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.72$	$C_{p,+X}=+0.80$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.80$ $C_{p,+Y}=+0.50$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.50$	$C_{p,+X}=+0.90$ $C_{p,+Y}=+0.72$	$C_{p,-X}=+0.40$ $C_{p,-Y}=+0.50$

Figura 16

Una volta completata l'assegnazione dei coefficienti di pressione è opportuno procedere ad una discretizzazione in altezza degli elementi area verticali al fine di cogliere l'effettivo andamento della pressione del vento (vedi Figura 17 e Figura 18).

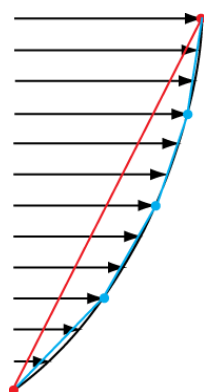


Figura 17

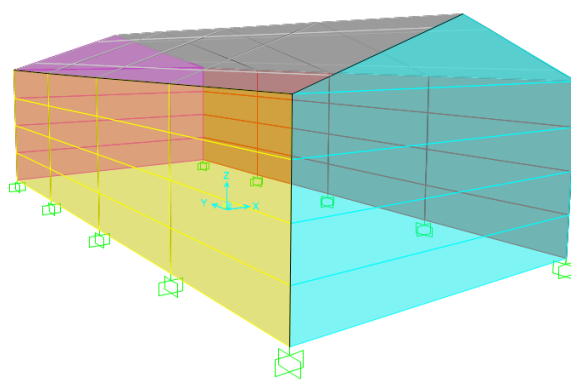


Figura 18

A tal punto è possibile creare dei casi di analisi contenenti i load pattern così definiti in modo da valutare gli effetti del carico da vento sulla struttura.

Per quanto riguarda l'esempio in questione sono stati creati 4 analysis cases corrispondenti ai 4 load pattern di tipo *WIND* appena definiti. I risultati delle analisi in termini di reazioni alla base sono riportati nella tabella seguente.

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Qw_+x	LinStatic	-208.84	0.00	-209.71	0.00	-841.14	0.00
Qw_-x	LinStatic	208.84	0.00	-209.71	0.00	841.14	0.00
Qw_+y	LinStatic	0.00	-122.41	-250.26	732.05	0.00	0.00
Qw_-y	LinStatic	0.00	122.41	-250.26	-732.05	0.00	0.00

Al fine di una rapida validazione dei risultati ottenuti, tali valori vengono confrontati con quelli ottenuti attraverso un calcolo manuale.

Il calcolo viene effettuato per le facciate integrando su strisce di altezza pari a 0.2 metri. La pressione di riferimento è calcolata in accordo all'Eq. 4.8 dell'EC1:

$$q_b(z) = 0.5 \cdot \rho \cdot [1 + 7 \cdot I(z)] \cdot [c_r(z) \cdot c_0 \cdot v_b]^2$$

in cui:

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$I(z) = k_i / [c_0 \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{intensità di turbolenza}$$

$$k_i = 1 \quad \text{fattore di turbolenza}$$

$$c_0 = 1 \quad \text{coefficiente di orografia}$$

$$z_0 = 0.003 \text{ m. Lunghezza di rugosità per categoria di esposizione del terreno "0"}$$

$$c_r(z) = k_r / \ln(z/z_0) \quad \text{fattore di rugosità del terreno}$$

$$k_r = 0.19 \cdot (z/z_0)^{0.07} \quad \text{fattore di terreno}$$

$$v_b = 30 \text{ m/s}$$

Inoltre deve risultare  $z \geq z_{min} = 1 \text{ m}$ .

Pressione facciate 1 e 3										
z	z <sub>calc</sub>	k <sub>r</sub>	ρ	l(z)	cr(z)	vb	q	b	h	F
[m]	[m]		[kg/m <sup>3</sup> ]			[m/s]	[N/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[kN]
0.00	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	12.00	0.20	1.22
0.20	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	12.00	0.20	2.45
0.40	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	12.00	0.20	2.45
0.60	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	12.00	0.20	2.45
0.80	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	12.00	0.20	2.45
1.00	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	12.00	0.20	2.45
1.20	1.20	0.16	1.25	0.17	0.93	30.00	1066.01	12.00	0.20	2.56
1.40	1.40	0.16	1.25	0.16	0.96	30.00	1106.41	12.00	0.20	2.66
1.60	1.60	0.16	1.25	0.16	0.98	30.00	1141.94	12.00	0.20	2.74
1.80	1.80	0.16	1.25	0.16	1.00	30.00	1173.67	12.00	0.20	2.82
2.00	2.00	0.16	1.25	0.15	1.01	30.00	1202.39	12.00	0.20	2.89
2.20	2.20	0.16	1.25	0.15	1.03	30.00	1228.62	12.00	0.20	2.95
2.40	2.40	0.16	1.25	0.15	1.04	30.00	1252.79	12.00	0.20	3.01
2.60	2.60	0.16	1.25	0.15	1.06	30.00	1275.21	12.00	0.20	3.06
2.80	2.80	0.16	1.25	0.15	1.07	30.00	1296.12	12.00	0.20	3.11
3.00	3.00	0.16	1.25	0.14	1.08	30.00	1315.72	12.00	0.20	3.16
3.20	3.20	0.16	1.25	0.14	1.09	30.00	1334.18	12.00	0.20	3.20
3.40	3.40	0.16	1.25	0.14	1.10	30.00	1351.62	12.00	0.20	3.24
3.60	3.60	0.16	1.25	0.14	1.11	30.00	1368.15	12.00	0.20	3.28
3.80	3.80	0.16	1.25	0.14	1.11	30.00	1383.88	12.00	0.20	3.32
4.00	4.00	0.16	1.25	0.14	1.12	30.00	1398.87	12.00	0.20	3.36
4.20	4.20	0.16	1.25	0.14	1.13	30.00	1413.19	12.00	0.20	3.39
4.40	4.40	0.16	1.25	0.14	1.14	30.00	1426.91	12.00	0.20	3.42
4.60	4.60	0.16	1.25	0.14	1.14	30.00	1440.08	12.00	0.20	3.46
4.80	4.80	0.16	1.25	0.14	1.15	30.00	1452.74	12.00	0.20	3.49
5.00	5.00	0.16	1.25	0.13	1.16	30.00	1464.92	12.00	0.20	3.52
5.20	5.20	0.16	1.25	0.13	1.16	30.00	1476.67	12.00	0.20	3.54
5.40	5.40	0.16	1.25	0.13	1.17	30.00	1488.02	12.00	0.20	3.57
5.60	5.60	0.16	1.25	0.13	1.18	30.00	1498.99	12.00	0.20	3.60
5.80	5.80	0.16	1.25	0.13	1.18	30.00	1509.61	12.00	0.20	3.62
6.00	6.00	0.16	1.25	0.13	1.19	30.00	1519.90	12.00	0.20	3.65
6.20	6.20	0.16	1.25	0.13	1.19	30.00	1529.89	10.80	0.20	3.30
6.40	6.40	0.16	1.25	0.13	1.20	30.00	1539.58	9.60	0.20	2.96
6.60	6.60	0.16	1.25	0.13	1.20	30.00	1549.01	8.40	0.20	2.60
6.80	6.80	0.16	1.25	0.13	1.21	30.00	1558.17	7.20	0.20	2.24
7.00	7.00	0.16	1.25	0.13	1.21	30.00	1567.10	6.00	0.20	1.88
7.20	7.20	0.16	1.25	0.13	1.21	30.00	1575.79	4.80	0.20	1.51
7.40	7.40	0.16	1.25	0.13	1.22	30.00	1584.27	3.60	0.20	1.14
7.60	7.60	0.16	1.25	0.13	1.22	30.00	1592.54	2.40	0.20	0.76
7.80	7.80	0.16	1.25	0.13	1.23	30.00	1600.62	1.20	0.20	0.38
8.00	8.00	0.16	1.25	0.13	1.23	30.00	1608.51	0.00	0.10	0.00
										<b>P<sub>1,3,TOT</sub></b> 110.85

La risultante in direzione Y corrispondente agli scenari di vento ±Y sarà pertanto data da:

$$F_y = 0.8 \cdot P_{1,3,TOT} + 0.4 \cdot P_{1,3,TOT} = 1.2 \cdot 110.85 = 133.02 \text{ kN}$$

Pressione facciate 2 e 4										
z	z <sub>calc</sub>	k <sub>r</sub>	ρ	l(z)	cr(z)	vb	q	b	h	F
[m]	[m]		[kg/m <sup>3</sup> ]			[m/s]	[N/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[kN]
0.00	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	24.00	0.10	2.45
0.20	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	24.00	0.20	4.89
0.40	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	24.00	0.20	4.89
0.60	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	24.00	0.20	4.89
0.80	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	24.00	0.20	4.89
1.00	1.00	0.16	1.25	0.17	0.91	30.00	1019.07	24.00	0.20	4.89
1.20	1.20	0.16	1.25	0.17	0.93	30.00	1066.01	24.00	0.20	5.12
1.40	1.40	0.16	1.25	0.16	0.96	30.00	1106.41	24.00	0.20	5.31
1.60	1.60	0.16	1.25	0.16	0.98	30.00	1141.94	24.00	0.20	5.48
1.80	1.80	0.16	1.25	0.16	1.00	30.00	1173.67	24.00	0.20	5.63
2.00	2.00	0.16	1.25	0.15	1.01	30.00	1202.39	24.00	0.20	5.77
2.20	2.20	0.16	1.25	0.15	1.03	30.00	1228.62	24.00	0.20	5.90
2.40	2.40	0.16	1.25	0.15	1.04	30.00	1252.79	24.00	0.20	6.01
2.60	2.60	0.16	1.25	0.15	1.06	30.00	1275.21	24.00	0.20	6.12
2.80	2.80	0.16	1.25	0.15	1.07	30.00	1296.12	24.00	0.20	6.22
3.00	3.00	0.16	1.25	0.14	1.08	30.00	1315.72	24.00	0.20	6.32
3.20	3.20	0.16	1.25	0.14	1.09	30.00	1334.18	24.00	0.20	6.40
3.40	3.40	0.16	1.25	0.14	1.10	30.00	1351.62	24.00	0.20	6.49
3.60	3.60	0.16	1.25	0.14	1.11	30.00	1368.15	24.00	0.20	6.57
3.80	3.80	0.16	1.25	0.14	1.11	30.00	1383.88	24.00	0.20	6.64
4.00	4.00	0.16	1.25	0.14	1.12	30.00	1398.87	24.00	0.20	6.71
4.20	4.20	0.16	1.25	0.14	1.13	30.00	1413.19	24.00	0.20	6.78
4.40	4.40	0.16	1.25	0.14	1.14	30.00	1426.91	24.00	0.20	6.85
4.60	4.60	0.16	1.25	0.14	1.14	30.00	1440.08	24.00	0.20	6.91
4.80	4.80	0.16	1.25	0.14	1.15	30.00	1452.74	24.00	0.20	6.97
5.00	5.00	0.16	1.25	0.13	1.16	30.00	1464.92	24.00	0.20	7.03
5.20	5.20	0.16	1.25	0.13	1.16	30.00	1476.67	24.00	0.20	7.09
5.40	5.40	0.16	1.25	0.13	1.17	30.00	1488.02	24.00	0.20	7.14
5.60	5.60	0.16	1.25	0.13	1.18	30.00	1498.99	24.00	0.20	7.20
5.80	5.80	0.16	1.25	0.13	1.18	30.00	1509.61	24.00	0.20	7.25
6.00	6.00	0.16	1.25	0.13	1.19	30.00	1519.90	24.00	0.20	7.30
<b>P<sub>2,4,TOT</sub></b>										<b>188.12</b>

La risultante in direzione X corrispondente agli scenari di vento ±X sarà pertanto data da:

$$F_x = 0.8 \cdot P_{2,4,TOT} + 0.4 \cdot P_{2,4,TOT} = 1.2 \cdot 188.12 = 225.74 \text{ kN}$$

Le differenze coi valori derivanti dall'assegnazione automatica in SAP2000 sono in entrambi i casi inferiori al 9%. La differenza rilevata è imputabile alla discretizzazione più grossolana adottata nel modello di calcolo (4 elementi area su un'altezza di 6 metri) rispetto al calcolo manuale (elementi di altezza 0.2 metri).

---

Per quanto concerne il controllo delle depressioni di falda un confronto rapido può essere effettuato nel seguente modo:

- vento spirante in direzione  $\pm X$ : si assume come valore di calcolo la pressione di riferimento a quota 7 metri pari a  $1567.1 \text{ N/m}^2$  (vedi tabelle precedenti). Si assume un coefficiente di pressione medio pari a 0.45 e si calcola la risultante in direzione ortogonale alle falde:

$$F_{\perp} = 0.45 \cdot 1.5671 \cdot 12 \cdot 24 = 203.10 \text{ kN}$$

la risultante in direzione verticale si ottiene proiettando la forza appena calcolata tenendo conto dell'inclinazione della falda:

$$F_z = F_{\perp} \cdot \cos 18^{\circ} = 193.16 \text{ kN}$$

La differenza col valore derivante dal modello di calcolo (minore del 9%) è imputabile al fatto che sono stati usati  $C_p$  differenti a quote differenti (per es  $C_p=1$  sul colmo) pertanto i vari settori in cui è stata divisa la copertura hanno "pesi" differenti. In tal caso effettuare il calcolo con riferimento alla quota media del tetto ed al  $C_p$  medio non è in favore di sicurezza.

- vento spirante in direzione  $\pm Y$ : si assume come valore di calcolo la pressione di riferimento a quota 7 metri pari a  $1567.1 \text{ N/m}^2$  (vedi tabelle precedenti). Si assume un coefficiente di pressione medio pari a 0.56 e si calcola la risultante in direzione ortogonale alle falde:

$$F_{\perp} = 0.56 \cdot 1.5671 \cdot 12 \cdot 24 = 252.74 \text{ kN}$$

la risultante in direzione verticale si vale perciò:

$$F_z = F_{\perp} \cdot \cos 18^{\circ} = 240.37 \text{ kN}$$

Per quanto concerne la differenza con il valore derivante dall'analisi (inferiore al 4%) valgono le considerazioni fatte in precedenza.