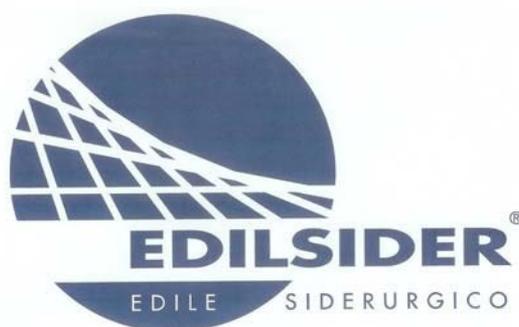


# **RECINZIONE MOBILE PER CANTIERE MODELLO PESANTE**

3480x2000

## **RELAZIONE TECNICA**



**INDICE**

1. Obiettivo della relazione _____	3
2. Descrizione della struttura _____	4
3. Metodologia di calcolo _____	5
4. Verifica al ribaltamento _____	9
5. Conclusioni _____	11

## **1. OBIETTIVO DELLA RELAZIONE**

Questa Relazione Tecnica presenta l'analisi di stabilità per il pannello di recinzione mobile (2000x3480) della Edilsider, sulla base delle specifiche fornite dal Cliente, come da comunicazione allegata.

Verrà pertanto determinato il carico massimo sopportabile dalla struttura, dovuto all'azione del vento, per verificare la stabilità al ribaltamento del pannello.

Il calcolo di tale carico viene determinato con la metodologia adottata per le "Norme tecniche per le costruzioni 2008".

In base a tali norme la spinta del vento dipende da diversi parametri, in funzione della zona geografica, dell'altitudine, della rugosità del suolo eccetera.

Per illustrare la metodologia adottata, utilizzeremo un esempio, ipotizzando che il pannello sia collocato in una grande città della Lombardia (Milano), in pieno centro storico.

Milano è distante oltre 30 km dal mare, si trova ad una quota inferiore a 500 metri, pertanto, secondo la normativa, la categoria di esposizione del sito è la **V**, la classe di rugosità del terreno è la **A**.

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il pannello, schematizzato in Figura 1, è essenzialmente costituita da un telaio in tubi di acciaio sul quale viene saldata una rete in acciaio elettrosaldata.

Il diametro dei fili è di 3,4 mm e la maglia di dimensioni 100x300 mm.

Il diametro esterno dei tubi verticali è pari a 40 mm, mentre quelli orizzontali hanno un diametro esterno pari a 30 mm.

La massa totale del pannello è pari a 17,2 kg.

Il pannello viene poi montato (in corrispondenza dei fori centrali) su due blocchi (Figura 2) in calcestruzzo o in plastica di massa rispettivamente pari a 31 kg e 26 kg, orientati perpendicolarmente ad esso.

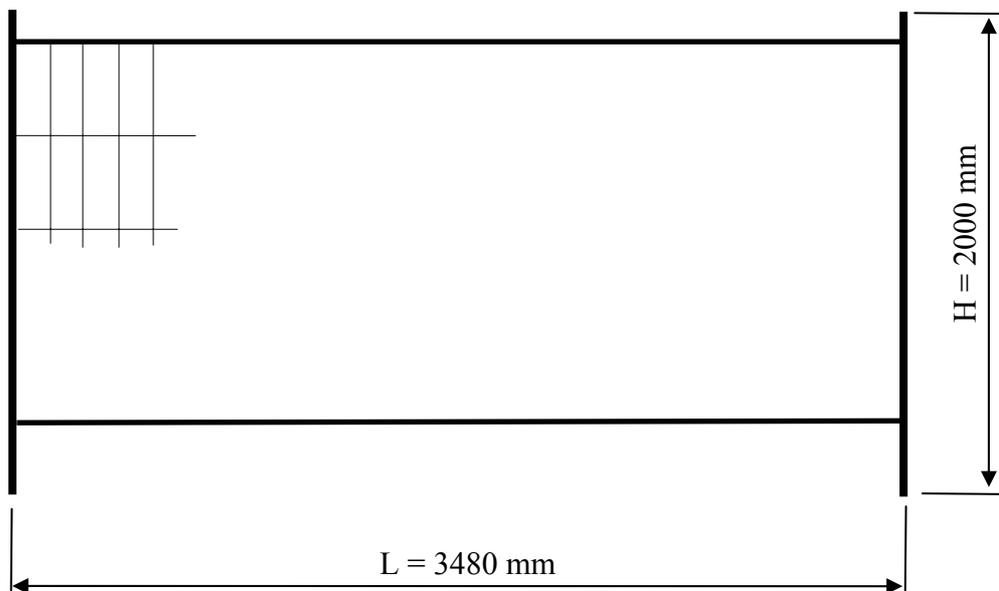


Figura 1. Pannello di rete

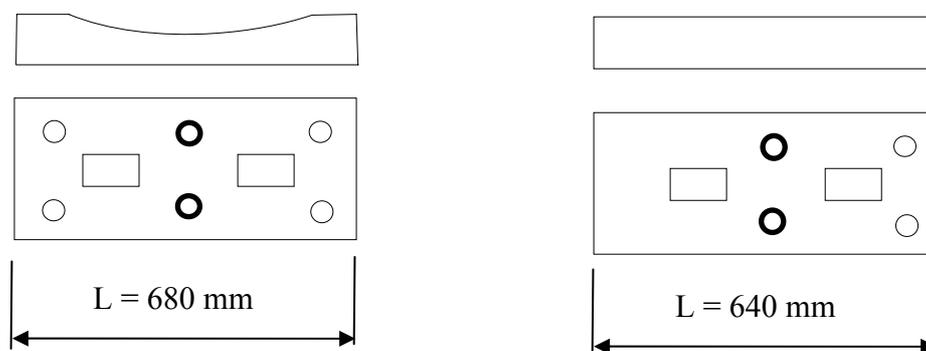


Figura 2. Blocco in calcestruzzo (a sinistra) e in plastica (a destra)

### 3. METODOLOGIA DI CALCOLO

#### Generalita' sulle azioni del vento

Il vento, la cui direzione si considera di regola orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo provocando in generale effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti.

Le azioni statiche del vento si traducono in pressioni e depressioni, agenti normalmente alle superfici sia interne che esterne, degli elementi, che compongono la costruzione.

L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento.

Nel caso di costruzioni o elementi di grande estensione, si deve tenere conto delle azioni tangenziali esercitate dal vento.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su di una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando di regola, come direzione del vento, quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

Per costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'applicazione di specifici procedimenti analitici, numerici o sperimentali adeguatamente comprovati.

Riportiamo qui di seguito i calcoli utilizzati per studiare gli effetti dell'azione del vento sul pannello, supposto alloggiato nei fori centrali dei blocchi di sostegno.

#### Determinazione dell'azione del vento

L'azione del vento per unità di superficie ortogonale (pressione) viene determinata con l'espressione:

$$p = q_b * c_e * c_p * c_d$$

dove :

$$q_b = \frac{\rho}{2} * v_b^2 \text{ pressione cinetica di riferimento (N/m}^2\text{)}$$

$c_e$  = **coefficiente di esposizione**, dipende dall'altezza della costruzione sul suolo, dalla rugosità e dalle topografia del terreno, dall'esposizione del sito in cui è situata la costruzione

$c_p$  = **coefficiente di forma**, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento

$c_d$  = **coefficiente dinamico**. è quello con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati

alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. In questo caso verrà adottato pari ad 1

$p$  = pressione del vento ( $\text{N/m}^2$ )

### Calcolo della pressione cinetica di riferimento:

La velocità di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b,0} && \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_b &= v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned}$$

dove:

$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame, in funzione delle zone definite in Fig. 3.3.1;  
 $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

La pressione cinetica di riferimento, nel nostro caso, è pari a:

$$q_b = \frac{\rho}{2} * v_{b,0}^2 = 390,625 \text{ N/m}^2$$

dove:

$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$  velocità di riferimento del vento (zona 1)  
 $\rho = \text{densità dell'aria}$  (assunta convenzionalmente costante e pari a  $1,25 \text{ kg/m}^3$ )

### Calcolo del coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e dell'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200 \text{ m}$ , esso è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\ c_e(z) &= c_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min} \end{aligned}$$

dove:

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;  
 $c_t$  è il coefficiente di topografia.

Data la zona geografica scelta per l'ubicazione del pannello, la classe di rugosità del terreno è la **A**, mentre la categoria di esposizione del sito è la **V**.

Il coefficiente di topografia  $c_t$  è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Sulla base di tali dati risulta:

$$c_e = 1,479$$

**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, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (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

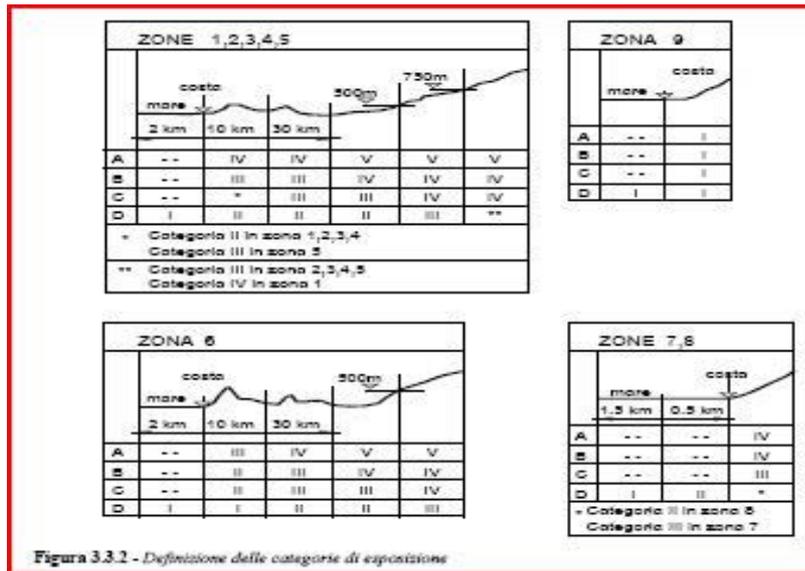
**Tabella 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione**

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

**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.



**Determinazione del coefficiente di forma  $c_p$**

Il pannello è composto da un insieme di tubi e rete metallica, corpi aventi sezione circolare. Per i corpi cilindrici a sezione circolare di diametro  $d$  e lunghezza  $h$  i coefficienti di forma previsti dalla normativa (D.M. 4/7/'96) sono i seguenti:

$$c_p = 1,2 \quad \text{per } d \cdot \sqrt{q} \leq 2,2$$

$$c_p = (1,783 - 0,263 \cdot d \cdot \sqrt{q}) \quad \text{per } 2,2 < d \cdot \sqrt{q} < 4,2$$

$$c_p = 0,7 \quad \text{per } d \cdot \sqrt{q} \geq 4,2$$

essendo  $d$  espresso in metri e  $q = q_b \cdot c_e$  ( $N/m^2$ ), con  $q_b$  e  $c_e$  definiti precedentemente.

L'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata nel piano ortogonale alla direzione del vento. Nel nostro caso,  $c_p = 1,2$ .

**Calcolo della pressione del vento**

Utilizzando i risultati precedenti, possiamo determinare la pressione sul pannello dovuta al vento:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 390,625 \cdot 1,479 \cdot 1,2 \cdot 1 = 693,28 \text{ N/m}^2.$$

**Calcolo della spinta frontale del pannello**

La sezione frontale del pannello è pari a:

$$A = 0,624 \text{ m}^2$$

La spinta dovuta all'azione del vento è dunque pari a :

$$F = p \cdot A = 432,6 \text{ N}$$

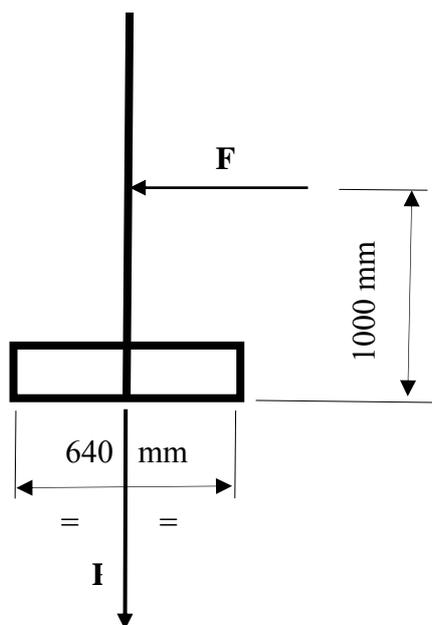
#### 4. VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Il manufatto, nelle normali condizioni di esercizio, ha la funzione di semplice elemento di recinzione.

Esso non è progettato per essere destinato a sopportare forze di spinta di una certa entità, a parte il peso proprio.

Sulla scorta di tali considerazioni, si procede ad una verifica della massima velocità ammissibile del vento sul pannello, nella condizione di montaggio standard definita con posizionamento dei montanti in corrispondenza dei fori centrali e moduli in serie.

La verifica viene effettuata nelle condizioni sopra e considerando (in favore della sicurezza) il pannello montato su basamenti in plastica, più leggeri di quelli in cemento. La situazione è quella illustrata nella figura qui sotto:



Il peso totale del pannello e dei due semiblocchi in plastica è pari a:

$$P = 423 \text{ N}$$

Il momento equilibrante dovuto al peso  $P$  vale perciò:

$$M_e = P \cdot A = 423 \cdot 320 = 135360 \text{ Nmm}$$

Adottando un coefficiente di sicurezza pari a 1,2 il momento ribaltante vale:

$$M_r = M_e / 1,2 = 112800 \text{ Nmm}$$

La forza ribaltante è dunque:

$$F = Mr/1000 = 112,8 \text{ N}$$

La sezione frontale del pannello è pari a:

$$A = 0,624 \text{ m}^2$$

La massima pressione ammissibile del vento risulta:

$$p = F/A = 112,8/0,624 = 180,7 \text{ N/m}^2$$

Di conseguenza la massima velocità ammissibile del vento è:

$$v_b = \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d}} = 9,42 \text{ m/s}$$

Nelle condizioni precedentemente illustrate e al disotto di tale velocità del vento, è garantita la stabilità al ribaltamento del pannello.

## 5. CONCLUSIONI

La struttura della recinzione mobile, è costituita da un telaio in tubi di acciaio (diametro esterno dei tubi verticali pari a 40 mm, diametro esterno dei tubi orizzontali pari a 30 mm) sul quale viene saldata una rete in acciaio elettrosaldata a maglia rettangolare di dimensioni 100x300 mm con diametro dei fili pari a 3,4mm e massa totale pari a 17,2 kg.

La verifica al ribaltamento è stata effettuata ipotizzando le condizioni standard di montaggio, con i montanti nei fori centrali del basamento più sfavorevole, quello in plastica di massa 26 Kg.

Sulla base di tali dati e nel rispetto delle seguenti condizioni:

- 1) zone 1,2,3,4,5,6,7 della tabella 3.3.I (praticamente tutta l'Italia, escluso la provincia di Trieste e le isole ad eccezione di Scilia e Sardegna)
- 2) quote inferiori ai 500 metri
- 3) tutte le ipotesi geometriche e di vincolo indicate nel paragrafo 2 "descrizione della struttura"
- 4) pannello posizionato su terreno piano e non sdruciolevole

si può affermare che, limitatamente alle zone e alle condizioni prescritte il pannello è in grado di non ribaltarsi fino ad una velocità massima del vento pari a:

$$v_{\max} = 9,42 \text{ m/s}$$

Milano, 2 febbraio 2010

Dott. Ing. Fabio Mancini

