



REGIONE SICILIA

REGIONE SICILIANA
 Libero consorzio Comunale di Siracusa
 Città Metropolitana di Catania
COMUNE DI LENTINI
COMUNE DI PALAGONIA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO
 "LENTINI 1" DELLA POTENZA NOMINALE DI 60.016,32 kWp POTENZA DI
 IMMISSIONE 52.300 kW E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE NEL
 COMUNE DI LENTINI (SR) E PALAGONIA (CT)**

COMMITTENTE:

**Iberdrola Renovables Italia S.p.A.**

Sede Legale Piazzale dell'Industria n. 40
 ROMA (RM) CAP 00144
 CF/P.IVA 06977481008

SVILUPPATORE:

**Fabroen s.r.l**

Sede legale Via Brunetto Latini n. 11
 Palermo (PA) CAP 90141
 CF/P.IVA 05052720827
 Legale rappresentante
 Avv. Fabrizio Romeo



**RELAZIONE PRELIMINARE SULLE
 STRUTTURE TRACKER CONVERT 1 P**

| Data | Formato | Scala | Codice Elaborato | Codice Terna | Livello di progettazione | REV. | Visto: |
|-------------|---------|-------|------------------|--------------|--------------------------|------|--------|
| Aprile 2024 | A4 | | RS06REL0020A0 | 202203039 | Definitiva | 0 | |

| | | | |
|-------------|---|-----------|------------------------------------|
| COMMITTENTE | Iberdrola Renovables Italia S.p.A. | REDAZIONE | Dr. Arch. Calogero Morreale |
| | | | |
| | Dr. Naturalista Mirko Amato | REDAZIONE | Dr. Agr. Paolo Di Bella |
| REDAZIONE | | | |
| REDAZIONE | Ing. El. Giuseppe Lo Presti | REDAZIONE | Ing. Leonardo Scavone |
| | | | |

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

1. Premessa

La presente relazione preliminare verifica le strutture a sostegno dei pannelli fotovoltaici. Le strutture sono costituite da portali realizzati con profili scatolari a omega di dimensioni 50x300x100mm con spessore 10mm che costituiscono i pilastri dei portali, mentre i pilastri vengono collegati con travi in profili scatolari di dimensioni 200x200x8mm, sulle travi di collegamento dei pilastri si installano le travi di supporto dei pannelli fotovoltaici di dimensione 75x75x4mm tutto in acciaio S355. I pilastri vengono infissi nel terreno fino ad una profondità da definire.

2. Riferimenti normativi:

Si riportano nel seguito le leggi ed i regolamenti cui si è fatto riferimento nella verifica delle opere trattate in questa relazione:

- Legge 5 novembre 1971 n° 1086 recante: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato e precompresso ed a struttura metallica"
- Legge 02.02.1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- D.M. 17/01/2018 "Le Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"

3. Materiali impiegati e resistenze di calcolo:

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N.305/2011 DEL DIPARTIMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 Marzo 2011" in merito ai prodotti da costruzione.

Pilastri in profilo aperto tipo omega di dimensione 50x300x100mm con spessore 10mm in acciaio S355;

Travi in profilo scatolare di dimensione 200x200mm e spessore 8mm in acciaio S355;

Travi di sostegno pannelli fotovoltaici in profili scatolari di dimensione 75x75mm e spessore 4mm in acciaio S355;

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |

4. Terreno di fondazione:

Terreno agrario limo argilloso

Terreno agrario costituito da Limi argillosi di colore marrone. Spessore medio da 0,00 a 0,80 mt

Parametri geotecnici di riferimento:

| | |
|--|----------------------------------|
| *peso specifico di volume (stato naturale) | $\gamma_n = 1700 \text{ Kg/m}^3$ |
| *angolo di attrito interno | $\varphi' = 16^\circ$ |
| *coesione | $c' = 0.20 \text{ Kg/cm}^2$ |

Limi debolmente argillosi consistenti

Spessore medio da 0,80 a 2,20 mt

Parametri geotecnici di riferimento:

| | |
|--|----------------------------------|
| *peso specifico di volume (stato naturale) | $\gamma_n = 2000 \text{ Kg/m}^3$ |
| *angolo di attrito interno | $\varphi' = 17^\circ$ |
| *coesione | $c' = 0.70 \text{ Kg/cm}^2$ |

Argille limose moderatamente consistenti

Spessore medio da 2,20 a 5,60 mt

Parametri geotecnici di riferimento:

| | |
|--|----------------------------------|
| *peso specifico di volume (stato naturale) | $\gamma_n = 1800 \text{ Kg/m}^3$ |
| *angolo di attrito interno | $\varphi' = 17^\circ$ |
| *coesione | $c' = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$ |

5. Analisi dei Carichi:

i carichi agenti sulla struttura portante ed in fondazione sono di seguito descritte:

- Peso proprio
- Peso pannello 38.7Kg
- Neve
- Vento

N°28 pannelli di dimensioni 2380x1303x35mm

Peso complessivo dei pannelli ripartito sulla trave di supporto dei pannelli fotovoltaici:

$(38.7 \times 28) = 1083.6 \text{ Kg}$

$1083.6 \times 10\%$ di minuteria + profili di dimensioni 75x75x4mm (a sostegno dei pannelli) = 1176Kg

Diviso la lunghezza della trave di supporto dei pannelli fotovoltaici

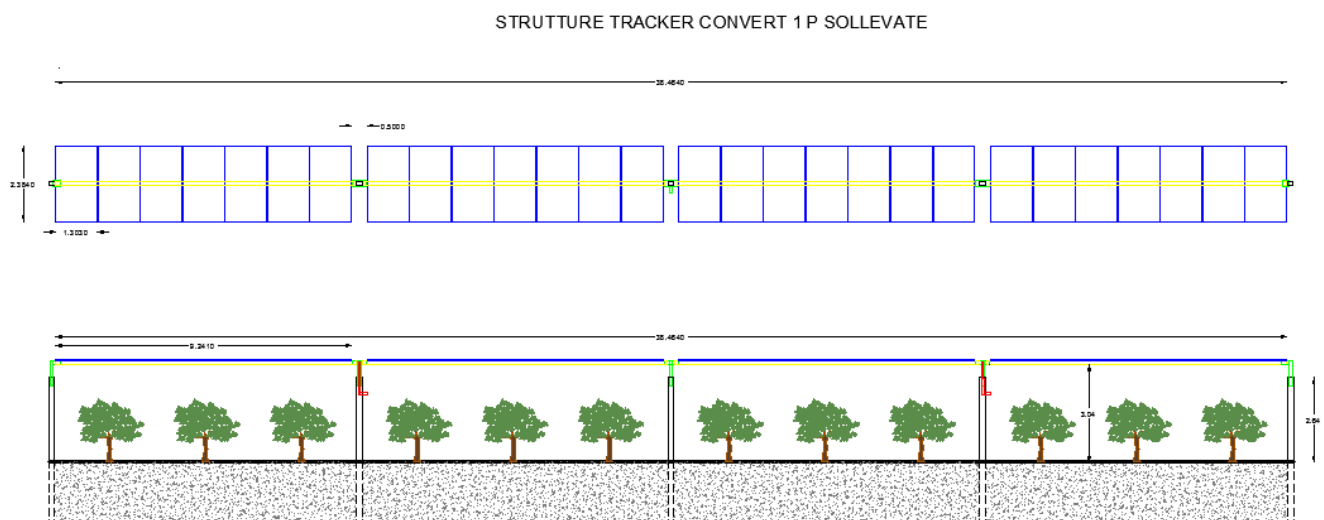
$2368 / 38.46 = 61.56 \text{ Kg/m}$

6. Descrizione e caratteristiche geometriche delle strutture di sostegno:

I moduli fotovoltaici previsti nel sito hanno dimensioni di 1303 mm x 2380 mm; questi ultimi sono montati su profili lungo il lato corto, a loro volta collegati alla trave principale della struttura di sostegno (pali). I pali a sostegno della trave principale che sostiene i moduli fotovoltaici sono n°5.

Le strutture di sostegno dei moduli saranno di tipologia fissa, mentre i moduli saranno posizionati su una struttura di sostegno con meccanismo meccanico che consente la rotazione lungo l'asse della trave principale da 0° a 55° di inclinazione, le travi principali costituiti da profili quadrati metallici in acciaio zincato opportunamente dimensionati saranno poste orizzontalmente assecondando la giacitura del terreno. Tali strutture avranno un'altezza minima da terra di circa 3,31 con inclinazione a 0° ed un'altezza dal terreno di 1,35m considerando un'inclinazione dei pannelli di 55° rispetto al terreno. I sostegni saranno profili ad omega di dimensioni 50x300x100mm con spessore 10mm ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

Ogni struttura sarà composta da 28 pannelli fotovoltaici.



7. Carico della Neve:

in accordo con le NTC2018, con Coefficiente topografico pari a 1 ed inclinazione della falda che varia da 0° a 55°, si ottiene un valore di carico neve pari a 48Kg/m² con inclinazione di 0°, mentre si ottiene un valore di carico neve pari a 8Kg/m², con inclinazione di 55°.

il carico da neve sulla copertura:

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/mq])} = \mu_i q_{sk} C_E C_t$$

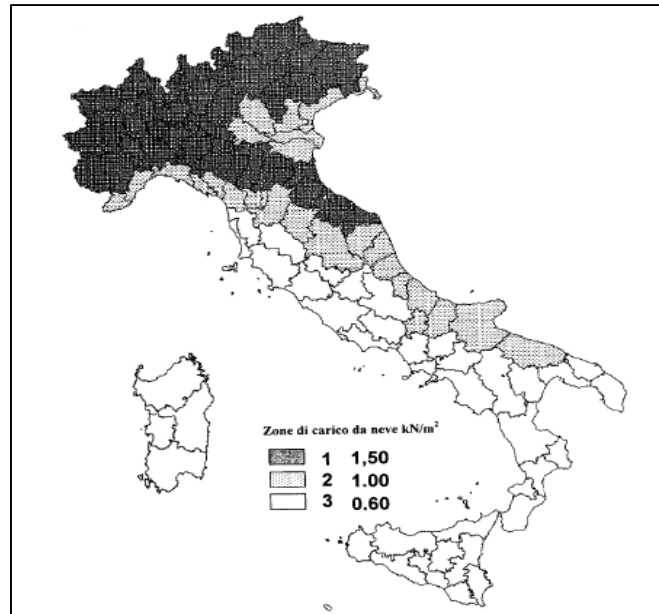
μ_i (coefficiente di forma)
 q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
 C_E (coefficiente di esposizione)
 C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

| | |
|---|------|
| a_s (altitudine sul livello del mare [m]) | 71 |
| q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq]) | 0,60 |

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**.



Coefficiente di esposizione

| Topografia | Descrizione | C_E |
|------------|---|-------|
| 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 |

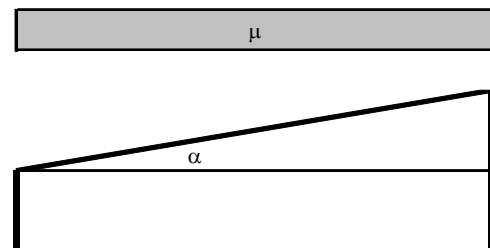
Carico neve con inclinazione a 0°

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

| | |
|-----------------------------------|---|
| α (inclinazione falda [°]) | 0 |
|-----------------------------------|---|

| | |
|-------|-----|
| μ | 0,8 |
|-------|-----|

0,48 kN/mq



Carico neve con inclinazione a 55°

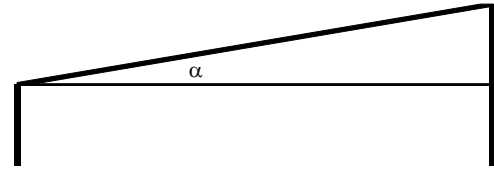
Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

| | |
|-----------------------------------|----|
| α (inclinazione falda [°]) | 55 |
|-----------------------------------|----|

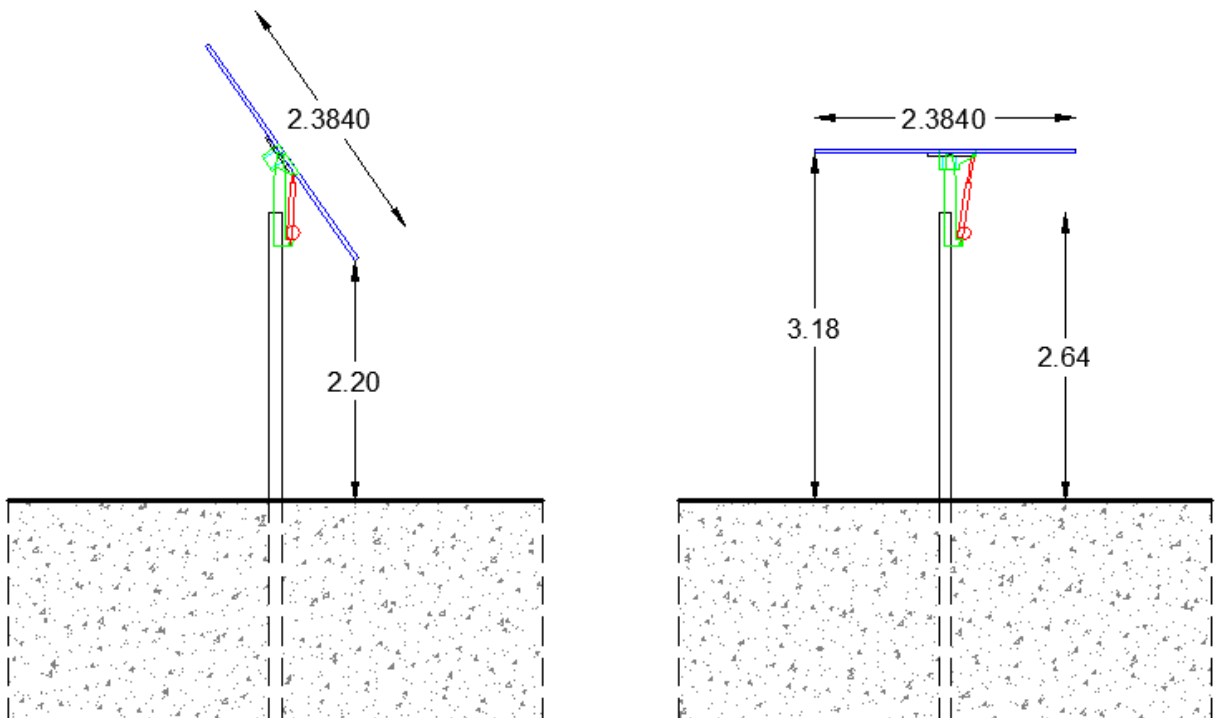
| | |
|-------|-------------|
| μ | 0,133333333 |
|-------|-------------|

0,08 kN/mq

| |
|-------|
| μ |
|-------|



Per un'inclinazione di 55° (massima inclinazione di funzionamento del Tracker il carico di neve risulta pari a 0 kN/mq, poiché con questa inclinazione la neve non riesce a depositarsi sulla struttura).



Considerando la lunghezza della trave di 38.46m che grava sui pilastri, il carico distribuito sui profili sarà pari a 48×53.07 (superficie dei pannelli) = 2547.36 Kg/m

Ripartito lungo la trave risulta pari a $2547.36 / 38.46 = 66.23 \text{ Kg/m}$

8. Vento:

In accordo con le NTC2018, considerando un TR50 anni, classe di rugosità del terreno D, inclinazione che varia da 0° a 55°, Il coefficiente dinamico si assume pari ad 1. **Cd = 1**, coefficiente topografico si assume pari a **Ct = 1** e considerando la struttura in esame al caso di tettoia ad uno spiovente

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

| | | | |
|---|-----------------|-----------|-------------|
| Zona | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_a [1/s] |
| 4 | 28 | 500 | 0,02 |
| a_s (altitudine sul livello del mare [m]) | | | 71 |
| T_R (Tempo di ritorno) | | | 50 |
| $v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ | | | |
| $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m | | | |
| $v_b (T_R = 50)$ [m/s] | | | 28,000 |
| $\alpha_R (T_R)$ | | | 1,00073 |
| $v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s] | | | 28,021 |

| |
|--|
| p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$ |
| q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq]) |
| C_e (coefficiente di esposizione) |
| C_p (coefficiente di forma) |
| C_d (coefficiente dinamico) |



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

| | |
|--------------|--------|
| q_b [N/mq] | 490,72 |
|--------------|--------|

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), 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.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Categoria di esposizione

| | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-----|------|----|
| ZONE 1,2,3,4,5 | | | | | | |
| | costa | | 500m | | 750m | |
| | mare | | | | | |
| | 2 km | 10 km | 30 km | | | |
| 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 6 | | | | | |
| | costa | | 500m | | |
| | mare | | | | |
| | 2 km | 10 km | 30 km | | |
| A | -- | III | IV | V | V |
| B | -- | II | III | IV | IV |
| C | -- | II | III | III | IV |
| D | I | I | II | II | III |

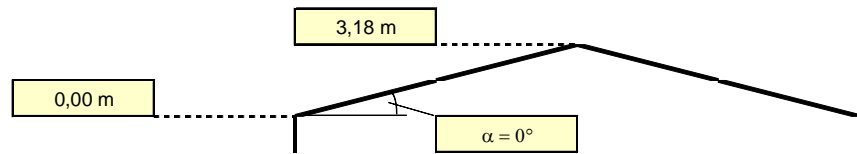
| | | | |
|---|--------|--------|-----|
| ZONE 7,8 | | | |
| | costa | | |
| | mare | | |
| | 1,5 km | 0,5 km | |
| A | -- | -- | IV |
| B | -- | -- | IV |
| C | -- | -- | III |
| D | I | II | * |
| * Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7 | | | |

| | | |
|--------|-------|---|
| ZONA 9 | | |
| | costa | |
| | mare | |
| A | -- | I |
| B | -- | I |
| C | -- | I |
| D | I | I |

| | | |
|------|--------------------|-----------|
| Zona | Classe di rugosità | a_s [m] |
| 4 | D | 71 |

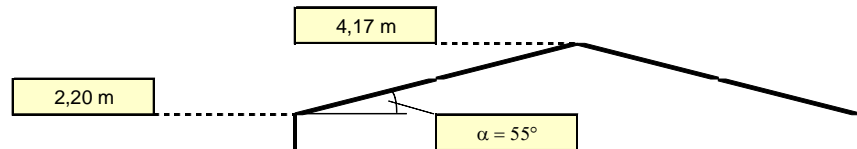
Con inclinazione 0°:

| z [m] | C _e |
|----------|----------------|
| z ≤ 4 | 1,801 |
| z = 0 | 1,801 |
| z = 3,18 | 1,801 |



Con inclinazione 55°:

| z [m] | C _e |
|----------|----------------|
| z ≤ 4 | 1,801 |
| z = 2,2 | 1,801 |
| z = 4,17 | 1,824 |



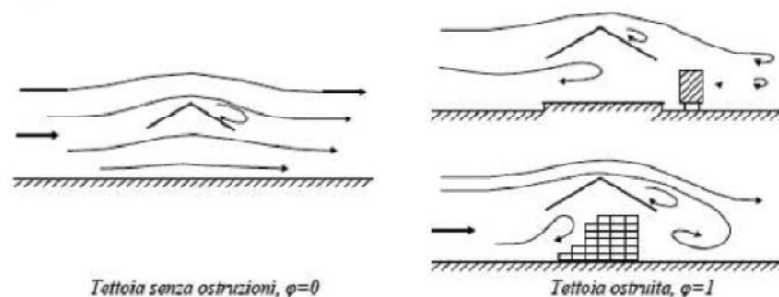
Nella Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21.01.2019, la stima dei coefficienti aerodinamici c_p , contiene sostanziali differenze rispetto alla Circolare n.617 del 2009. Nel documento, infatti, sono presenti diverse metodologie per ricavare i c_p e differenziandoli per varie tipologie edilizie. Tra queste tipologie è stata scelto di assimilare il tracker ad una tettoia (C3.3.8.2) non essendo presenti in normativa riferimenti a queste particolari tipologie di strutture e data la reale somiglianza costruttiva. In particolare i coefficienti aerodinamici sono definiti in funzione della direzione del vento (ortogonale o parallela) e delle dimensioni dell'elemento. Inoltre, la trattazione è differenziata per coperture piane, a falda singola o doppia, ecc..

Al paragrafo C3.3.8.2, vengono forniti i criteri per valutare le azioni globali del vento sulle coperture in cui lo spazio sottostante non sia delimitato in maniera permanente da pareti. In tale paragrafo l'azione del vento sulle tettoie è schematizzata attraverso forze F risultanti dal campo di pressioni sulla superficie della falda della tettoia, dirette ortogonalmente ad essa. Tali forze dipendono dalla pressione cinetica, dai nuovi coefficienti di forza c_F , dalla superficie della falda e dalla sua altezza, e sono applicate in punti diversi a seconda della tipologia di tettoia. Nella Circolare viene introdotto il coefficiente di bloccaggio Φ definito come il rapporto tra l'area esposta al vento di una eventuale ostruzione presente al di sotto della tettoia e l'area totale della superficie ortogonale alla direzione del vento al di sotto della tettoia:

$\Phi=0$ assenza di ostruzioni al di sotto della tettoia (tettoia libera)

$\Phi=1$ lo spazio al di sotto della tettoia è completamente ostruito

Differenze di flusso d'aria per tettoie con $\Phi=0$ e $\Phi=1$:



La Tabella C3.3.XV e la relativa Figura C.3.3.21 riportano i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo. I valori dei coefficienti di forza

sono espressi in funzione del grado di bloccaggio Φ e dell'inclinazione della falda. Per valori intermedi di Φ è ammessa una interpolazione lineare tra i valori relativi ai casi di $\Phi=0$ e $\Phi=1$.

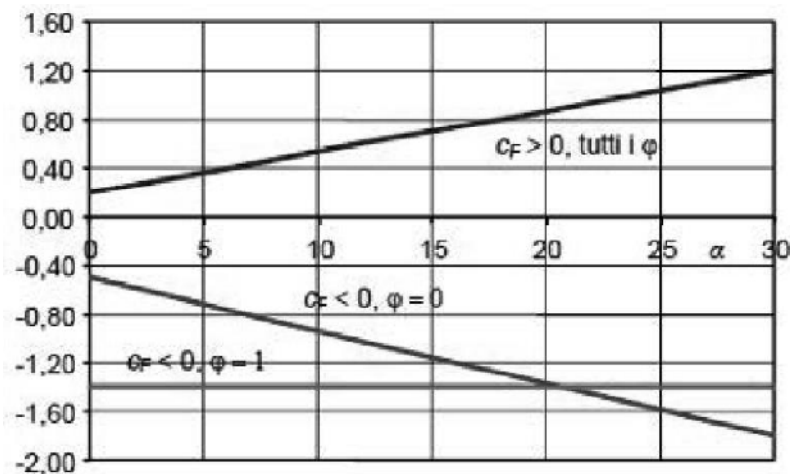


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda

| | | |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Valori positivi | Tutti i valori di φ | $c_F = +0,2 + \alpha/30$ |
| Valori negativi | $\varphi = 0$ | $c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ |
| | $\varphi = 1$ | $c_F = -1,4$ |

La forza F è data dalla formula:

$$F = q_p \cdot A_f \cdot c_F$$

q_p = pressione cinetica di picco

A_f = superficie della tettoia a cui è applicata la forza

c_F = coefficiente di forza

Per il calcolo della tettoia la Circolare raccomanda che si considerino le condizioni di carico più gravose tra quelle riportate in figura:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot (28,0 \text{ m/s})^2 = 49,07 \text{ daN/m}^2$$

$$q_p = 49,07 \text{ daN/m}^2 \cdot 1,80 = 88,32 \text{ daN/m}^2$$

le forze concentrate F saranno pari a:

| spinta uniforme del vento sulla trave | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| angolo | | cf | qp | F | Fz | fx |
| Grad. | | | daN/m ² | daN/m | daN/m | daN/m |
| 0 | F1+ | 0,20 | 88,33 | 24 | 24 | 0 |
| 0 | F2- | -0,50 | 88,33 | -61 | -61 | 0 |
| 30 | F1+ | 1,20 | 88,33 | 146 | 127 | 73 |
| 30 | F2- | -1,80 | 88,33 | -219 | -190 | -110 |
| 55 | F1+ | 2,03 | 88,33 | 248 | 142 | 203 |
| 55 | F2- | -2,88 | 88,33 | -351 | -202 | -288 |

Per il calcolo della tettoia la Circolare raccomanda che si considerino le condizioni di carico più gravose tra quelle riportate in figura:

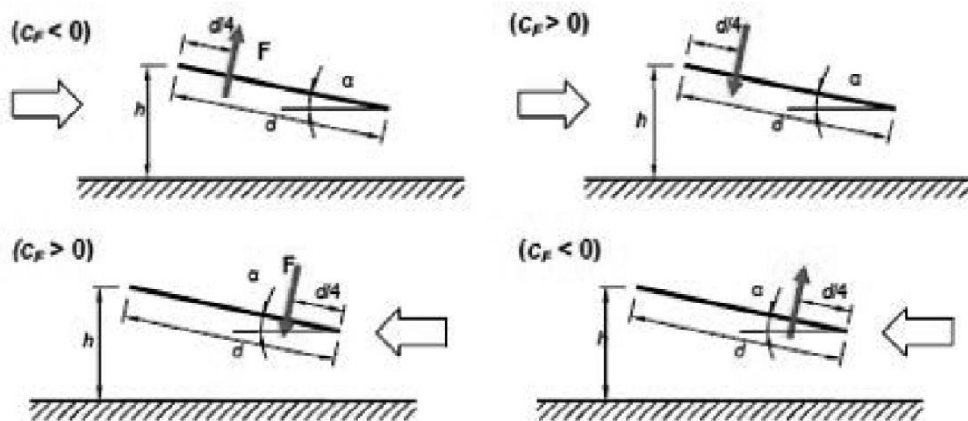
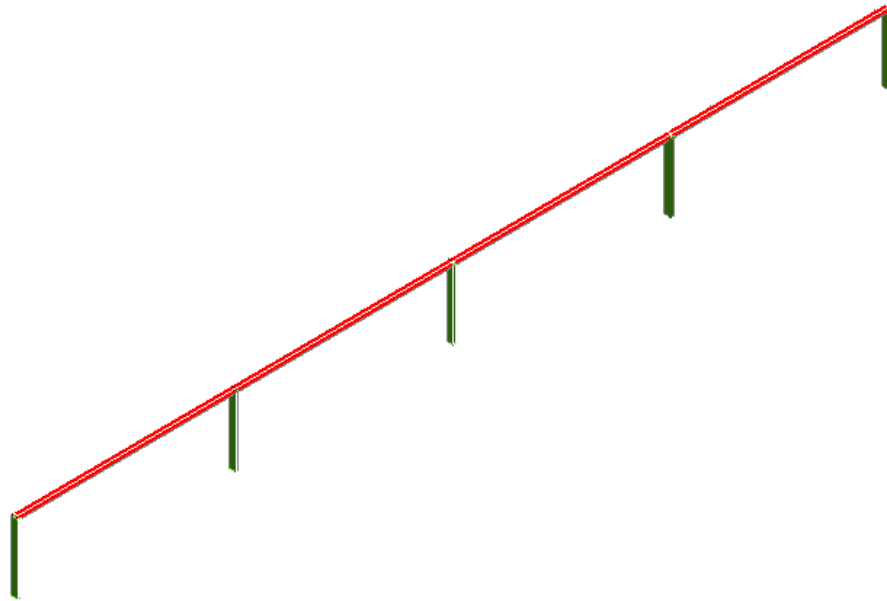


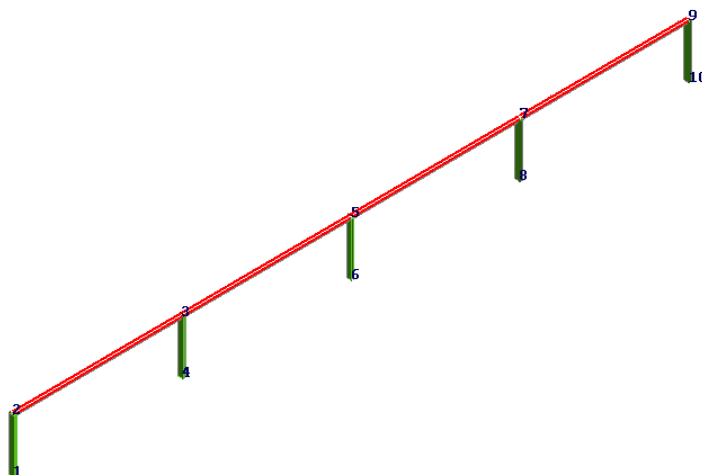
Figura C3.3.22 - Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

9. Rappresentazione grafica delle principali sollecitazioni:

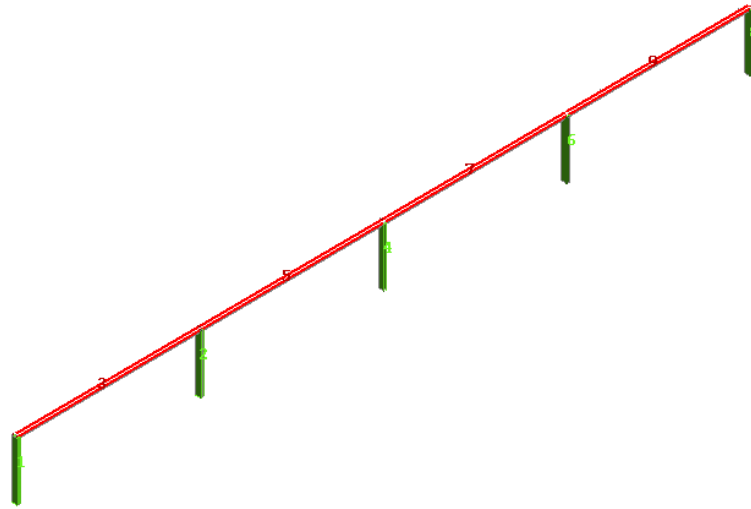
La struttura su cui è stata effettuata la verifica statica è stata verificata con i carichi derivanti dal progetto di che trattasi, in aggiunta evidentemente a quelli già presenti; la modellazione di essa è stata fatta discretizzandola realizzando in tal modo una struttura che approssima abbastanza quella reale come rilevabile nella immagine sotto. Nel seguito si riportano alcuni grafici sintetici della modellazione, delle sollecitazioni e delle deformazioni della struttura nonchè i principali risultati di calcolo.



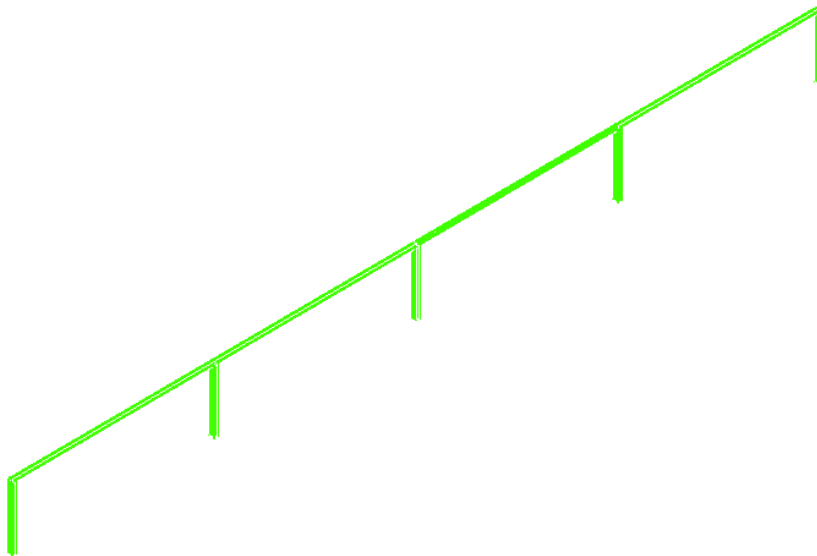
VISTA D'INSIEME



VISTA NODI



VISTA ASTE



VERIFICA ASTE



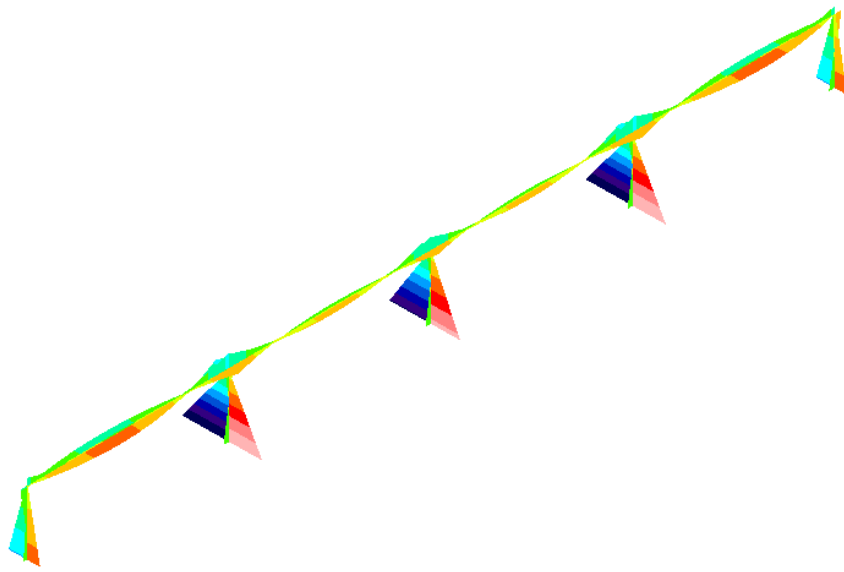


DIAGRAMMA MOMENTO

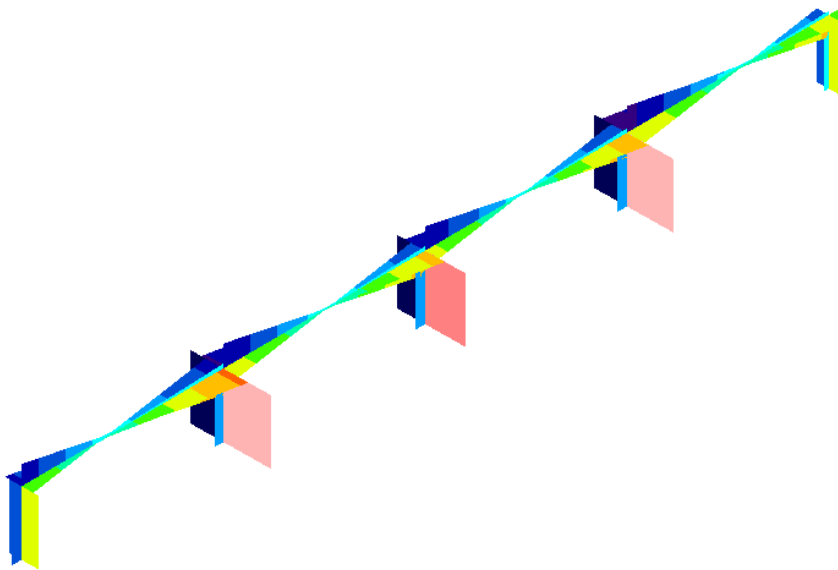


DIAGRAMMA TAGLIO

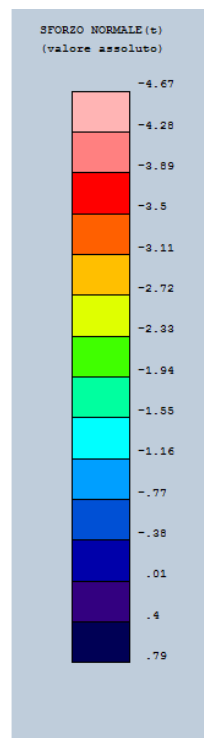
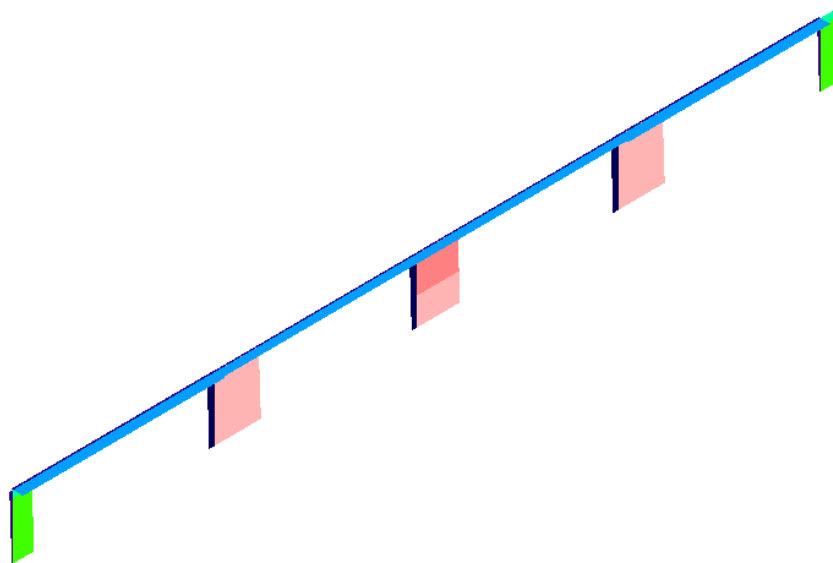


DIAGRAMMA SFORZO NORMALE

RELAZIONE DI CALCOLO

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

• **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

• **METODI DI CALCOLO**

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;

2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

• **CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE**

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.

2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

• **RELAZIONE SUI MATERIALI**

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono descritti nei tabulati riportati nel seguito per ciascuna tipologia di materiale utilizzato.

- **ANALISI SISMICA DINAMICA A MASSE CONCENTRATE**

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo delle "iterazioni nel sottospazio".

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (tre forze, in direzione X, Y e Z, e tre momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

I valori stampati nei tabulati finali allegati sono proprio i suddetti valori efficaci e pertanto l'equilibrio ai nodi perde di significato. I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle due direzioni di calcolo.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

- **VERIFICHE**

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidità flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidità relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

- **DIMENSIONAMENTO MINIMO DELLE ARMATURE.**

Per il calcolo delle armature sono stati rispettati i minimi di legge di seguito riportati:

TRAVI:

1. Area minima delle staffe pari a $1.5 \cdot b$ mmq/ml, essendo b lo spessore minimo dell'anima misurato in mm, con passo non maggiore di 0,8 dell'altezza utile e con un minimo di 3 staffe al metro. In prossimità degli appoggi o di carichi concentrati per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione, il passo minimo sarà 12 volte il diametro minimo dell'armatura longitudinale.
2. Armatura longitudinale in zona tesa $\geq 0,15\%$ della sezione di calcestruzzo. Alle estremità è disposta una armatura inferiore minima che possa assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio.
3. In zona sismica, nelle zone critiche il passo staffe è non superiore al minimo di:
 - un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
 - 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
 - 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CDA e CDB;
 - 24 volte il diametro delle armature trasversali.

Le zone critiche si estendono, per CDB e CDA, per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro. Nelle zone critiche della trave il rapporto fra l'armatura compressa e quella tesa è maggiore o uguale a 0,5.

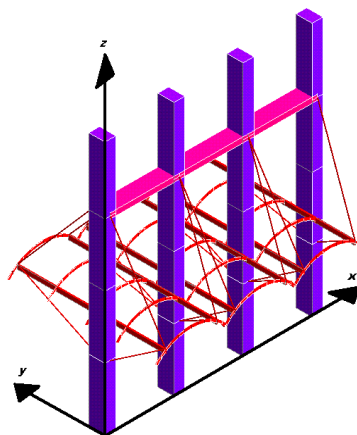
PILASTRI:

1. Armatura longitudinale compressa fra 0,3% e 4% della sezione effettiva e non minore di $0,10 \cdot N_{ed}/f_{yd}$;
2. Barre longitudinali con diametro ≥ 12 mm;
3. Diametro staffe ≥ 6 mm e comunque $\geq 1/4$ del diametro max delle barre longitudinali, con interasse non maggiore di 30 cm.
4. In zona sismica l'armatura longitudinale è almeno pari all'1% della sezione effettiva; il passo delle staffe di contenimento è non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:
 - $1/3$ e $1/2$ del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CDA e CDB;
 - 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
 - 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CDA e CDB.

● **SISTEMI DI RIFERIMENTO**

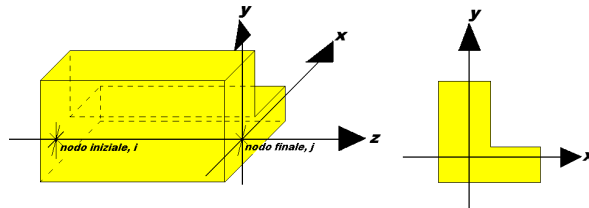
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



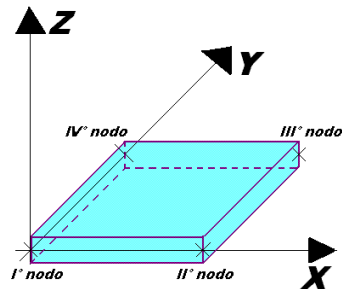
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



- **UNITÀ DI MISURA**

Si adottano le seguenti unità di misura:

| | |
|---------------|-------------|
| [lunghezze] | = m |
| [forze] | = kgf / daN |
| [tempo] | = sec |
| [temperatura] | = °C |

- **CONVENZIONI SUI SEGNI**

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella caratteristiche statiche dei profili e caratteristiche materiali.

| | |
|-----------------------------|--|
| Sez. | : Numero d'archivio della sezione |
| U | : Perimetro bagnato per metro di sezione |
| P | : Peso per unità di lunghezza |
| A | : Area della sezione |
| A_x | : Area a taglio in direzione X |
| A_y | : Area a taglio in direzione Y |
| J_x | : Momento d'inerzia rispetto all'asse X |
| J_y | : Momento d'inerzia rispetto all'asse Y |
| J_t | : Momento d'inerzia torsionale |
| W_x | : Modulo di resistenza a flessione, asse X |
| W_y | : Modulo di resistenza a flessione, asse Y |
| W_t | : Modulo di resistenza a torsione |
| i_x | : Raggio d'inerzia relativo all'asse X |
| i_y | : Raggio d'inerzia relativo all'asse Y |
| sver | : Coefficiente per verifica a svergolamento ($h/(b*t)$) |
| E | : Modulo di elasticità normale |
| G | : Modulo di elasticità tangenziale |
| lambda | : Valore massimo della snellezza |
| Tipo Acciaio | : Tipo di acciaio |
| ver. | : -1 = non esegue verifica; 0 = verifica solo aste tese; 1 = verifica completa |
| gamma | : peso specifico del materiale |
| W_x Plast. | : Modulo di resistenza plastica in direzione X |
| W_y Plast. | : Modulo di resistenza plastica in direzione Y |
| W_t Plast. | : Modulo di resistenza plastica torsionale |
| A_x Plast. | : Area a taglio plastica direzione X |
| A_y Plast. | : Area a taglio plastica direzione Y |
| I_w | : Costante di ingobbamento (momento di inerzia settoriale) |
| Num.Rit.Tors | : Numero di ritegni torsionali |

Per Norma 1996 valgono anche le seguenti sigle:

| | |
|------------------------|--|
| s_{amm} | : Tensione ammissibile |
| f_e | : Tipo di acciaio (1 = Fe360; 2 = Fe430; 3 = Fe510) |
| Ω | : Prospetto per i coefficienti Ω (1 = a; 2 = b; 3 = c; 4 = d – Per le sezioni in legno: 5 = latifoglie dure; 6=conifere) |
| Caric. estra | : Coefficiente per carico estradossato per la verifica allo svergolamento |
| E.lim. | : Eccentricità limite per evitare la verifica allo svergolamento |
| Coeff. 'ni' | : Coefficiente "ni" |

● SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle riassuntive dei criteri di progetto per le aste in elevazione, per quelle di fondazione, per i pilastri e per i setti.

| | |
|---------------------|--|
| Crit.N.ro | : Numero indicativo del criterio di progetto |
| Elem. | : Tipo di elemento strutturale |
| %Rig.Tors. | : Percentuale di rigidità torsionale |
| Mod. E | : Modulo di elasticità normale |
| Poisson | : Coefficiente di Poisson |
| Sgmc | : Tensione massima di esercizio del calcestruzzo |
| tauc0 | : Tensione tangenziale minima |
| tauc1 | : Tensione tangenziale massima |
| Sgmf | : Tensione massima di esercizio dell'acciaio |
| Om. | : Coefficiente di omogeneizzazione |
| Gamma | : Peso specifico del materiale |
| Coprstaffa | : Distanza tra il lembo esterno della staffa ed il lembo esterno della sezione in calcestruzzo |
| Fi min. | : Diametro minimo utilizzabile per le armature longitudinali |
| Fi st. | : Diametro delle staffe |
| Lar. st. | : Larghezza massima delle staffe |
| Psc | : Passo di scansione per i diagrammi delle caratteristiche |
| Pos.pol. | : Numero di posizioni delle armature per la verifica di sezioni poligonali |
| D arm. | : Passo di incremento dell'armatura per la verifica di sezioni poligonali |
| Iteraz. | : Numero massimo di iterazioni per la verifica di sezioni poligonali |
| Def. Tag. | : Deformabilità a taglio (si, no) |
| %Scorr.Staf. | : Percentuale di scorrimento da far assorbire alle staffe |
| P.max staffe | : Passo massimo delle staffe |
| P.min.staffe | : Passo minimo delle staffe |
| tMt min. | : Tensione di torsione minima al di sotto del quale non si arma a torsione |
| Ferri parete | : Presenza di ferri di parete a taglio |
| Ecc.lim. | : Eccentricità M/N limite oltre la quale la verifica viene effettuata a flessione pura |
| Tipo ver. | : Tipo di verifica (0 = solo Mx; 1 = Mx e My separate; 2 = deviata) |
| Fl.rett. | : Flessione retta forzata per sezioni dissimmetriche ma simmetrizzabili (0 = no; 1 = si) |
| Den.X pos. | : Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento Mx minimo per la copertura del diagramma positivo |
| Den.X neg. | : Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento Mx minimo per la copertura del diagramma negativo |
| Den.Y pos. | : Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento My minimo per la copertura del diagramma positivo |
| Den.Y neg. | : Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento My minimo per la copertura del diagramma negativo |
| %Mag.car. | : Percentuale di maggiorazione dei carichi statici della prima combinazione di carico |
| %Rid.Plas | : Rapporto tra i momenti sull'estremo della trave $M^*(ij)/M(ij)$, dove: - $M^*(ij)$ =Momento DOPO la redistribuzione plastica - $M(ij)$ =Momento PRIMA della redistribuzione plastica |
| Linear. | : Coefficiente descrittivo del comportamento dell'asta: 1 = comportamento lineare sia a trazione che a compressione 2 = comportamento non lineare sia a trazione che a compressione. 3 = comportamento lineare solo a trazione. 4 = comportamento non lineare solo a trazione. 5 = comportamento lineare solo a compressione. 6 = comportamento non lineare solo a compressione. |
| Appesi | : Flag di disposizione del carico sull'asta (1 = appeso, cioè applicato all'intradosso; 0 = non appeso, cioè applicato all'estradosso) |
| Min. T/sigma | : Verifica minimo T/sigma (1 = si; 0 = no) |
| Verif.Alette | : Verifica alette travi di fondazione (1 = si; 0 = no) |
| Kwinkl. | : Costante di sottofondo del terreno |

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle riassuntive dei criteri di progetto per le verifiche agli stati limite.

| | |
|---------------------------------|---|
| Cri.Nro | : Numero identificativo del criterio di progetto |
| Tipo Elem. | : Tipo di elemento: trave di elevazione, trave di fondazione, pilastro, setto, setto elastico ("SHela") |
| fck | : Resistenza caratteristica del calcestruzzo |
| fcd | : Resistenza di calcolo del calcestruzzo |
| rcd | : Resistenza di calcolo a flessione del calcestruzzo (massimo del diagramma parabola rettangolo) |
| fyk | : Resistenza caratteristica dell'acciaio |
| fyd | : Resistenza di calcolo dell'acciaio |
| Ey | : Modulo elastico dell'acciaio |
| ec0 | : Deformazione limite del calcestruzzo in campo elastico |
| ecu | : Deformazione ultima del calcestruzzo |
| eyu | : Deformazione ultima dell'acciaio |
| Ac/At | : Rapporto dell'incremento fra l'armatura compressa e quella tesa |
| Mt/Mtu | : Rapporto fra il momento torcente di calcolo e il momento torcente resistente ultimo del calcestruzzo al di sotto del quale non si arma a torsione |
| Wra | : Ampiezza limite della fessura per combinazioni rare |
| Wfr | : Ampiezza limite della fessura per combinazioni frequenti |
| Wpe | : Ampiezza limite della fessura per combinazioni permanenti |
| σ Rara | : Sigma massima del calcestruzzo per combinazioni rare |
| σ Perm | : Sigma massima del calcestruzzo per combinazioni permanenti |
| σ Rara | : Sigma massima dell'acciaio per combinazioni rare |
| SpRar | : Rapporto fra la lunghezza dell'elemento e lo spostamento massimo per combinazioni rare |
| SpPer | : Rapporto fra la lunghezza dell'elemento e lo spostamento massimo per combinazioni permanenti |
| Coef.Visc.: | : Coefficiente di viscosità |

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

| | |
|--------------------|---|
| Nodo3d | : Numero del nodo spaziale |
| Coord.X | : Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale |
| Coord.Y | : Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale |
| Coord.Z | : Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale |
| Filo | : Numero del filo per individuare le travate in c.a. |
| Piano Sism. | : Numero del piano rigido di appartenenza del nodo |
| Peso | : Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico |

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella vincoli nodali esterni:

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Codice** : Codice esplicito per la determinazione del vincolo:

I = incastro
C = cerniera completa
W = *Winkler*
E = esplicito
P = plinto
U = Vincolo unilatero

- **Tx** : Rigidezza traslante in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ty** : Rigidezza traslante in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Tz** : Rigidezza traslante in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rx** : Rigidezza rotazionale in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ry** : Rigidezza rotazionale in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rz** : Rigidezza rotazionale in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)

SCOSTAMENTO PER I VINCOLI ELASTICI

- **Tr. X** : Scostamento in direzione X globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Y** : Scostamento in direzione Y globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Z** : Scostamento in direzione Z globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Azim** : Angolo formato fra la proiezione dell'asse Z locale sul piano XY e l'asse X globale (azimut)
- **CoZe** : Angolo formato fra l'asse Z locale e l'asse Z globale (complemento allo zenit)
- **Ass.** : Rotazione attorno dell'asse Z locale del sistema di riferimento locale

ATTRIBUTO DI VERSO PER I VINCOLI UNILATERI

- **Tr. X** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione X
- **Tr. Y** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Y
- **Tr. Z** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Z
- **Rot.X** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore X
- **Rot.Y** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Y
- **Rot.Z** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Z

Gli attributi sul verso degli spostamenti e delle rotazioni possono assumere i seguenti valori:

1 = Impedisce gli spostamenti sia positivi che negativi
3 = Impedisce solo gli spostamenti positivi
5 = Impedisce solo gli spostamenti negativi

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALLSISMICA**: Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
- **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

CARICHI SHELL

- **Shell** : Numero dello shell spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **Riferimento** : Sistema di riferimento delle pressioni e dei carichi distribuiti; verticale è la direzione dell'asse Z del sistema di riferimento globale, normale è la direzione ortogonale all'elemento per le pressioni e ortogonale al lato per i carichi distribuiti. Codici:
 - 0 = pressione verticale e carico normale
 - 1 = pressione normale e carico verticale
 - 2 = pressione normale e carico normale
 - 3 = pressione verticale e carico verticale
- **P.a** : Pressione sul primo vertice dello shell
- **P.b** : Pressione sul secondo vertice dello shell
- **P.c** : Pressione sul terzo vertice dello shell
- **P.d** : Pressione sul quarto vertice dello shell
- **Q.ab** : Carico distribuito sul lato ab
- **Q.bc** : Carico distribuito sul lato bc
- **Q.cd** : Carico distribuito sul lato cd
- **Q.da** : Carico distribuito sul lato da

| ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE | | | | | |
|---|-------------|-------|-------|------|-----------|
| TUBI A SEZIONE RETTANGOLARE | | | | | |
| Sez. N.ro | Descrizione | h mm | b mm | s mm | Mat. N.ro |
| 1104 | 200x200x8 | 200,0 | 200,0 | 8,0 | 1 |

| ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE | | | | | |
|---|-------------|-----------|------------------|-------------|-----------|
| SEZIONE GENERICA | | | SEZIONE GENERICA | | |
| Sez. N.ro | Descrizione | Mat. N.ro | Sez. N.ro | Descrizione | Mat. N.ro |
| 1094 | 50X300X100 | 1 | | | |

| ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|
| CARATTERISTICHE STATICHE DEI PROFILI | | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. N.ro | U m2/m | P kg/m | A cmq | Ax cmq | Ay cmq | Jx cm4 | Jy cm4 | Jt cm4 | Wx cm3 | Wy cm3 | Wt cm3 | ix cm | iy cm | sver 1/cm |
| 1094 | 1,54 | 59,7 | 76,00 | 76,00 | 76,00 | 7865,3 | 1665,3 | 100,0 | 524,36 | 185,04 | 100,00 | 10,17 | 4,68 | 0,00 |
| 1104 | 0,76 | 47,8 | 60,89 | 27,42 | 27,42 | 3746,5 | 3746,5 | 5709,1 | 374,65 | 374,65 | 589,00 | 7,84 | 7,84 | 0,00 |

| ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE | | | | | | | |
|---|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| DATI PER VERIFICHE EUROCODICE | | | | | | | |
| Sez. N.ro | Descrizione | Wx Plastico cm3 | Wy Plastico cm3 | Wt Plastico cm3 | Ax Plastico cm2 | Ay Plastico cm2 | Iw cm6 |
| 1094 | 50X300X100 | 524,36 | 185,04 | 100,00 | 76,00 | 76,00 | 0,0 |
| 1104 | 200x200x8 | 437,23 | 437,23 | 589,00 | 30,44 | 30,44 | 0,0 |

| ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------|----------|------------|--------------|----------|-------------|-------------|----------------|--|
| CARATTERISTICHE MATERIALE | | | | | | | | | |
| Mat. N.ro | E kg/cmq | G kg/cmq | lambda max | Tipo Acciaio | Verifica | Gamma kg/mc | Lung/ SpLim | Tipo Profilat. | |
| 1 | 2100000 | 850000 | 200,0 | S355 | Completa | 7850 | 250 | a Freddo | |

| CRITERI DI PROGETTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------|--------------|---------------|---------------|-------------|------------|-----------------------|--------|-------|---------|-------|---------|
| IDENTIF. | | CARATTERISTICHE DEL MATERIALE | | | | | | | DURABILITA' | | | | CARATTER. COSTRUTTIVE | | | FLAG | | |
| Crit N.ro | Elem. | % Rig Tors. | % Rig Fless. | Classe CLS | Classe Acciaio | Mod. El kg/cmq | Pois son | Gamm a kg/mc | Tipo Ambiente | Tipo Armatura | Toll. Copr. | Copr. staf | Copr. ferr | Fi min | Fi st | Lun sta | Li n. | App esi |
| 1 | ELEV. | 60 | 100 | C25/30 | B450C | 314758 | 0,20 | 2500 | ORDIN. XC1 | POCO SENS. | 0,00 | 3,5 | 5,0 | 14 | 8 | 60 | 0 | 0 |
| 3 | PILAS | 60 | 100 | C25/30 | B450C | 314758 | 0,20 | 2500 | ORDIN. XC1 | POCO SENS. | 0,00 | 3,5 | 5,0 | 14 | 8 | 50 | 0 | 0 |

| CRITERI DI PROGETTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------|-------|------|------|------|---------|------|------|--------|---------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-------|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| CRITERI PER IL CALCOLO AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cri Nro | Tipo Elem | fck | fyd | fyk | ftk | fyd | Ey | ec0 | ecu | eyu | At/ Ac | Mt/ Mtu | Wra mm | Wfr mm | Wpe mm | ccRar -- kg/cmq | ccPer --- | ccRar | Spo Rar | Spo Fre | Spo Per | Coe Vis | euk | |
| 1 | ELEV. | 250,0 | 141,0 | 141,0 | 4500 | 4500 | 3913 | 2100000 | 0,20 | 0,35 | 1,00 | 50 | 10 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 150,0 | 112,0 | 3600 | 500 | 300 | 250 | 2,0 | 0,08 |
| 3 | PILAS | 250,0 | 141,0 | 141,0 | 4500 | 4500 | 3913 | 2100000 | 0,20 | 0,35 | 1,00 | 50 | 10 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 150,0 | 112,0 | 3600 | 500 | 300 | 250 | 2,0 | 0,08 |

| CRITERI DI PROGETTO GEOTECNICI - FONDAZIONI SUPERFICIALI E SU PALI | | | | | | | | |
|--|------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|
| IDEN Crit N.ro | COSTANTE WINKLER | | IDEN Crit N.ro | COSTANTE WINKLER | | IDEN Crit N.ro | COSTANTE WINKLER | |
| | KwVert kg/cm | KwOriz. kg/cm | | KwVert kg/cm | KwOriz. kg/cm | | KwVert kg/cm | KwOriz. kg/cm |
| 1 | 15,00 | 0,00 | 2 | 10,00 | 0,00 | | | |

| DATI GENERALI DI STRUTTURA | | | |
|--|------------------|------------------------------|----------------|
| DATI GENERALI DI STRUTTURA | | | |
| Massima dimens. dir. X (m) | 38,46 | Altezza edificio (m) | 3,00 |
| Massima dimens. dir. Y (m) | 0,00 | Differenza temperatura(°C) | 25 |
| PARAMETRI SISMICI | | | |
| Vita Nominale (Anni) | 50 | Classe d' Uso | QUARTA |
| Longitudine Est (Grd) | 14,82705 | Latitudine Nord (Grd) | 37,34845 |
| Categoria Suolo | D | Coeff. Condiz. Topogr. | 1,00000 |
| Sistema Costruttivo Dir.1 | Acciaio | Sistema Costruttivo Dir.2 | Acciaio |
| Regolarita' in Altezza | NO(KR=8) | Regolarita' in Pianta | NO |
| Direzione Sisma (Grd) | 0 | Sisma Verticale | ASSENTE |
| Effetti P/Delta | NO | Quota di Zero Sismico (m) | 0,00000 |
| PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D. | | | |
| Probabilita' Pvr | 0,63 | Periodo di Ritorno Anni | 101,00 |
| Accelerazione Ag/g | 0,09 | Periodo Tc (sec.) | 0,31 |
| Fo | 2,47 | Fv | 1,01 |
| Fattore Stratigrafia'Ss' | 1,80 | Periodo TB (sec.) | 0,23 |
| Periodo TC (sec.) | 0,69 | Periodo TD (sec.) | 1,97 |
| PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V. | | | |
| Probabilita' Pvr | 0,10 | Periodo di Ritorno Anni | 949,00 |
| Accelerazione Ag/g | 0,33 | Periodo Tc (sec.) | 0,47 |
| Fo | 2,34 | Fv | 1,81 |
| Fattore Stratigrafia'Ss' | 1,24 | Periodo TB (sec.) | 0,28 |
| Periodo TC (sec.) | 0,85 | Periodo TD (sec.) | 2,92 |
| PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 1 | | | |
| Classe Duttilita' AlfaU/Alfa1 | NON dissip. 1,00 | Sotto-Sistema Strutturale | Intelaiat 1,00 |
| PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 2 | | | |
| Classe Duttilita' AlfaU/Alfa1 | NON dissip. 1,00 | Sotto-Sistema Strutturale | Intelaiat 1,00 |
| COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI | | | |
| Acciaio per carpenteria | 1,05 | Verif. Instabilita' acciaio: | 1,05 |
| Legno per comb. eccez. | 1,00 | Legno per comb. fondament.: | 1,30 |
| Livello conoscenza | LC2 | | |
| FRP Collasso Tipo 'A' | 1,10 | FRP Delaminazione Tipo 'A' | 1,20 |
| FRP Collasso Tipo 'B' | 1,25 | FRP Delaminazione Tipo 'B' | 1,50 |
| FRP Resist. Press/Fless | 1,00 | FRP Resist. Taglio/Torsione | 1,20 |

COORDINATE DEI NODI

| IDENT. Nodo3d N.ro | POSIZIONE NODO | | | ATTRIBUTI | | PESO SISMICO | | |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | Coord.X (m) | Coord.Y (m) | Coord.Z (m) | Filo N.ro | Piano Sism. | Dir. X (t) | Dir. Y (t) | Dir. Z (t) |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 3,00 | 1 | 0 | 0,71 | 0,71 | 0,71 |
| 3 | 9,62 | 0,00 | 3,00 | 3 | 0 | 1,34 | 1,34 | 1,34 |
| 4 | 9,62 | 0,00 | 0,00 | 3 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 19,23 | 0,00 | 3,00 | 2 | 0 | 1,34 | 1,34 | 1,34 |
| 6 | 19,23 | 0,00 | 0,00 | 2 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 28,85 | 0,00 | 3,00 | 4 | 0 | 1,34 | 1,34 | 1,34 |
| 8 | 28,85 | 0,00 | 0,00 | 4 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 38,46 | 0,00 | 3,00 | 5 | 0 | 0,71 | 0,71 | 0,71 |
| 10 | 38,46 | 0,00 | 0,00 | 5 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

DATI ASTE SPAZIALI

| IDENTIFICAZIONE | | | | | GEOMETRIA | | | | | SCOST.INIZIALI | | | SCOST. FINALI | | | Cri Geo | Tipo Elemento ai fini sism. | |
|-----------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|---------------|------------|--------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|------------|------------|------------|--------------------------------|---------------------|
| Asta3d N.ro | Filo in. | Filo fin. | Q.iniz (m) | Q.fin. (m) | Nod3d iniz. | Nod3d fin. | Cr. Pr. | Sez. N.ro | Sigla Sezione | Magr. (cm) | Rot. Grd | dx (cm) | dy (cm) | dz (cm) | dx (cm) | | | dy (cm) |
| 1 | 1 | 1 | 3,00 | 0,00 | 2 | 1 | 3 | 1094 | 50X300X100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 2 | 3 | 3 | 3,00 | 0,00 | 3 | 4 | 3 | 1094 | 50X300X100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 3 | 1 | 3 | 3,00 | 3,00 | 2 | 3 | 1 | 1104 | 200x200x8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 4 | 2 | 2 | 3,00 | 0,00 | 5 | 6 | 3 | 1094 | 50X300X100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 5 | 3 | 2 | 3,00 | 3,00 | 3 | 5 | 1 | 1104 | 200x200x8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 6 | 4 | 4 | 3,00 | 0,00 | 7 | 8 | 3 | 1094 | 50X300X100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 7 | 2 | 4 | 3,00 | 3,00 | 5 | 7 | 1 | 1104 | 200x200x8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 8 | 5 | 5 | 3,00 | 0,00 | 9 | 10 | 3 | 1094 | 50X300X100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |
| 9 | 4 | 5 | 3,00 | 3,00 | 7 | 9 | 1 | 1104 | 200x200x8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NoGerarchia Acciaio |

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

| CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 2 ALIQUOTA SISMICA: 100 | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| IDENT. Asta3d N.ro | Riferi mento | NODO INIZIALE | | | NODO FINALE | | | Mt t*m/ml | Pretens t |
| | | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | | |
| 3 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,000 | -0,062 | 0,000 | 0,00 |

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

| CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3 ALIQUOTA SISMICA: 30 | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| IDENT. Asta3d N.ro | Riferi mento | NODO INIZIALE | | | NODO FINALE | | | Mt t*m/ml | Pretens t |
| | | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | | |
| 3 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,000 | -0,067 | 0,000 | 0,00 |

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

| CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 4 ALIQUOTA SISMICA: 0 | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| IDENT. Asta3d N.ro | Riferi mento | NODO INIZIALE | | | NODO FINALE | | | Mt t*m/ml | Pretens t |
| | | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | | |
| 3 | 0 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,073 | -0,127 | 0,000 | 0,00 |

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

| CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 5 ALIQUOTA SISMICA: 0 | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| IDENT. Asta3d N.ro | Riferi mento | NODO INIZIALE | | | NODO FINALE | | | Mt t*m/ml | Pretens t |
| | | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | | |
| 3 | 0 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,203 | -0,142 | 0,000 | 0,00 |

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

| CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 6 ALIQUOTA SISMICA: 0 | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| IDENT. Asta3d N.ro | Riferi mento | NODO INIZIALE | | | NODO FINALE | | | Mt t*m/ml | Pretens t |
| | | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | | |
| 3 | 0 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | -0,110 | 0,190 | 0,000 | 0,00 |

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

| CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 7 ALIQUOTA SISMICA: 0 | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| IDENT. Asta3d N.ro | Riferi mento | NODO INIZIALE | | | NODO FINALE | | | Mt t*m/ml | Pretens t |
| | | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | Qx t/ml | Qy t/ml | Qz t/ml | | |
| 3 | 0 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | -0,288 | 0,202 | 0,000 | 0,00 |

| COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D. | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DESCRIZIONI | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Peso Strutturale | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| CARICHI PERMANENTI | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| CARICHI ACCIDENTALI | 1,50 | 1,05 | 1,50 | 1,05 | 1,05 | 1,50 | 1,05 | 1,05 | 1,50 | 1,05 | 1,05 | 1,50 | 1,05 | 1,05 | 0,30 |
| VENTO X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 0,90 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 0,90 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO - X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 0,90 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO -X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 0,90 | 1,50 | 0,00 |
| Sisma direz. grd 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| Sisma direz. grd 90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 |

| COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D. | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--|
| DESCRIZIONI | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | |
| Peso Strutturale | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| CARICHI PERMANENTI | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| CARICHI ACCIDENTALI | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | |
| VENTO X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| VENTO X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| VENTO - X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| VENTO -X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Sisma direz. grd 0 | 1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,30 | 0,30 | -0,30 | -0,30 | |
| Sisma direz. grd 90 | -0,30 | 0,30 | -0,30 | 1,00 | -1,00 | 1,00 | -1,00 | |

| COMBINAZIONI RARE - S.L.E. | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DESCRIZIONI | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Peso Strutturale | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| CARICHI PERMANENTI | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| CARICHI ACCIDENTALI | 1,00 | 0,70 | 1,00 | 0,70 | 0,70 | 1,00 | 0,70 | 0,70 | 1,00 | 0,70 | 1,00 | 0,70 | 1,00 | 0,70 |
| VENTO X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO - X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO -X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 1,00 |
| Sisma direz. grd 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sisma direz. grd 90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E. | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| DESCRIZIONI | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Peso Strutturale | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| CARICHI PERMANENTI | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| CARICHI ACCIDENTALI | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| VENTO X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| VENTO - X 30° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| VENTO -X 55° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |
| Sisma direz. grd 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sisma direz. grd 90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E. | |
|----------------------------------|------|
| DESCRIZIONI | 1 |
| Peso Strutturale | 1,00 |
| CARICHI PERMANENTI | 1,00 |
| CARICHI ACCIDENTALI | 0,30 |
| VENTO X 30° | 0,00 |
| VENTO X 55° | 0,00 |
| VENTO - X 30° | 0,00 |
| VENTO -X 55° | 0,00 |
| Sisma direz. grd 0 | 0,00 |
| Sisma direz. grd 90 | 0,00 |

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

| | |
|------------------|--|
| Fili N.ro | : Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale |
| Quota | : Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale |
| Tratto | : Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave |
| Cmb N.r | : Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione: |
| N Sd | : Sforzo normale di calcolo |
| MxSd | : Momento flettente di calcolo asse vettore X locale |
| MySd | : Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale |
| VxSd | : Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale |
| VySd | : Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale |
| T Sd | : Torsione di calcolo |
| N Rd | : Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante |
| MxV.Rd | : Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale |
| MyV.Rd | : Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente |
| VxplRd | : Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale |
| VyplRd | : Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale |
| T Rd | : Torsione resistente |
| fy rid | : Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante |
| Rap % | : Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con la formula del DM 2008 n.ro 4.2.39. |
| Sez.N | : Numero di archivio della sezione |
| Ac | : Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1 |
| Qn | : Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio |
| Asta | : Numerazione dell'asta |

Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovrarresistenza riportati nella Tab. 7.5.1 delle NTC 2008.

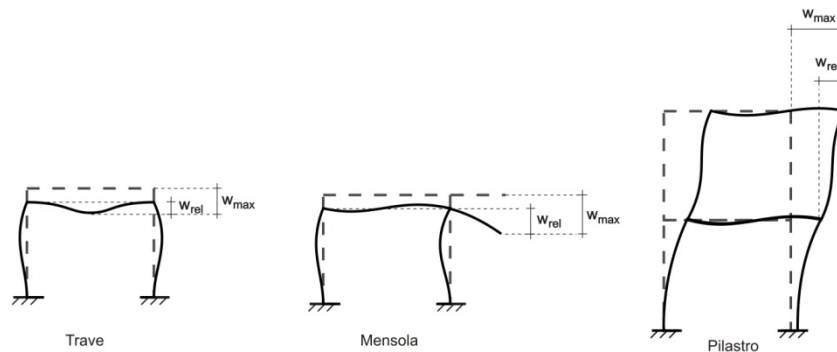
L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

| | |
|------------------------------|---|
| <i>l</i> | : Lunghezza della trave |
| β^*1 | : Lunghezza libera di inflessione |
| clas. | : Classe di verifica della trave |
| ϵ | : $(235/f_y)^{1/2}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) |

| | |
|-------------|--|
| | dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1). |
| Lmd | : Snellezza lambda |
| R%pf | : Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100 |
| R%ft | : Rapporto di verifica per l'instabilità flessio-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36] |
| Wmax | : Spostamento massimo |
| Wrel | : Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi |
| Wlim | : Spostamento limite |

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti $W_{rel} \leq W_{lim}$, essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con $W_{max} > W_{lim}$.

Se:

| | |
|--------------|--|
| Rap % | : 111 La sezione non verifica per taglio elevato |
| Rap % | : 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4 |

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

| | |
|---|--|
| $N Rd \rightarrow \sigma_n$ | : Tensione normale dovuta a sforzo normale |
| $M_x V.Rd \rightarrow \sigma_{M_x}$ | : <i>Tensione normale dovuta a momento M_x</i> |
| $M_y V.Rd \rightarrow \sigma_{M_y}$ | : <i>Tensione normale dovuta a momento M_y</i> |
| $V_{xpl} Rd \rightarrow \tau_x$ | : <i>Tensione tangenziale dovuta a taglio T_x</i> |
| $V_{ypl} Rd \rightarrow \tau_y$ | : <i>Tensione tangenziale dovuta a taglio T_y</i> |
| $T Rd \rightarrow \tau_{M_t}$ | : <i>Tensione tangenziale da momento torcente</i> |
| $f_y rid \rightarrow Rapp. Fless$ | : <i>Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule del DM 2008 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno</i> |
| Rap % \rightarrow Rapp.Taglio | : <i>Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule del DM 2008 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente</i> |
| clas. \rightarrow KcC | : <i>Coefficiente di instabilità di colonna ($K_{crit,c}$) determinato dalle formule del DM 2008 [4.4.15]</i> |

| | |
|--|---|
| $lmd \rightarrow KcM$ | : Coefficiente di instabilità di trave ($K_{crit,m}$) determinato dalle formule del DM 2008 [4.4.12] |
| $R\%pf \rightarrow Rx$ | : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente Km è applicato al termine del momento Y |
| $R\%ft \rightarrow Ry$ | : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente Km è applicato al termine del momento X |

Gli spostamenti W_{max} e W_{rel} sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell'Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con U^P gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con U^Q quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.

| VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|---------|---------------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------|--|
| DATI DI ASTA | Fili N.ro | Quota (m) | Tra tto | Cmb N.r | N Sd (kg) | MxSd (kg*m) | MySd (kg*m) | VxSd (kg) | VySd (kg) | T Sd (kg*m) | N Rd kg | MxV.Rd kg*m | MyV.Rd kg*m | VxplRd Kg | VyplRd Kg | T Rd kg/m | fy rid Kg/cmq | Rap % | |
| Sez.N. 1094 | 1 | 3,00 | 8 | -1915 | 243 | 2034 | 1012 | 1173 | -27 | 256892 | 17724 | 6255 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 35 | | |
| 50X300X100 | qn= | 0 | 8 | -2031 | 2003 | 517 | 1012 | 1173 | -27 | 256892 | 17724 | 6255 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 20 | | |
| Asta: 1 | 1 | 0,00 | 8 | -2147 | 3762 | -1001 | 1012 | 1173 | -27 | 256892 | 17724 | 6255 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 38 | | |
| Instab.:l= | 300,0 | β*l= | 600,0 | 106 | 5337 | 360 | cl= 3 | ε= 0,81 | lmd= 128 | Rpf= 30 | Rft= 39 | Wmax/rel/lim= | 6,7 | 1,5 | 12,0 | mm | | | |
| Sez.N. 1094 | 3 | 3,00 | 16 | -1355 | 34 | -1397 | -1006 | -290 | 0 | 256946 | 17728 | 6256 | 148356 | 148356 | 1952 | 3381 | 23 | | |
| 50X300X100 | qn= | 0 | 14 | 669 | -6602 | 13 | 28 | -4665 | -7 | 256795 | 17717 | 6252 | 148356 | 148356 | 1952 | 3379 | 38 | | |
| Asta: 2 | 3 | 0,00 | 14 | 553 | -13600 | -29 | 28 | -4665 | -7 | 256795 | 17717 | 6252 | 148356 | 148356 | 1952 | 3379 | 77 | | |
| Instab.:l= | 300,0 | β*l= | 600,0 | 553 | 13600 | 55 | cl= 3 | ε= 0,81 | lmd= 128 | Rpf= 41 | Rft= 85 | Wmax/rel/lim= | 16,2 | 3,1 | 12,0 | mm | | | |
| Sez.N. 1104 | 1 | 3,00 | 5 | -960 | -1930 | -10 | -422 | 1816 | 87 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 13 | | |
| 200x200x8 | qn= | -177 | 1 | -590 | 1251 | 0 | 0 | -10 | 0 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 8 | | |
| Asta: 3 | 3 | 3,00 | 8 | -1012 | -3895 | -2825 | 1755 | -2302 | 243 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 17 | | |
| Instab.:l= | 961,6 | β*l= | 673,1 | -1012 | 2921 | 2119 | cl= 1 | ε= 0,81 | lmd= 85 | Rpf= 35 | Rft= 0 | Wmax/rel/lim= | 32,5 | 21,4 | 38,5 | mm | | | |
| Sez.N. 1094 | 2 | 3,00 | 18 | -1230 | 41 | 1231 | 923 | -393 | 0 | 256947 | 17728 | 6256 | 148356 | 148356 | 1952 | 3381 | 20 | | |
| 50X300X100 | qn= | 0 | 14 | 618 | -6039 | 0 | 0 | -3958 | -7 | 256861 | 17722 | 6254 | 148356 | 148356 | 1952 | 3379 | 38 | | |
| Asta: 4 | 2 | 0,00 | 14 | 501 | -11976 | 0 | 0 | -3958 | 0 | 256861 | 17722 | 6254 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 68 | | |
| Instab.:l= | 300,0 | β*l= | 600,0 | 501 | 11976 | 0 | cl= 3 | ε= 0,81 | lmd= 128 | Rpf= 35 | Rft= 74 | Wmax/rel/lim= | 14,6 | 2,8 | 12,0 | mm | | | |
| Sez.N. 1104 | 3 | 3,00 | 8 | -854 | -3585 | -2820 | -1533 | 2140 | -36 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 16 | | |
| 200x200x8 | qn= | -177 | 1 | -498 | 955 | 0 | 0 | -2 | 0 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 6 | | |
| Asta: 5 | 2 | 3,00 | 1 | -498 | -1910 | 0 | 0 | -1210 | 0 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 13 | | |
| Instab.:l= | 961,6 | β*l= | 673,1 | -854 | 2689 | 2115 | cl= 1 | ε= 0,81 | lmd= 85 | Rpf= 34 | Rft= 0 | Wmax/rel/lim= | 21,6 | 9,1 | 38,5 | mm | | | |
| Sez.N. 1094 | 4 | 3,00 | 18 | -1355 | 34 | 1397 | 1006 | -290 | 0 | 256946 | 17728 | 6256 | 148356 | 148356 | 1952 | 3381 | 23 | | |
| 50X300X100 | qn= | 0 | 14 | 669 | -6602 | -13 | -28 | -4665 | 7 | 256795 | 17717 | 6252 | 148356 | 148356 | 1952 | 3379 | 38 | | |
| Asta: 6 | 4 | 0,00 | 14 | 553 | -13600 | 29 | -28 | -4665 | 7 | 256795 | 17717 | 6252 | 148356 | 148356 | 1952 | 3379 | 77 | | |
| Instab.:l= | 300,0 | β*l= | 600,0 | 553 | 13600 | 55 | cl= 3 | ε= 0,81 | lmd= 128 | Rpf= 41 | Rft= 85 | Wmax/rel/lim= | 16,2 | 3,1 | 12,0 | mm | | | |
| Sez.N. 1104 | 2 | 3,00 | 1 | -498 | -1910 | 0 | 0 | 1210 | 0 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 13 | | |
| 200x200x8 | qn= | -177 | 1 | -498 | 955 | 0 | 0 | -19 | 0 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 6 | | |
| Asta: 7 | 4 | 3,00 | 8 | -854 | -3585 | -2820 | 1533 | -2140 | 36 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 16 | | |
| Instab.:l= | 961,6 | β*l= | 673,1 | -854 | 2689 | 2115 | cl= 1 | ε= 0,81 | lmd= 85 | Rpf= 34 | Rft= 0 | Wmax/rel/lim= | 21,6 | 9,1 | 38,5 | mm | | | |
| Sez.N. 1094 | 5 | 3,00 | 8 | -1915 | 243 | -2034 | -1012 | 1173 | 27 | 256892 | 17724 | 6255 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 35 | | |
| 50X300X100 | qn= | 0 | 8 | -2031 | 2003 | -517 | -1012 | 1173 | 27 | 256892 | 17724 | 6255 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 20 | | |
| Asta: 8 | 5 | 0,00 | 8 | -2147 | 3762 | 1001 | -1012 | 1173 | 27 | 256892 | 17724 | 6255 | 148356 | 148356 | 1952 | 3380 | 38 | | |
| Instab.:l= | 300,0 | β*l= | 600,0 | 106 | 5337 | 360 | cl= 3 | ε= 0,81 | lmd= 128 | Rpf= 30 | Rft= 39 | Wmax/rel/lim= | 6,7 | 1,5 | 12,0 | mm | | | |
| Sez.N. 1104 | 4 | 3,00 | 8 | -1012 | -3895 | -2825 | -1755 | 2302 | -243 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 17 | | |
| 200x200x8 | qn= | -177 | 1 | -590 | 1251 | 0 | 0 | -10 | 0 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 8 | | |
| Asta: 9 | 5 | 3,00 | 5 | -960 | -1930 | -10 | 422 | -1816 | -87 | 205866 | 14782 | 14782 | 59430 | 59430 | 11498 | 3381 | 13 | | |
| Instab.:l= | 961,6 | β*l= | 673,1 | -1012 | 2921 | 2119 | cl= 1 | ε= 0,81 | lmd= 85 | Rpf= 35 | Rft= 0 | Wmax/rel/lim= | 32,5 | 21,4 | 38,5 | mm | | | |

10. Verifiche Geotecniche

Capacità portante:

La fondazione della struttura sarà costituita da pali in acciaio con profili a omega delle dimensioni 50x300x100mm con spessore 10mm infissi nel terreno. L'avanzamento nel terreno alla profondità desiderata avviene attraverso un processo di battitura del palo. Secondo le NTC2018 le verifiche saranno effettuate secondo l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3).

La capacità portante dei pali segue la trattazione del carico limite dei pali, ai fini del calcolo il Q_{lim} del palo viene suddiviso in due aliquote a resistenza alla punta e la resistenza laterale.

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

Dove:

P_{lim} = resistenza alla punta, che viene posta uguale a zero;

$S_{lim} = s \cdot \text{perimetro} \cdot L$

$s = u \cdot k \cdot \sigma_{v0}$

i coefficienti μ e k sono stati definiti dalla seguente tabella

| Tipo di palo | k (S) | k (D) | μ |
|-------------------------|-------|-------|----------------------|
| Batt. profilato | 0.7 | 1.0 | 0.36 |
| Batt. tubo acc. chiuso | 1.0 | 2.0 | 0.36 |
| Batt. Cls prefabbricato | 1.0 | 2.0 | $\tan(0.75\varphi')$ |
| Batt. Cls gettato | 1.0 | 3.0 | $\tan(\varphi')$ |
| Trivellato | 0.5 | 0.4 | $\tan(\varphi')$ |
| Elica continua | 0.7 | 0.9 | $\tan(\varphi')$ |

Ipotizzando una profondità di 3m si ha:

$$\sigma_{v0} = \gamma \cdot L = 17 \cdot 3 = 51 \text{ Kn/m}^2$$

γ = peso specifico del terreno

L = lunghezza di infissione

Perimetro del profilo = 1540mm = 1.540m

$$\mu = 0.36$$

$K = 0.70$ (profilato aperto)

La resistenza laterale del palo S_{lim} risulta pari a:

$$Q_{lim} = S_{lim} = 0.36 \cdot 0.70 \cdot 51 \cdot 1.540 \cdot 3 = 59.37 \text{ Kn}$$

La compressione massima si ha sul nodo 4 con $Q_{es} = 46.75 \text{ Kn}$

La verifica risulta soddisfatta con il rapporto

$$\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} \geq \gamma_s$$

$\gamma_s=1.15$ coefficiente laterale in compressione funzione del tipo di palo

$Q_{lim}/Q_{es} = 1.27 \geq 1.15$

Verifica a sfilamento:

La trazione massima si ha sul nodo 4 con $Q_{es}=5.53$ Kn

Essendo $S_{lim} = 59.73$ Kn

$S_{lim}/Q_{es} = 10.80$ che risulta maggiore di $\gamma_{st}=1.25$ cioè il coefficiente laterale di trazione, come riportato nella tabella 6.4. Il NTC2018, quindi la verifica si ritiene soddisfatta

11. Conclusioni

La verifica Statica è stata condotta sulla scorta della documentazione fornita dal committente.

Per quanto sopra e in considerazione delle risultanze emerse dalla verifica strutturale eseguita, si può affermare che la struttura, è

IDONEA

ad assolvere la funzione per cui è stata progettata soggetta ai carichi esistenti e quelli derivanti dal presente progetto, ferma restando la necessità dell'effettuazione di adeguati controlli e manutenzioni periodiche riguardanti sia i vari elementi strutturali che i dettagli costruttivi (saldature, unioni, bullonature, ancoraggi ecc).

Mazara del Vallo 23/04/2024

IL TECNICO

