

Relazione di calcolo strutturale

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO E OPERE CONNESSE

Azienda	LAGOSANTO 1 S.r.l.
Sede Legale	Via Leonardo da Vinci, 12, 39100 Bolzano (BZ)
C.F.	03119000218
P. IVA	03119000218

Dettaglio Revisioni

Data	Rev.	Preparato	Controllato	Verificato	Visto dell'Azienda
01/04/2022	Rev.1	P.L.	M.B.	M.B.	
31/03/2022	Rev.0	P.L.	M.B.	M.B.	



Via per Rovato, 29/C
25030, Erbusco (BS)
C.F. P.IVA 04166670986

Sito: www.starteng.it
mail: info@starteng.it
Tel: +39.030.5281283

Proprietà Intellettuale

Il presente documento è di proprietà esclusiva di Start Engineering S.r.l. (P.I. 04166670986), che ne detiene tutti i diritti di riproduzione, diffusione, distribuzione e alienazione, nonché ogni ulteriore diritto individuato dalla vigente normativa in materia di diritto d'autore. Il presente documento ed il suo contenuto non possono, pertanto, essere ceduti, copiati, diffusi o riprodotti, né citati, sintetizzati, o modificati, anche parzialmente, senza l'esplicito consenso di Start Engineering S.r.l..

Ogni prodotto o Società menzionati in questa relazione sono marchi dei rispettivi proprietari o titolari e possono essere protetti da brevetti e/o copyright concessi o registrati dalle autorità preposte.



Via per Rovato, 29/C
25030, Erbusco (BS)
C.F. P.IVA 04166670986

Sito: www.starteng.it
mail: info@starteng.it
Tel: +39.030.5281283

INDICE

1. Premessa	4
2. dati generali	4
2.1. Riferimenti normativi	4
2.2. Materiali	4
2.3. Dati del terreno	5
3. ANALISI DEI CARICHI	7
3.1. Carichi sugli impalcati	7
PLATEA DI FONDAZIONE	9
3.2. Spettro sismico di progetto	9
3.3. Combinazioni di carico	9
4. SOFTWARE DI CALCOLO	11
4.1. Versione e licenza	11
4.2. Validazione	11
5. CALCOLO E VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE	12
5.1. Descrizione modello	12
5.2. Azioni sollecitanti	12
5.3. Verifica sezione platea	14
5.4. Verifica pressioni terreno	16
5.5. Stima dei cedimenti	16
6. CALCOLO PROFILI A SOSTEGNO DELL'IMPIANTO	17
6.1. Verifica montanti HEA160	17
6.2. Predimensionamento infissione montanti	19
6.3. Verifica al collasso per carico limite dell'insieme terreno-fondazione	21

1. PREMESSA

Il presente documento riporta le ipotesi di calcolo, la modellazione e le verifiche di calcolo più significative della struttura in carpenteria metallica fornita da Start Engineering S.r.l. e della platea di fondazione dell'area impianti.

2. DATI GENERALI

2.1. *Riferimenti normativi*

- D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche delle Costruzioni;
- UNI EN 1993 Eurocodice 3 per la progettazione di strutture in Acciaio)

2.2. *Materiali*

La struttura dell'impianto fotovoltaico è totalmente in acciaio. Le strutture sono progettate in condizioni di campo elastico e con i seguenti requisiti minimi. Eventuali componenti potranno essere usati con qualità di materiale maggiore a seconda della disponibilità commerciale.

- Profilati e Lamiere: S355
- Bulloni: Classe 8.8
- Classe di Esecuzione: EXC-2

La platea di fondazione degli impianti in calcestruzzo armato presenta le seguenti prescrizioni:

- Calcestruzzo: C25/30 – XC2
- Acciaio armature: B450C

2.3. Dati del terreno

Per la definizione dei parametri del terreno viene fatto riferimento alla relazione geologica e geotecnica redatta dal Dott. Geol. Salvi Stefano in data 15/11/2021. Si riporta di seguito il modello geotecnico semplificato della zona oggetto d'intervento.

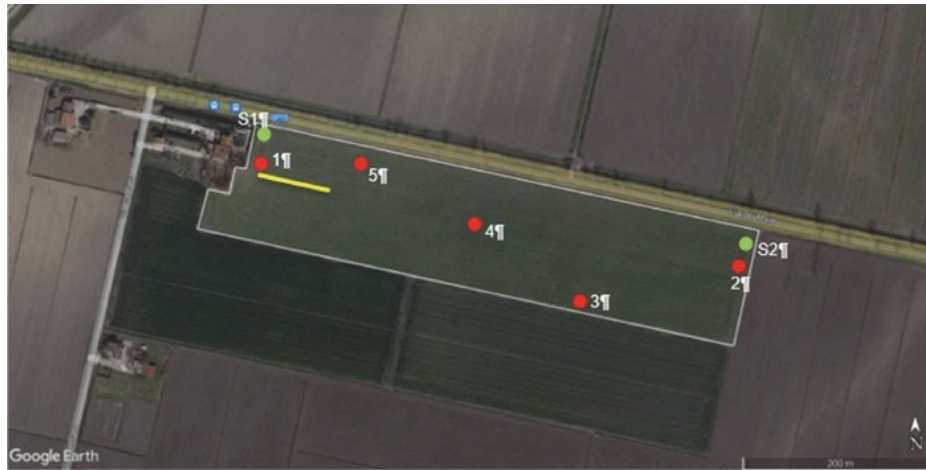
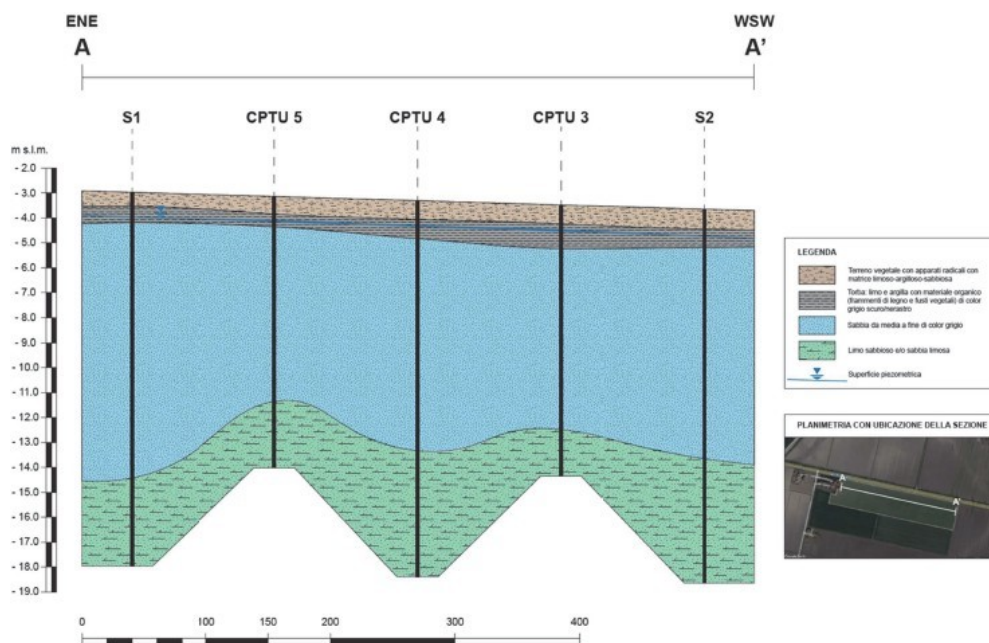


Figura 11 - UBICAZIONE PROVE IN SITO E SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA SEMPLIFICATA

MODELLO GEOTECNICO SEMPLIFICATO DA PIANO CAMPAGNA ATTUALE (ZERO PENETROMETRICO)									
Profondità m	Unità Geotec.	Litologia	Φ' (°)	Dr (%)	Cu kg/cm ²	O.C.R.	γ_{sat} t/m ³	E_s kg/cm ²	M kg/cm ²
Come da sezione	TV	Terreno vegetale	-	-	-	-	-	-	-
Come da sezione	LAT	Limo e argilla consistenti con materiale organico (torba)	-	-	0.8	3	1.90	-	50
Come da sezione	S	Sabbia mediamente addensata	30	60	-	-	1.80	150	-
Come da sezione	SL/LS	Sabbia limosa e/o limo sabbioso mediamente addensato	28	40	-	-	1.80	110	-



3. ANALISI DEI CARICHI

3.1. Carichi sugli impalcati

Si riportano in seguito i carichi gravanti sulle strutture.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Peso pannelli fotovoltaici 0.10kN/m²

Variabile – Neve 1.08kN/m²

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

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

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

μ_s (coefficiente di forma)

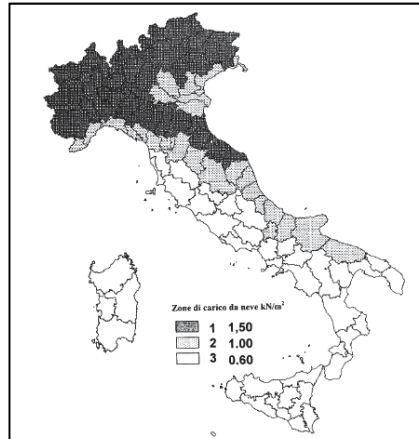
q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) C_e (coefficiente di esposizione)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	0
q_{sk} (val. caract. della neve al suolo [kN/mq])	1.50

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

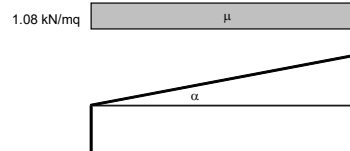
Topografia	Descrizione	C_e
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0.9

Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.35
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
μ	0.8



Vento – Azione perpendicolare alla falda

1.49kN/m²**3.3 AZIONI DEL VENTO - NTC 2008****3.3.2 - Velocità di riferimento**

Zona: **2**
 $a_s = 0$ m altitudine sul livello del mare d
 $T_R = 50$ anni
 $a_R = 1.000$
 $a_0 = 750$ m
 $v_{b0} = 25$ m/s
 $k_a = 0.015$ 1/s

$v_b = 25.00$ m/s



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

3.3.4 - Pressione del vento

☐ per n intervalli costanti

numero di punti

ampiezza dell'intervallo m

$q_b = 390.63$ N/m²

pressione cinetica di riferimento

$c_p = + 0.80$ (sopravento)

coefficiente di forma (o aerodinamico)

$c_p = - 0.40$ (sottovento)

$c_d = 1$

coefficiente dinamico

3.3.7 - Coefficiente di esposizione

Zona: **2**
 $a_s = 0$ m

$z = 1.5$ m (altezza dell'edificio considerato)

Distanza dalla costa: **5** km ☐ Struttura Off-shore

Classe di rugosità:

Categoria di esposizione: **II**

$k_r = 0.19$
 $z_0 = 0.05$ m
 $z_{min} = 4.00$ m

$$C_t = 1$$

C 3.3.10.3 - Tettoie e pensiline isolate

a = 50 °	inclinazione sull'orizzontale (0° = orizzontale, 90° = verticale)
n = 1	numero degli spioventi (1 o 2)
z = 1.50 m	altezza sul suolo
L = 7.00 m	dimensione massima in pianta
$C_p = + 2.12$	
(sopravento) $C_p = -$	
2.12 (sottovento)	

Pressione vento pari a $P = C_{ex} q_b C_p = 1.80 \times 390.63 \text{ N/mq} \times 2.12 = 1490.64 \text{ N/mq}$

PLATEA DI FONDAZIONE

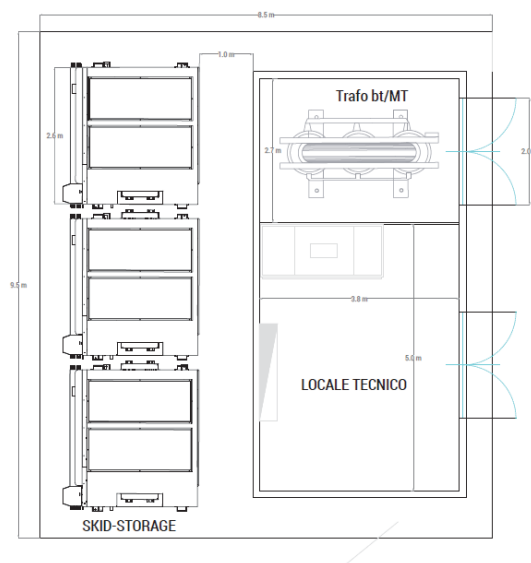
Peso platea H30cm

7.50kN/m²

Variabile impianti:

- Bess 24.6ton
- Quadri 2.38ton
- Trasformatore 7.00ton

PLANIMETRIA LOCALE TECNICO



3.2. Spettro sismico di progetto

L'azione sismica su tale struttura secondaria si ritiene superflua e non dimensionante rispetto ai carichi precedentemente citati.

3.3. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico impostate nel programma di calcolo corrispondono a quelle previste dalle NTC 2018 (DM 17 gen 2018) di cui si riporta uno stralcio:

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{01} \cdot Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{12} \cdot Q_{k2} + \psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

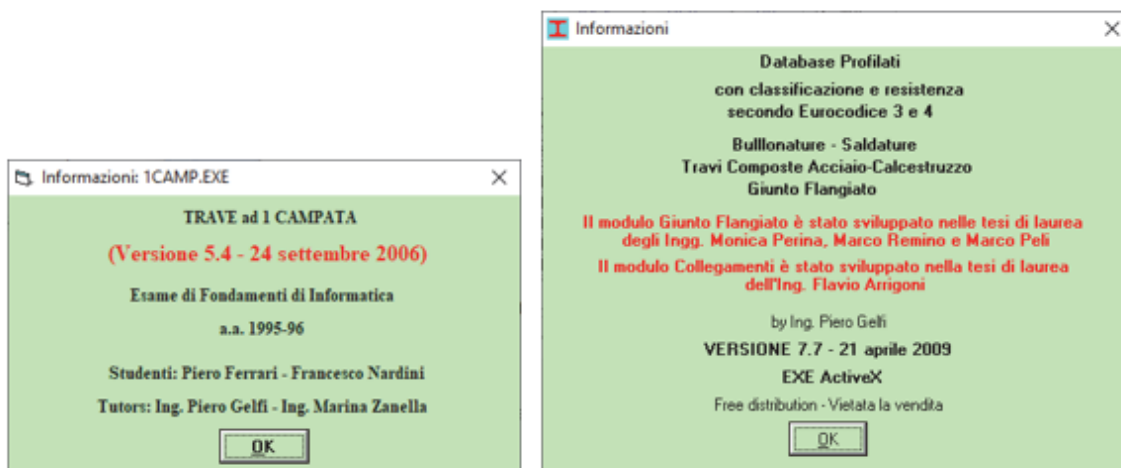
Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

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

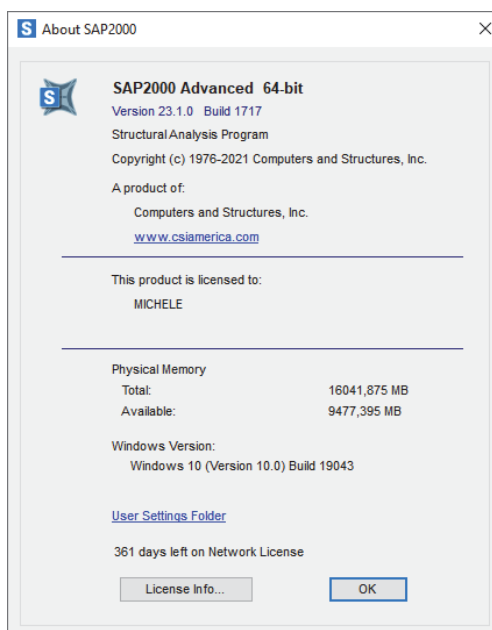
4. SOFTWARE DI CALCOLO

4.1. Versione e licenza

Per le strutture semplici vengono impiegati fogli di calcolo in Excel sviluppati all'interno dello Studio Tecnico ed i così detti "tools" del Prof. Gelfi, strumenti di pratica consolidata molto diffusi e di nota affidabilità.



La platea di fondazione viene modellata con il programma di calcolo SAP2000.



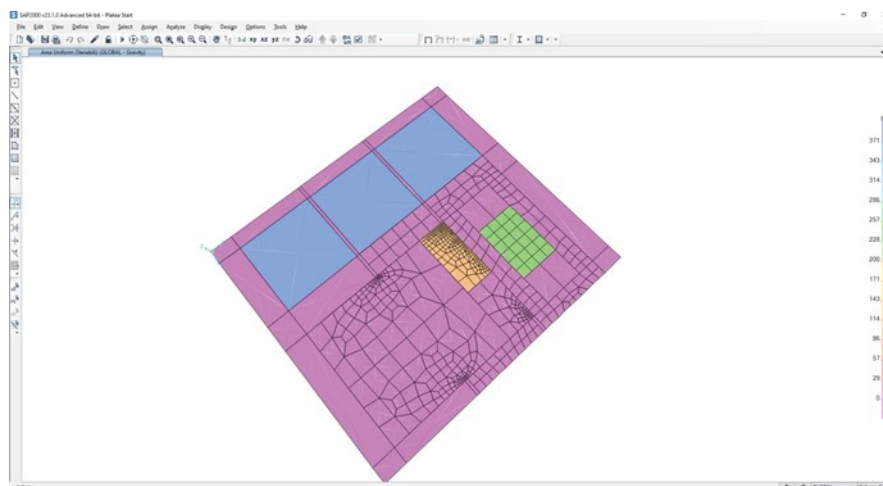
4.2. Validazione

Tutti i calcoli svolti con i programmi sono stati controllati attraverso una calcolazione a mano di controllo.

5. CALCOLO E VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE

5.1. Descrizione modello

I carichi forniti dal produttore degli impianti vengono disposti sulla platea di fondazione per aree di influenza. Il modello prevede la platea composta da elementi shells disposti su un letto di molle a simulare il terreno. Il coefficiente di sottofondo impiegato è pari a 0.50kg/cm3.



5.2. Azioni sollecitanti

Le azioni riportate si riferiscono alla combinazione di carico SLU statica.

Momento M11

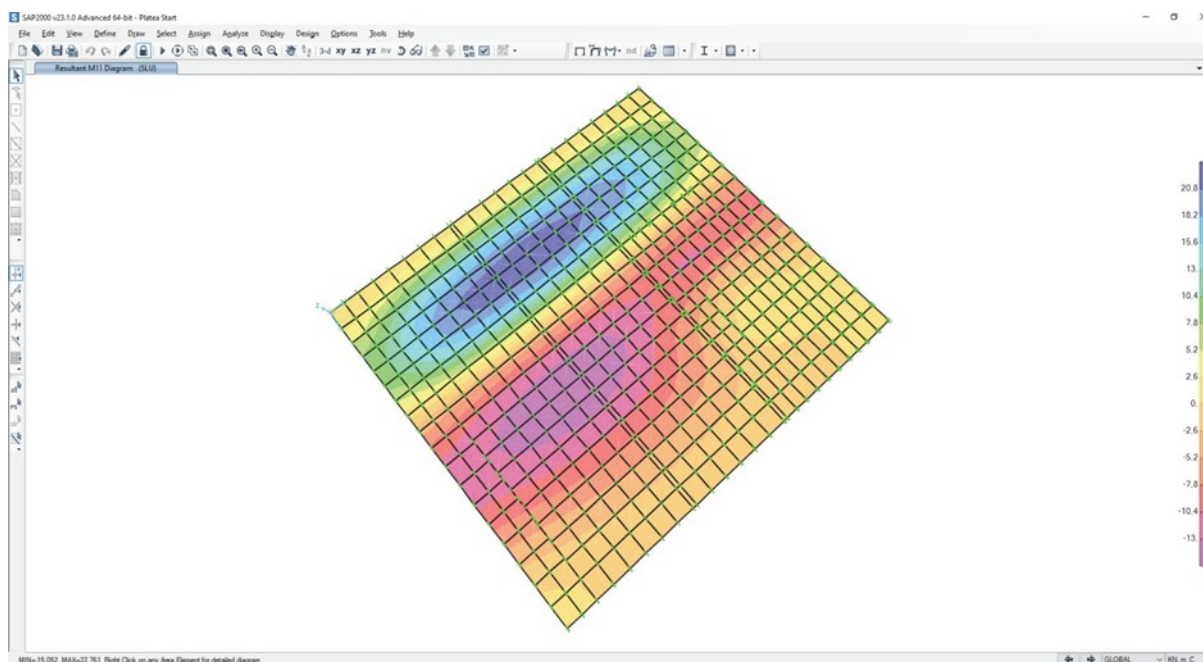


Figura 1 - M11: +22.6kNm ; -14.8kNm

Momento M22

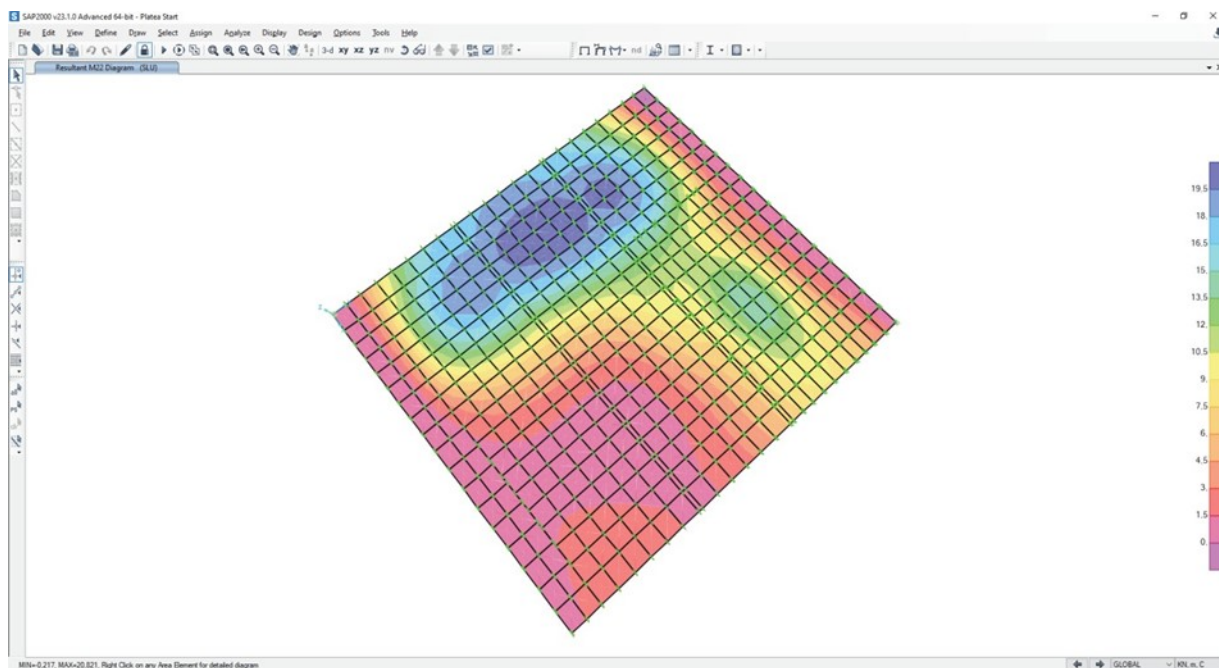


Figura 2 - M22: +20.8kNm ; +0.50kNm

Taglio V13:

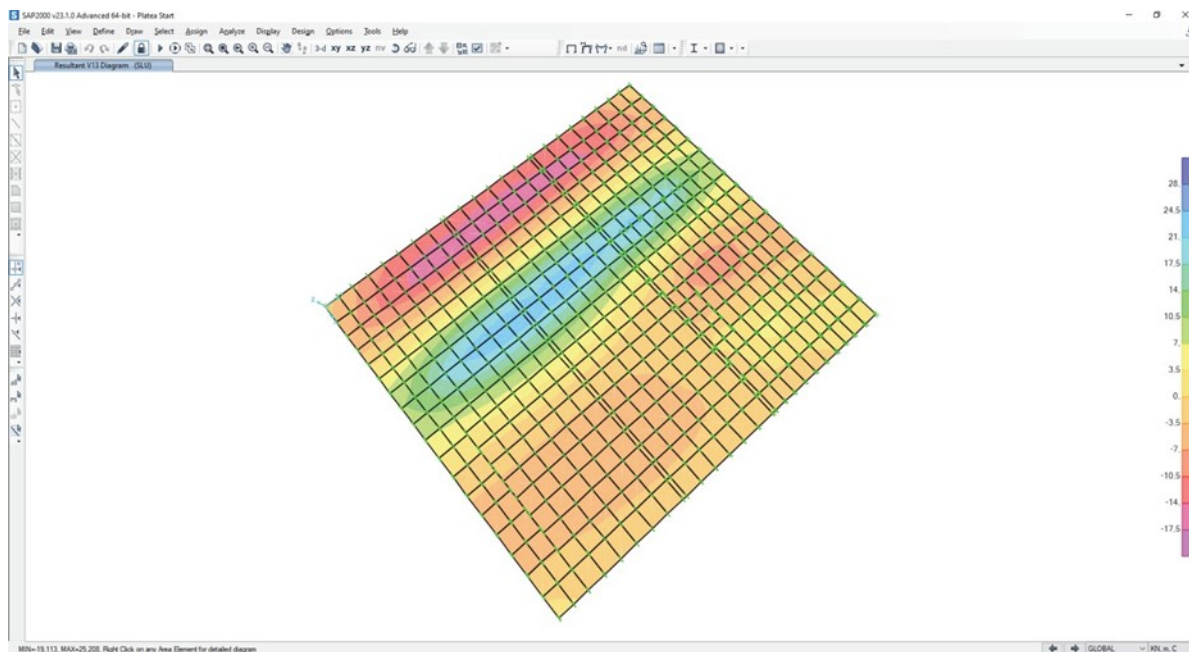


Figura 3 - V13: +23.9kN ; -15.6kN

Taglio V23:

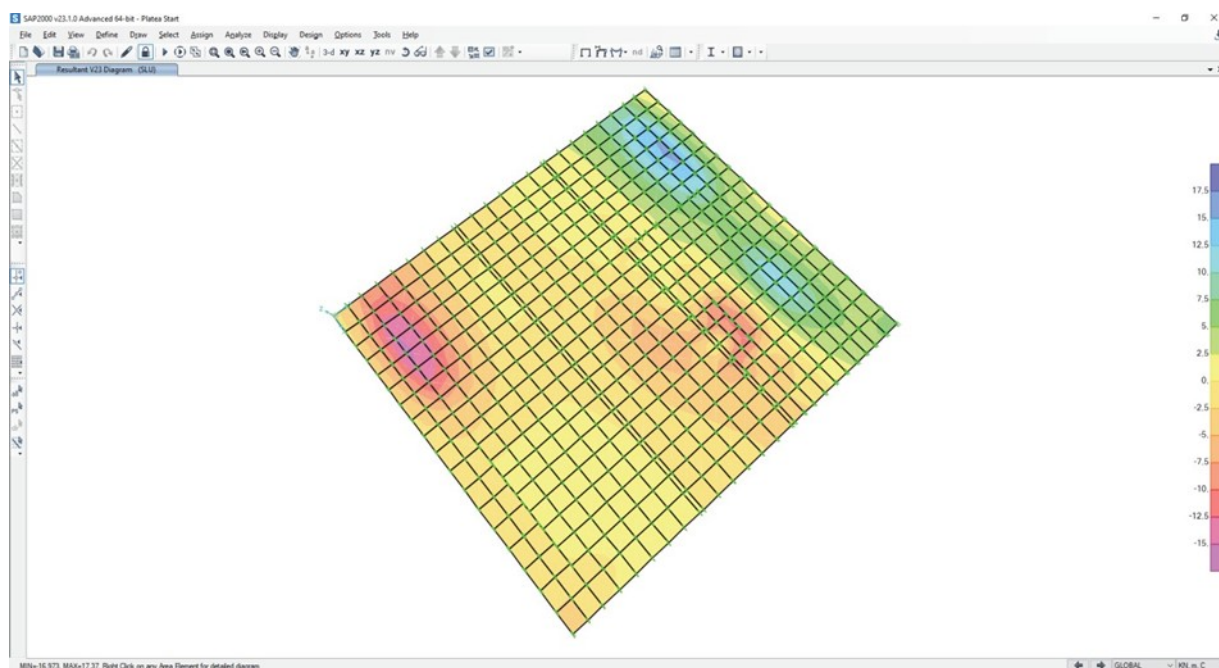


Figura 4 - V13: +15.9kN ; -14.5kN

5.3. Verifica sezione platea

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione platea H30

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Sezione platea

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 22,6 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

Materiali

B450C		C25/30	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	14,17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8 ?
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,6
		τ_{c1}	1,829

σ_c -2,248 N/mm²
 σ_s 115,9 N/mm²

Verifica

N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

ϵ_s 0,5793 ‰
 d 25 cm
 x 5,635 x/d 0,2254
 δ 0,7217

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione platea H30

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: Sezione platea

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	5,65	5
			2	5,65	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 22,6 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

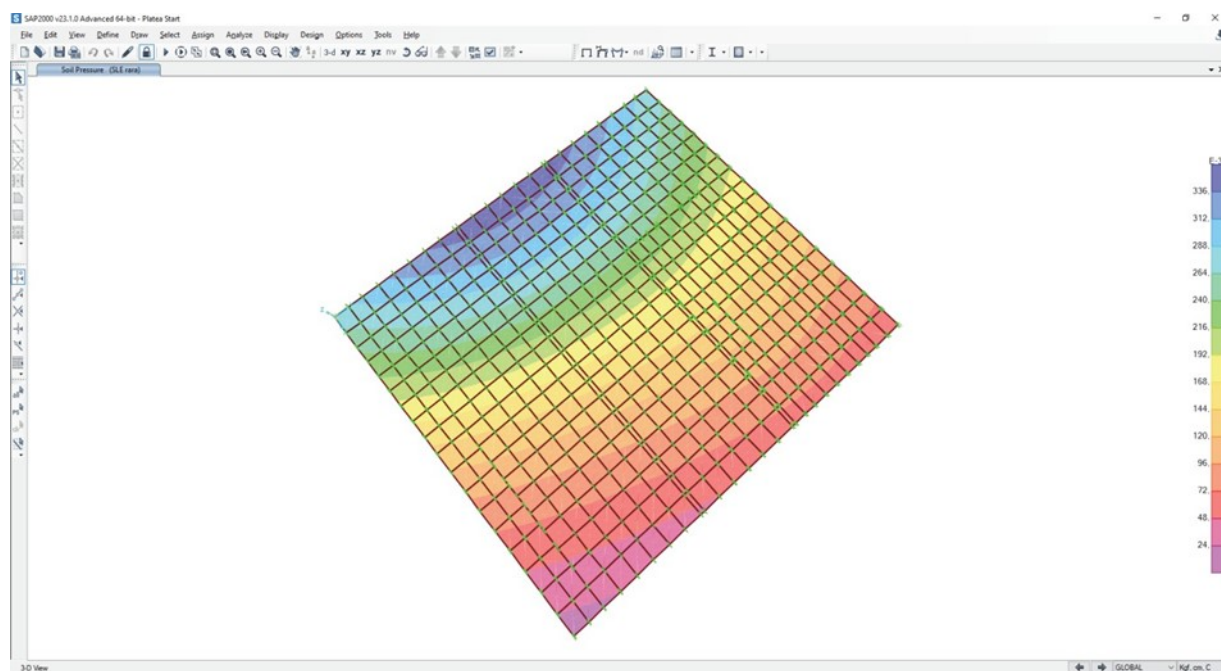
M_{xRd} 58,35 kNm
σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 21,8 ‰
d 25 cm
x 3,459 x/d 0,1384
ξ 0,7

La platea risulta armata con maglia $\phi 12/20$ superiore ed inferiore.

Verifica a taglio:

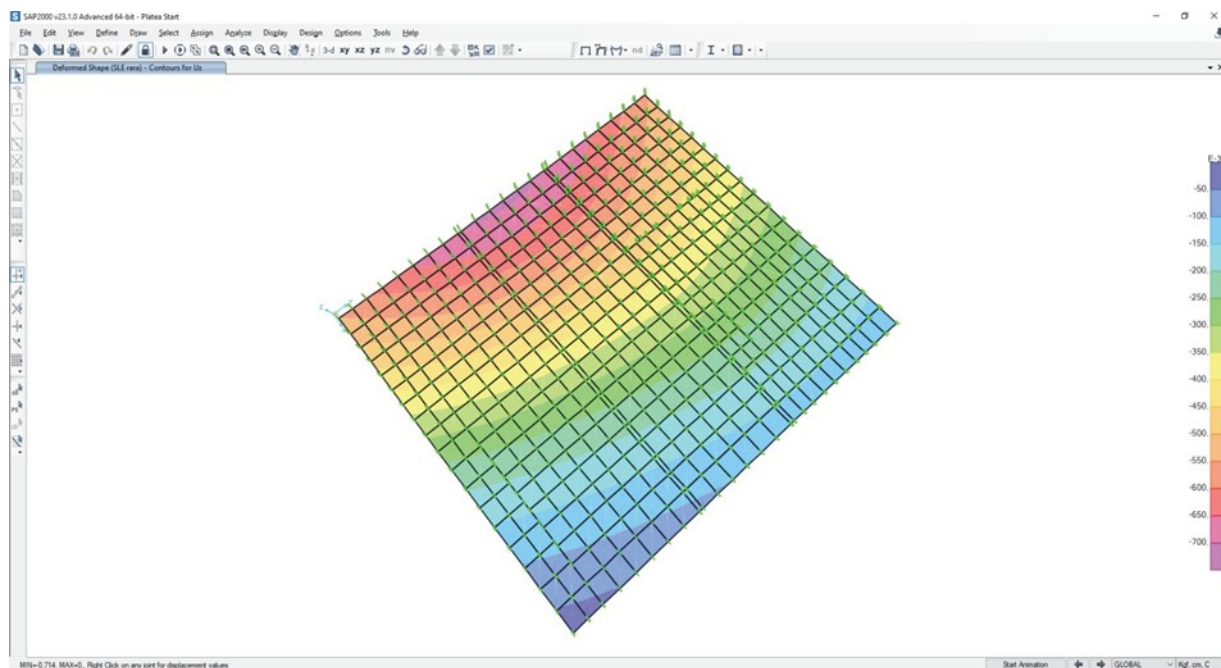
VERIFICA A TAGLIO C.A. E C.A.P. - NTC 2018 (4.1.2.3.5.1/2) e EC2 (6.2.2/3)											
Acciaio						Armatura longitudinale sezione					
f _{yk}	450	N/mm ²	f _{yd}	391.30	N/mm ²	A _{sl}	565.47	mm ²	5	∅	12
									∅		
Calcestruzzo						Armatura trasversale sezione					
f _{ck}	25	N/mm ²	f _{cd}	14.17	N/mm ²	A _{sw}	0.00	mm ² /m	A _{sw,min}		mm ² /m
f _{ctm}	2.56	N/mm ²	f _{cfm}	3.08	N/mm ²		∅		s		mm
f _{ctk,0.5}	1.80	N/mm ²	f _{ctd}	1.20	N/mm ²		∅		s		mm
Sollecitazioni						Geometria sezione					
V _{Ed}	23.90	kN	N _{Ed}	0.00	kN	b _w	1000	mm	d	270	mm
γ _c	1.5	γ _s	1.15	α [°]	90	A _{c,sezione}	1	mm ²	ρ _{sl}	0.21%	
θ [°]	45	Elem. precomp. o non fessurato?			no	I [mm ⁴]	1	mm ⁴	S [mm ³]	1.E+00	mm ³
Resistenza sezione geometrica						Resistenza traliccio					
C.A.	V _{Rd,c} (4.1.23 o 6.2)			119.92	kN	Staffe	V _{Rd,s} (4.1.27 o 6.13)		0.00	kN	
C.A.P.	V _{Rd,c} (4.1.24 o 6.4)			0.00	kN	Puntone	V _{Rd,max} (4.1.28 o 6.14)		860.63	kN	
Verifica											
Elemento SENZA armatura trasversale				V _{Rd}	119.92	kN	VERIFICA SODDISFATTA				

5.4. Verifica pressioni terreno



Pressione massima in esercizio SLE rara pari a 0.33kg/cm². Tale valore risulta inferiore ai limiti indicati dal geologo.

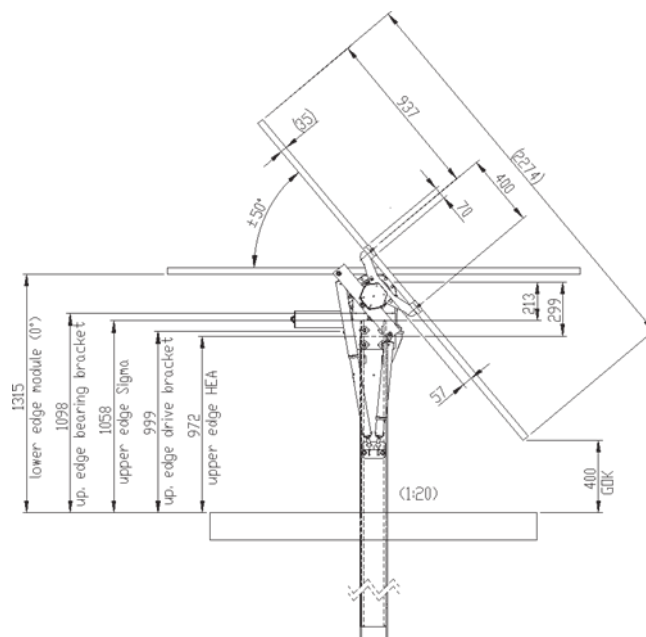
5.5. Stima dei cedimenti



Cedimenti massimi attesi pari a circa 7mm.

6. CALCOLO PROFILI A SOSTEGNO DELL'IMPIANTO

6.1. Verifica montanti HEA160



Interasse montanti: 7.50m

Il limite fornito per la freccia massima ammissibile è pari a $1/300L$.

Pressione massima: $7.50m \times 2.20m \times 1.49kN/mq = 24.58kN$

Le componenti orizzontale e verticale agente sul singolo montante risultano:

$N_x = 24.58 \text{ Kn} \times \cos 50^\circ = 15.80 \text{ kN}$

$N_z = 24.58 \text{ kN} \times \sin 50^\circ = 18.82 \text{ kN}$

Azioni interne:

Trave 1 Campata - File: Mensola HEA160

File Unità Opzioni ?

Titolo: Mensola HEA160

Vincoli:
☐ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☒ Mensola
☐ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI kN/m: 0 Zoom

N° Carichi CONCENTRATI kN: 1 Zoom

N°	F	d
1	15,90	1,3

N° Coppie CONCENTRATE kNm: 0 Zoom

Luce: 1,3 m J: 1.673 cm⁴ Sezione

E: 210.000 MPa ☒ Distanze parziali

Risultati

Reazioni vincolari				
MA	kNm	-20,67	MB	0
RA	kN	15,9	RB	0

Φ _A	[rad]	0	Φ _B	-0,003824
max M+		0	x max M+	0
max M-		-20,67	x max M-	0
f max	m	0,003314	x f max	1,3

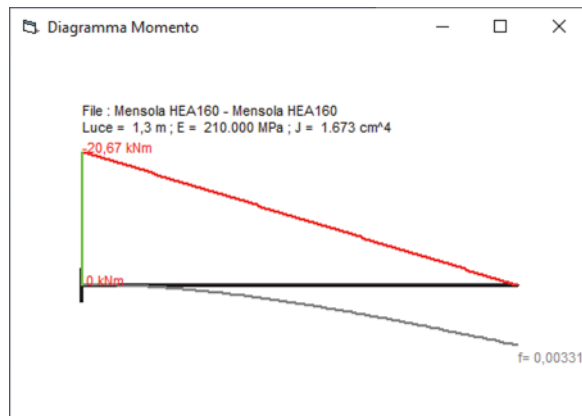
Diagrammi

Visualizza: ☒ M ☐ V ☐ C

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	-20,67	15,9	0

N° sezioni di calcolo: 100



Freccia massima in esercizio pari a 0,33cm pari a $1/393L > 1/300L$. Verifica soddisfatta.

Il collegamento dei tubolari mobili alla testa dei montanti è garantito da 4 bulloni M16 8.8.

$V_{rd} = 61.7 \text{ kN} \times 4 \text{ bull.} \times 2 \text{ sup. taglio} = 493.6 \text{ kN} > N_z = 18.2 \text{ kN}$

Verifica soddisfatta.

Momento e taglio massimo sollecitanti risultano rispettivamente:

$M_{sd} = 20.67 \text{ kNm} \times 1.5 = 31.0 \text{ kNm}$

$V_{sd} = 15.9 \text{ kN} \times 1.5 = 23.85 \text{ kN}$.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL ☐ Ordina per ☒ W_y ☐ l_y ☐ g

☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB

☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC

☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16,7	96	100	5,00	8,00	12,00
HE 120 A	19,9	114	120	5,00	8,00	12,00
HE 140 A	24,7	133	140	5,50	8,50	12,00
HE 160 A	30,4	152	160	6,00	9,00	15,00
HE 180 A	36,0	171	180	6,00	9,50	15,00
HE 200 A	42,3	190	200	6,50	10,00	18,00
UC 220 A	60,6	210	220	7,00	11,00	18,00

Acciaio: S355 (Fe510) f_y (N/mm²) 355 f_u 510

Lunghezze di libera inflessione (m) l_{0y} 0 l_{0z} 0

N_{sd} [kN] 0

Plotta

Classe Sezione

Compressione 2

Flessione My 2

Flessione Mz 2

Presso-Flessione 2

Verifiche

Presso Flessione

Svergolamento

HE 160 A

N_{by,Rd} [kN] 1.311

N_{bz,Rd} [kN] 1.311

V_{ply,Rd} [kN] 257,9

M_{cy,Rd} [kNm] 82,87

M_{cz,Rd} [kNm] 39,76

V_{plz,Rd} [kN] 562,2

g (Kg/m): 30,4

h (mm): 152

b (mm): 160

tw (mm): 6

tf (mm): 9

r1 (mm): 15

i2 (mm): 0

A (cm²): 38,77

I_y (cm⁴): 1.673

W_y (cm³): 220,1

W_{pl,y} (cm³): 245,1

i_y (cm): 6,57

I_z (cm⁴): 615,6

W_z (cm³): 76,95

W_{pl,z} (cm³): 117,6

iz (cm): 3,98

IT (cm⁴): 12,19

Iw (cm⁶): 31.410

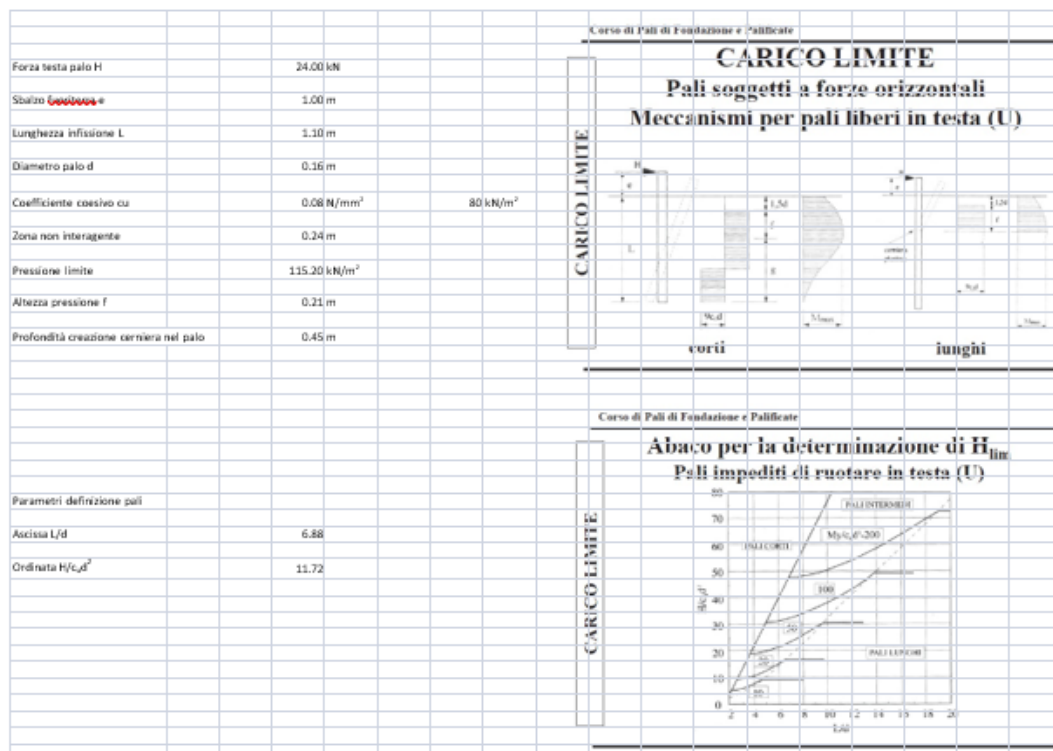
Profilo verificato.

6.2. Predimensionamento infissione montanti

Si riporta di seguito il predimensionamento della profondità di infissione dei montanti nel terreno. Tale calcolo non è da ritenersi definitivo in quanto si dovranno eseguire in sito delle prove sui montanti campione al fine di valutare con certezza le caratteristiche di tenuta del terreno.

Infissione per spinte orizzontali:

Spinta vento SLU testa palo: 15.80kNx1.5=23.7kN



La profondità prescritta (in fase di predimensionamento) di infissione globale del montante, determinata dalla profondità effettiva di ancoraggio sommata alla profondità della zona non interagente, risulta pari a 1.30m.

Il predimensionamento è stato eseguito facendo riferimento alla letteratura disponibile per i pali a sbalzo soggetti a forze orizzontali.

Infissione per spinte verticali:

Attrito per terreni coesivi: 0.03N/mm^2

Sup. contatto con terreno: 900mm (perimetro HEA160)

Fattrito= $0.03\text{N/mm}^2 \times 900\text{mm} \times 1300\text{mm} = 35100\text{N} = 35.1\text{kN} > N_z = 18.82\text{kN}$.

Verifica soddisfatta.

Nella fase in cui il vento raggiunge il valore limite da normativa e l'impianto prevede i pannelli ruotati sull'orizzontale la pressione del vento risulta:

Pressione vento pari a $P = C_{ex} q_b C_p = 1.80 \times 390.63\text{N/mq} \times 1.2 = 845.92\text{N/mq}$

Tale pressione applicata dal basso verso l'alto tende a sfilare i montanti dal terreno. Si verifica pertanto l'infissione del palo anche in tale condizione:

Forza sfilamento:

$F_{\text{fil.}} = 7.50\text{m} \times 2.20\text{m} \times 0.85\text{kN/mq} = 14.02\text{kN} < F_{\text{attrito}} = 35.1\text{kN}$

Verifica soddisfatta.

6.3. Verifica al collasso per carico limite dell'insieme terreno-fondazione

generata dalla spinta del vento pertanto viene dimensionato in funzione della spinta del vento in grado di generare la deformazione limite imposta pari a $1/300L$. Il produttore fornirà un meccanismo dotato di anemometro in grado di ruotare in piano i pannelli una volta che il vento avrà raggiunto la pressione limite imposta da calcolo.

Caratteristiche minime profilo in acciaio S355:

$$A=33.25\text{cm}^2$$

$$J=693\text{cm}^4$$

$$W=106\text{cm}^3$$

La velocità limite del vento in grado di deformare il profilo tubolare fino al limite di $1/300L$ risulta essere pari a 9m/s ossia 32km/h.

$$q_b=1/2\rho v^2=1/2\times 1.25\times 9^2=50.6\text{N/mq}$$

$$P=C_{ex}q_bC_p=1.80\times 50.6\text{N/mq}\times 2.12=193.08\text{N/mq}$$

Sul metro lineare di pannello: $0.19\text{kN/mq}\times 2.2\text{m}=0.42\text{kN/m}$.

A tale azione va aggiunto il peso dei pannelli e del tubolare:

Tubolare: .26kN/m

Pannelli: 0.22kN/m

Tot: 0.90kN/m.

The screenshot shows the 'Trave 1 Campata' software interface. The main window displays a diagram of a beam with two spans, labeled A and B, with dimensions d_1 and d_2 and total length L . The beam is subjected to two distributed loads, q_1 and q_2 .

Vincoli: App. - App. (selected), Inc. - Inc., Inc. - App., Mensola, Fondazione.

N° Carichi dist. TRAPEZI: 1 (Zoom). Table below:

N°	q1	q2	d1	d2
1	0,9	0,9	0	7,44

N° Carichi CONCENTRATI: 0 (Zoom).

N° Coppie CONCENTRATE: 0 (Zoom).

Risultati:

Reazioni vincolari:

MA	kNm	MB	kNm
0		0	

RA kN: 3,348 **RB** kN: 3,348

ΦA [rad]: 0,01061 **ΦB** [rad]: 0,01061

max M+: 6,227 **x max M+**: 3,72

max M-: -9,022E-07 **x max M-**: 7,44

f max m: 0,02467 **x f max**: 3,72

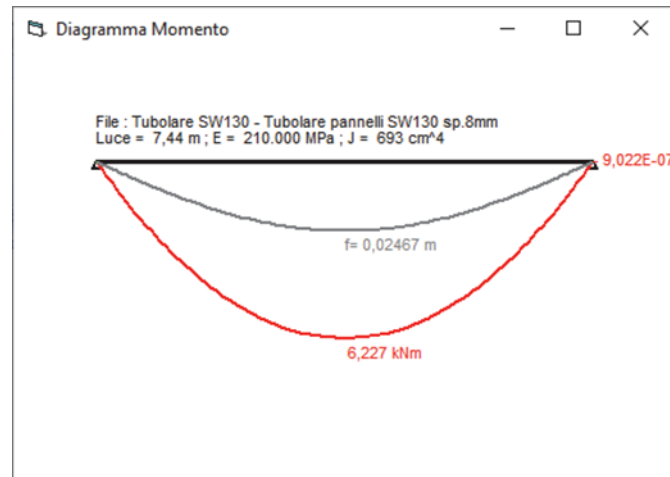
Risultati all'ascissa x:

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	0	3,348	0

N° sezioni di calcolo: 100

Diagrammi: M, V, C (Visualizza, Stampa).

Calcola



Freccia massima 2.46cm pari a $f=1/302L > 1/300$. Verifica soddisfatta.

Al superamento del limite dei 32km/h la struttura deve andare in protezione (fuori esercizio) posizionando i pannelli in senso orizzontale. Per tale condizione si eseguono le verifiche a resistenza e si indica la deformata massima per le dovute verifiche sull'impianto.

Trave 1 Campata - File: Tubolare SW130 orizzontale max vento

File Unità Opzioni ?

Titolo : Tubolare pannelli SW130 sp.8mm

Vincoli
☒ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☐ Mensola
☐ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI kN/m 1 Zoom

N°	q1	q2	d1	d2
1	2,29	2,29	0	7,44

N° Carichi CONCENTRATI kN 0 Zoom

N° Coppie CONCENTRATE kNm 0 Zoom

Luce 7.44 m J 693 cm⁴ Sezione
 E 210.000 MPa ☒ Distanze parziali

Risultati

Reazioni vincolari				
MA	kNm	0	MB	0
RA	kN	8,519	RB	8,519

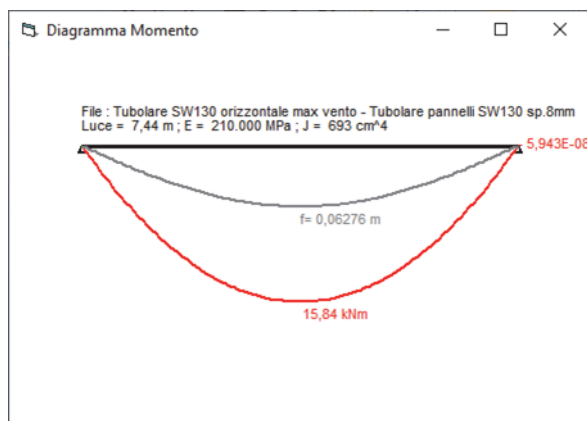
ΦA	[rad]	0,02700	ΦB	0,02700
max M+		15,84	x max M+	3,72
max M-		- 5,943E-08	x max M-	7,44
f max	m	0,06276	x f max	3,72

Diagrammi
 Visualizza

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	0	8,519	0

N° sezioni di calcolo 100



Deformazione massima pari a 6.27cm equivalente ad una freccia pari a $f=1/120L$.

Momento massimo sollecitante da vento $M_{sd}=15.84\text{kNm}\times 1.5=23.76\text{kNm}$.

Momento resistente profilo $M_{rd}=W_{xfsy}/\gamma=106\text{cm}^3\times 1000\text{mm}\times 355\text{N/mm}^2/1.05=35.83\text{kNm}$.

Verifica soddisfatta.

Erbusco, 01/04/2022

Il Tecnico



Il Progettista

