

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI
ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE
(POTENZA TOTALE=14,49 MWp)**

**SITUATO NEL COMUNE DI
CASTEL SAN GIOVANNI (PC)**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello Prog.	Codice	Tipo doc.	N° elaborato	Nome file	Tipo elaborato	Scala
DEF	01CSG26	PDF	20	STRUTT	REL	

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	10/06/2026	Prima emissione – Screening VIA	AA	MB	AB

PROGETTAZIONE



START ENGINEERING srl

Via per Rovato, 29/C - 25030 ERBUSCO (BS)

E-mail: info@starteng.it - mail PEC: startengineering@pec.it



RICHIEDENTE

ReRe 62 S.r.l.

Piazza Borromeo, 14

20123 - Milano (MI)

C.F./ P. IVA 14366730969



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.

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 sulle strutture	7
3.2. Spettro sismico di progetto	10
3.3. Combinazioni di carico	10
4. SOFTWARE DI CALCOLO	11
4.1. Versione e licenza	11
4.2. Validazione	11
5. CALCOLO PROFILI A SOSTEGNO DELL'IMPIANTO	11
5.1. Verifica montanti HEA160	11
5.2. Predimensionamento infissione montanti	20
5.2.1. Carichi di progetto	21
5.2.2. Stralcio relazione geologico geotecnica	21
5.2.3. Verifica capacità portante pali tubolari cavi in acciaio	22
5.2.4. Verifica capacità portante pali ad alica	23

1. PREMESSA

Il presente documento riporta le ipotesi di calcolo, la modellazione e le verifiche di calcolo preliminari più significative della struttura in carpenteria metallica atta ad installata presso l'impianto agrivoltaico.

2. DATI GENERALI

Riferimenti normativi

D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche delle Costruzioni;

UNI EN 1993 Eurocodice 3 per la progettazione di strutture in Acciaio

2.1. *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.

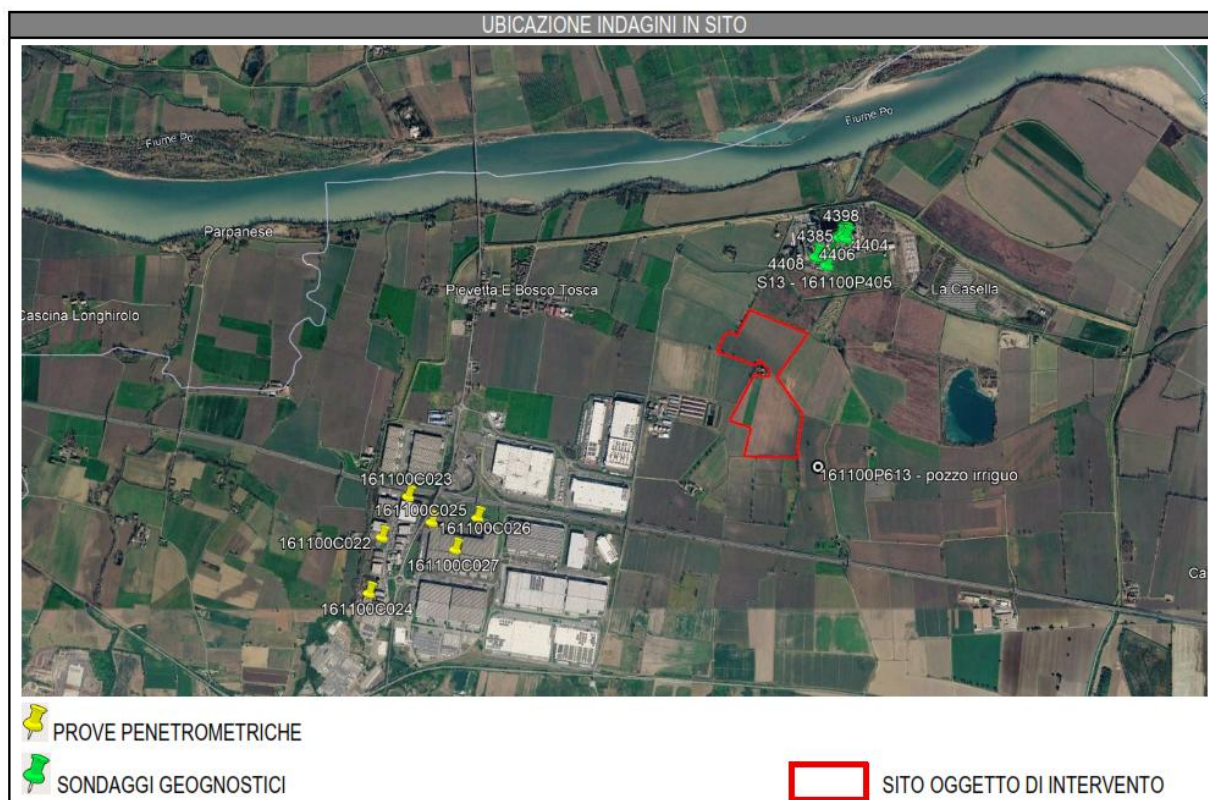
- Profilati e Lamiere: S355
- Bulloni: Classe 8.8
- Classe di Esecuzione: EXC-2

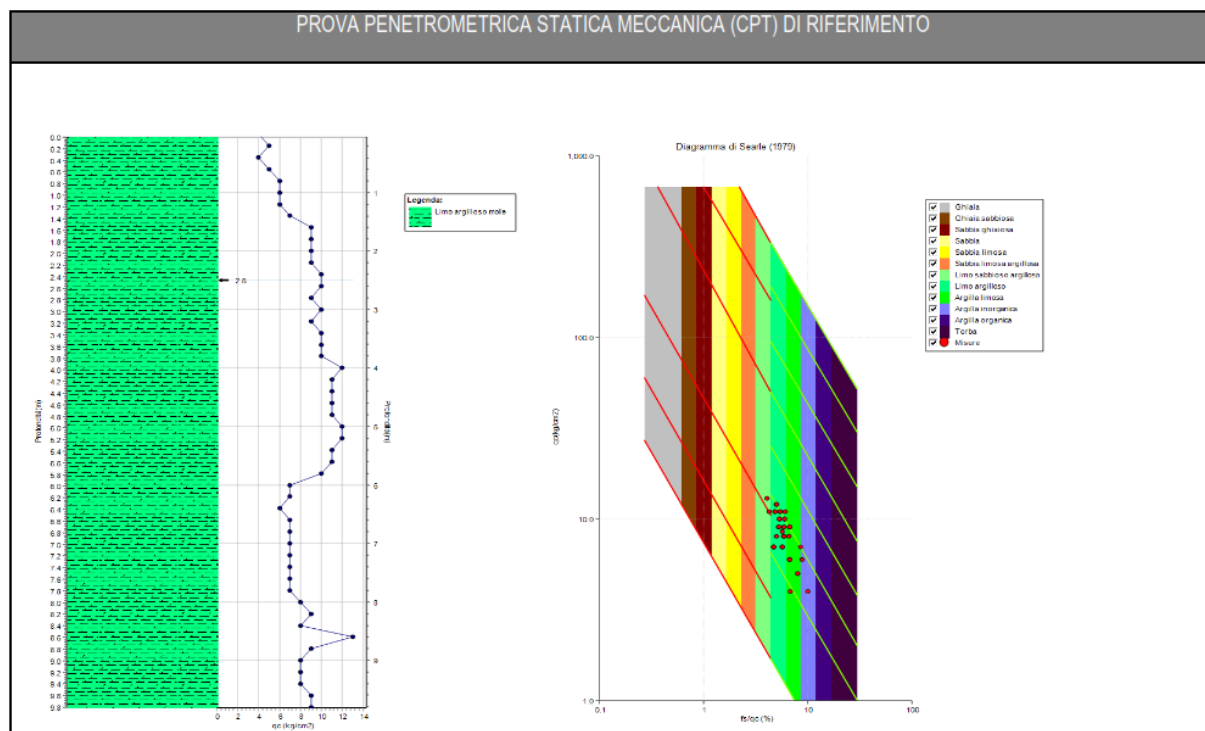
2.2. Dati del terreno

Per la definizione dei parametri del terreno viene fatto riferimento alla relazione geologica e geotecnica redatta dal Dott. Geol. Salvi Stefano in data 15/05/2026. Si riporta di seguito il modello geotecnico semplificato della zona oggetto d'intervento.

Lo studio dell'area è stato effettuato mediante il reperimento e l'analisi delle fonti bibliografiche disponibili, nonché attraverso l'esame delle indagini geognostiche, delle prove e dei sondaggi reperiti nella banca dati del Geoportale della Regione Emilia-Romagna, al fine di inquadrare il sito dal punto di vista geologico e geomorfologico.

I dati reperiti sono serviti sia per la **definizione lito-stratigrafica** sia per la **parametrizzazione geotecnica dei terreni** che caratterizzano il **volume significativo di sottosuolo** che verrà influenzato dalle opere di fondazione.





Per brevità non si riportano tutti i dati risultati dalle prove geotecniche eseguite. Si rimanda alla lettura della relazione geologica per maggiori approfondimenti.

MODELLO GEOTECNICO SEMPLIFICATO DA PIANO CAMPAGNA ATTUALE (ZERO PENETROMETRICO)										
Profondità m	Unit. Geotec.	Litologia	Φ' (°)	D_r (%)	C_u kg/cm ²	O.C.R.	γ_{nat} t/m ³	E_s kg/cm ²	M kg/cm ²	
da a	vedi sezione	ALS	Argilla limosa soffice	-	-	0.35	1	1.80	-	30

METODO CALCOLO PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI			
Denominazione	Simbolo	Unità misura	Metodo di calcolo
INCOERENTI			
Angolo di attrito	Φ'	(°)	Searle
Densità relativa incoerenti	D_r	(%)	Kulhawy & Mayne
Peso di volume	γ_{nat}	(t/m ³)	Mayne & Peuchen
Modulo di Young incoerenti	E_s	(kg/cm ²)	Murray - sabbia
COESIVI			
Coesione non drenata	C_u	(kg/cm ²)	Searle
Peso di volume	γ_{nat}	(t/m ³)	Mayne & Peuchen
Modulo edometrico	M	(kg/cm ²)	Mitchell & Gardner - CL
Rapporto di sovraconsolidazione	OCR	-	Mayne

3. ANALISI DEI CARICHI

3.1. Carichi sulle strutture

Si riportano in seguito i carichi gravanti sulle strutture.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Peso pannelli fotovoltaici 0.10 kN/m²

Variabile – Vento 1.17 kN/m² (valore positivo)
-1.72 kN/m² (valore negativo)

AZIONE DEL VENTO §3.3

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.40
2	Emilia Romagna	25	750	0.45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.36
7	Liguria	28	1000	0.54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.32



Zona		2
Parametri zona	$V_{b,0}$	25 m/s
	a_0	750 m
	k_s	0.45
Coefficiente di altitudine	C_a	1.00
Velocità di base di riferimento	V_b	25 m/s
Tempo di ritorno	T_R	50 anni
Coefficiente di ritorno	C_r	1.00
Velocità di riferimento	V_r	25 m/s
Pressione cinetica di riferimento	q_r	0.391 kN/m ²
Classe di rugosità del terreno		D ▼

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

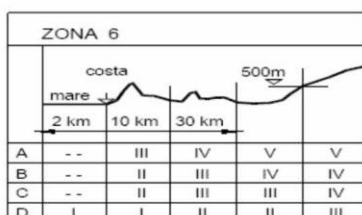
Categoria di esposizione del sito

II



ZONA 9

	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I



ZONE 7,8

	1.5 km	0.5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

Parametri per coeff. di esp.

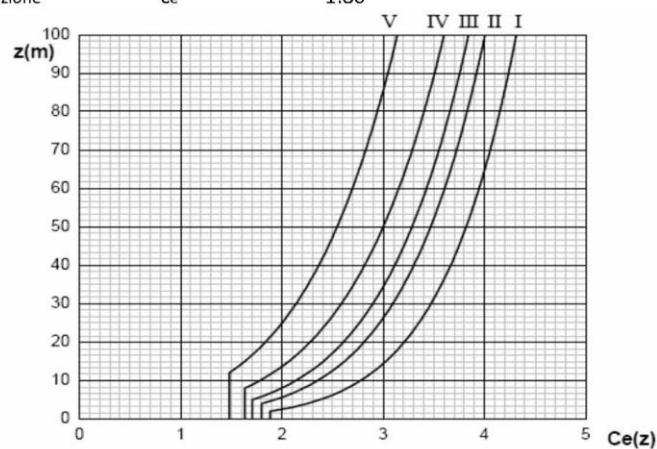
Kr 0.19
z0 0.05 m
Zmin 4.0 m

Coefficiente di topografia

Ct 1.0

Coefficiente di esposizione

Ce 1.80



Coefficienti dinamico

Cd 1.0

Coefficienti di attrito

Cf 0.04

Azione normale del vento

 $c_p = 0,2$ 0.14 kN/m² $c_p = 0,4$ 0.28 kN/m² $c_p = 0,8$ 0.56 kN/m² $c_p = 1,0$ 0.70 kN/m² $c_p = 1,2$ 0.85 kN/m²

Azione tangente del vento

pf 0.03 kN/m²

Per Tettoie a falda singola C.3.3.8.2.1

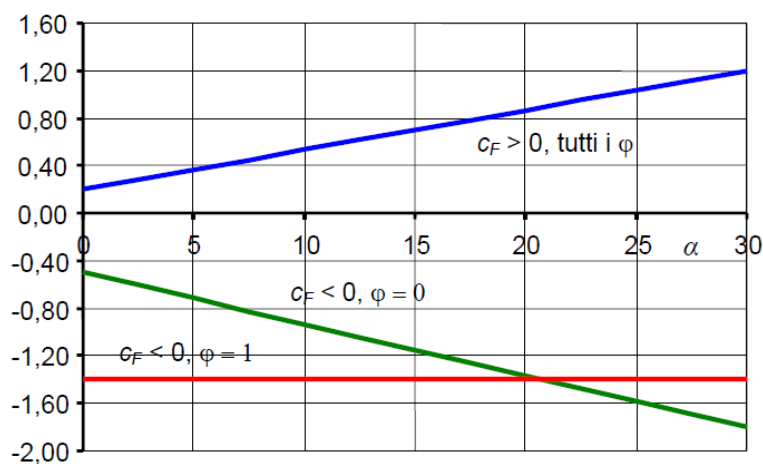
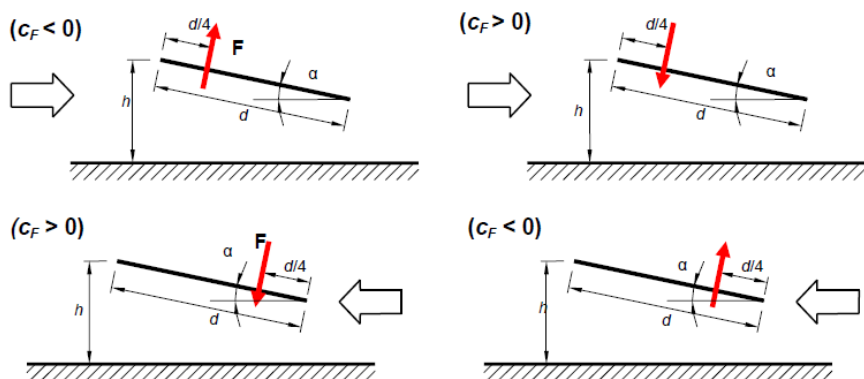


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

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



Nel caso in esame:

$$\alpha = 35^\circ$$

inclinazione sull'orizzontale

$$C_f = 0.2 + 35/30 = 1.36$$

valore positivo

$$C_f = -0.5 - 1.3 \times 35/30 = -2.02$$

valore negativo

$$q_p = 1.80 \times 0.391 \times 1.36 = 0.958 \text{ kN/m}^2 \quad \text{valore positivo pressione del vento}$$

$$q_p = 1.80 \times 0.391 \times (-2.02) = -1.42 \text{ kN/m}^2 \quad \text{valore negativo pressione del vento}$$

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 (D.M. 17/01/2018) 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:

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

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- 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:

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

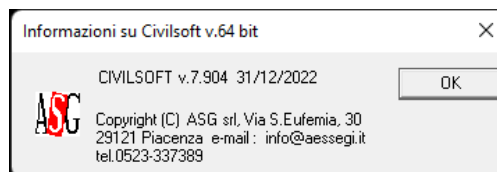
Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

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 e il programma di calcolo agli elementi finiti ASG CIVILSOFT e strumenti di pratica consolidata molto diffusi e di nota affidabilità.

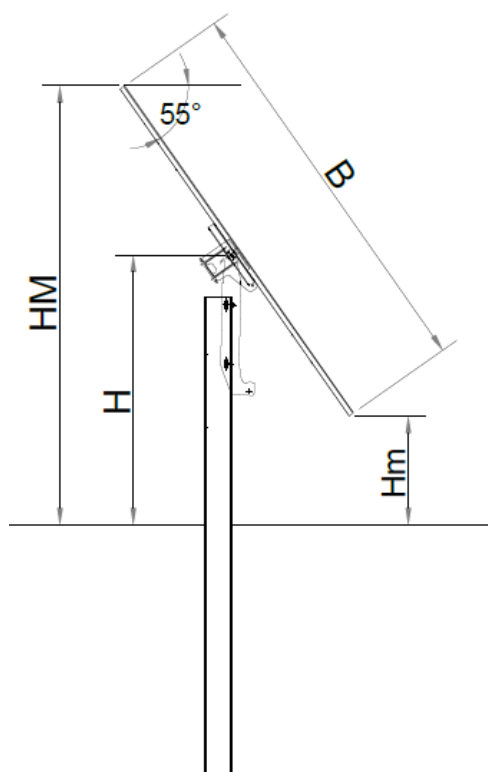


4.2. Validazione

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

5. CALCOLO PROFILI A SOSTEGNO DELL'IMPIANTO

5.1. Verifica montanti HEA160



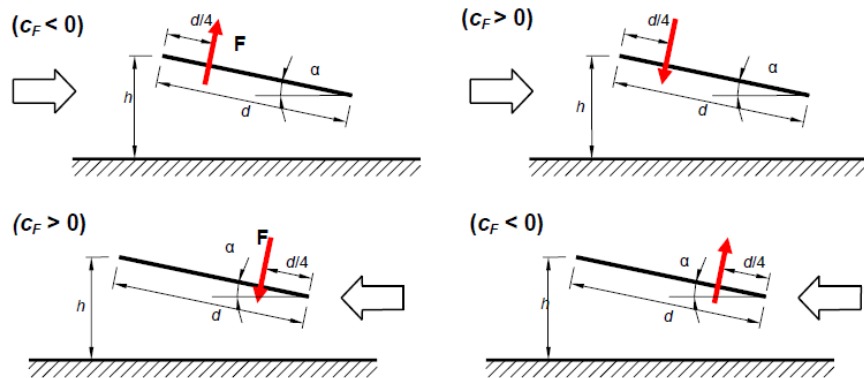
Dimensioni tracker - Impianto principale		
Hm	600 mm	
H	1.576 mm	
H1	1.609 mm	
HM	1.953 mm	
B	2.384 mm	VERTEX N - 720 W

Interasse massimo montanti: 6.00m

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

Pressione massima positiva: $6m \times 2.384m \times 0.958 \text{ kN/m}^2 = 13.71\text{kN}$

Pressione massima negativa: $6m \times 2.384m \times (-1.42\text{kN/m}^2) = -20.31\text{kN}$



Le sollecitazioni agenti sulla testa del singolo montante per la pressione massima negativa (situazione peggiore) risultano:

$$N_x = 20.31 \text{ kN} \times \cos 35^\circ = 16.64 \text{ kN} \quad \text{componente orizzontale}$$

$$N_z = 20.31 \text{ kN} \times \sin 35^\circ = 11.65 \text{ kN} \quad \text{componente verticale}$$

$$M = 20.31 \text{ kN} \times 2.384 / 4 = 12.10 \text{ kNm} \quad \text{flessione}$$

Verifica del collegamento bullonato (2 bulloni M16 classe 8.8)

I bulloni in acciaio utilizzati sono quelli previsti nella normativa EN 1993-1-8. Le resistenze meccaniche associate a ciascun connettore sono state calcolate utilizzando i fattori parziali previsti alla Tabella 2.1 della EN 1993-1-8.

Fattori di sicurezza parziali per le connessioni (cfr. Tabella 2.1 EN 1993-1-8)

Resistenza di bulloni – rivetti – chiodi – saldature – piastre inflesse	γ_{M2}	1,25
Resistenze all'attrito allo SLU (Cat. C)	γ_{M3}	1,25
Resistenze all'attrito allo SLE (Cat. B)	$\gamma_{M3,ser}$	1,1
Precarico di bulloni ad alta resistenza	γ_{M7}	1,1

Il materiale costituente i bulloni appartiene ad una delle classi definite nella Tabella 3.1 della EN 1993-1-8. Per ciascuna classe, nei calcoli successivi, sono state utilizzate le relative resistenze allo snervamento (f_{yb}) ed a rottura (f_{yu}).

Valori nominali delle resistenze allo snervamento f_{yb} e delle resistenze ultime a trazione f_{ub} dei bulloni (cfr. Tabella 3.1 EN 1993-1-8)

classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Le dimensioni dei bulloni, con le rispettive aree nominali (non filettate, in corrispondenza del gambo superiore) e delle aree resistenti effettive al netto della filettatura, sono riportate nella seguente tabella.

Aree nominali (A_n) ed aree resistenti al netto della filettatura (A_{res}), per varie classi di viti (valori in mm)

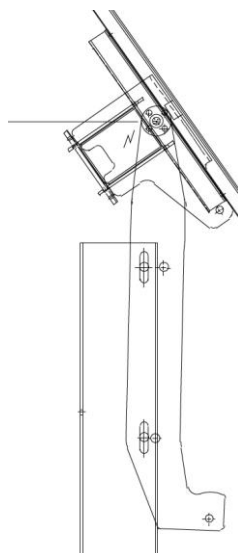
Vite	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36
A_n	50	78	113	153	201	254	314	380	452	572	706	1017
A_{res}	36,3	58	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561	817

Resistenza a taglio del singolo bullone:

$$F_{v,Rd} = (0.6 \times f_{ub} \times A_{res}) / \gamma_{M2} = (0.6 \times 800 \times 157) / 1.25 = 60.29 \text{ kN}$$

Resistenza a taglio complessiva del bullone costituito un singolo piano di taglio resistente:

$$V_{Rd} = 60.29 \text{ kN}$$



L'azione di taglio sollecitante sul singolo bullone è dato da:

$$V_{sd,1} = 20.31 / 2 \times 1.50 = 15.23 \text{ kN}$$

Verifica:

$$15.23 \text{ kN} < 60.29 \text{ kN}$$

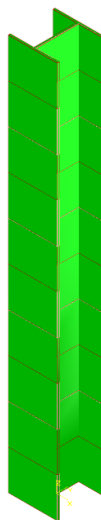
$$V_{sd} < V_{Rd}$$

Verifica soddisfatta

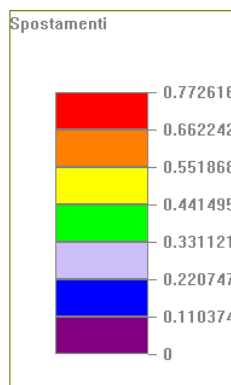
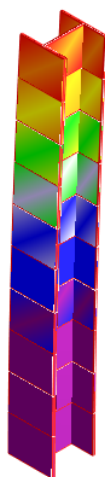
Verifica del profilo:

Azioni sollecitanti SLE in testa al montante nel caso più sfavorevole:

$V_{sd} = 16.64 \text{ kN}$	componente orizzontale spinta vento
$N_{sd,1} = 11.65 \text{ kN}$	componente verticale spinta vento (verso l'alto)
$N_{sd,2} = 0.10 \times 2.384 \times 6 = 1.43 \text{ kN}$	componente verticale peso pannelli (verso il basso)
$N_{sd} = 11.65 - 1.43 = 10.22 \text{ kN}$	componente verticale totale (verso l'alto)
$M_{sd} = 12.10 \text{ kNm}$	flessione



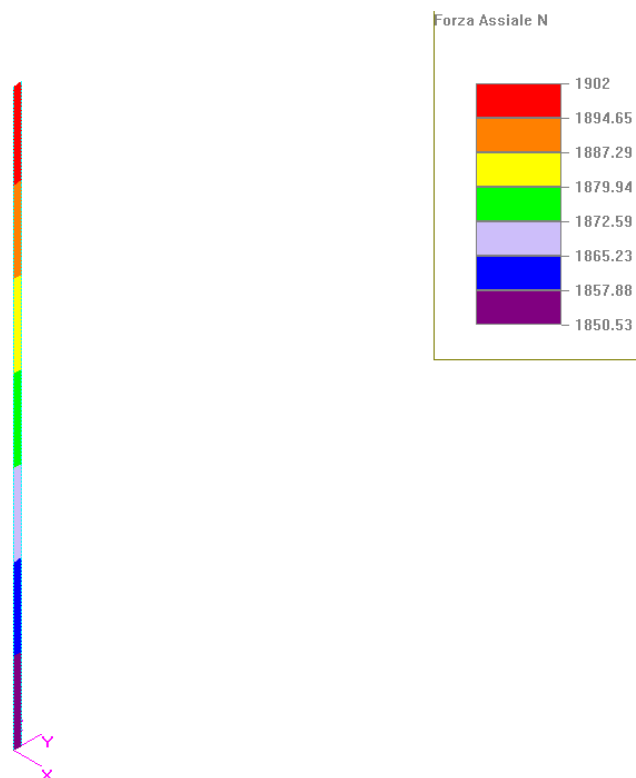
Schematizzazione 3D HEA160



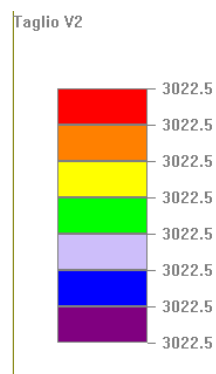
Deformazione SLE max 1.15cm

Freccia massima in esercizio pari a 0.77cm pari a 1/168L. Accettabile in quanto trattasi di elemento a mensola lungo 1.3m.

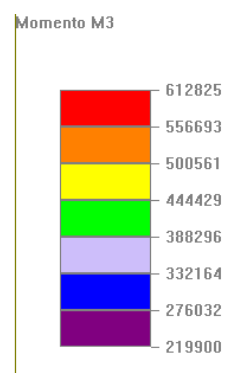
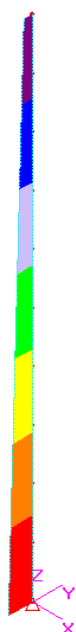
Le azioni sollecitanti alla base del montante in corrispondenza dell'infissione nel terreno, nella combinazione SLU, risultano essere:



$$N_{SLU} = 19.02 \text{ kN}$$



$$V_{SLU} = 30.22 \text{ kN}$$



$$M_{SLU} = 61.28 \text{ kNm}$$

Relazione di calcolo strutturale

DATI DI INGRESSO : SEZIONI

SEZ.

n.ro

1 HEA160

DATI DI INGRESSO : AREE ED INERZIE NEL RIFERIMENTO LOCALE

SEZ.	AREA	J2	J3	JT	W2	W3	Z2	Z3
n.ro	(cm2)	(cm4)	(cm4)	(cm4)	(cm3)	(cm3)	(cm3)	(cm3)
1	38.8	616	1673	12	76.9	220.1	117.6	245.1

DESCRIZIONE TABELLA DATI MATERIALI

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nelle
tabelle DATI MATERIALI.

MAT. n.ro numero identificativo del materiale (>= 1)

PESO SPEC. peso dell' unita' di volume del materiale

ALFA T coefficiente di dilatazione termica

E modulo di elasticita'

POISSON coefficiente di contrazione laterale impedita

NOME descrizione del materiale (max. 11 caratteri)

DATI DI INGRESSO : TABELLA DATI MATERIALI

MAT.	PESO SPEC.	ALFA T	E	POISSON	NOME
n.ro	(Kg/cm3)	(1/C)	(Kg/cm2)		

1	0.00785	0.000010	2100000.0	0.3	acciaio
---	---------	----------	-----------	-----	---------

DESCRIZIONE TABELLA VERIFICA ASTE, TRAVI, PILASTRI IN ACCIAIO

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nella
tabella VERIFICA ASTE, TRAVI, PILASTRI IN ACCIAIO

ELEM. n.ro numero dell' elemento asta, trave o pilastro

tipo sezione denominazione del profilo della sezione in acciaio

tipo acc. tipo di acciaio: S235(Fe360), S275(Fe430), S355(Fe510)

, S420, S460

L lunghezza dell'elemento asta, trave o pilastro in m.

Peso peso dell'elemento asta, trave o pilastro in Kg.

Arid/A rapporto tra l' area di calcolo della sezione e

l' area teorica

Classe prof. classificazione del profilo in base alla capacita'

N M2 M3 rotazionale per N(compressione), M2, M3 (flessione

intorno agli assi locali 2,3)

Beta 1-2 coeff. Beta relativo al piano di inflessione 1-2

per le verifiche di instabilita' di aste compresse

o presso-inflesse

Beta 1-3 coeff. Beta relativo al piano di inflessione 1-3

per le verifiche di instabilita' di aste compresse



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

Relazione di calcolo strutturale

o presso-inflesse

Beta tors coeff. Beta relativo alla verifica di instabilit 

a svergolamento

snel. 1-2 snellezza relativa al piano di inflessione 1-2

snel. 1-3 snellezza relativa al piano di inflessione 1-3

curva stab.1-2 curva di stabilit  utilizzata per il calcolo del

X 1-2

curva stab.1-3 curva di stabilit  utilizzata per il calcolo del

X 1-3

X 1-2 coeff. 'chi' minorativo della resistenza relativo

alla snellezza 1-2

X 1-3 coeff. 'chi' minorativo della resistenza relativo

alla snellezza 1-3

nv elemento non verificato

RISULTATI : VERIFICA ELEMENTI ACCIAIO

n.ro	acc.	tipo	L (m)	Peso (Kg)	Arid/A	Classe prof.	Beta				Beta snel. curva X			
							fles. tors.		stab.					
					N	M2	M3	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
					1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
1	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
2	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
3	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
4	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
5	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
6	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
7	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
8	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
9	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	
10	HEA160	S355	0.13	4.0	1.0	1	1	1	1.0	1.0	2.0	b	1.00	
									1.0		3.3	c	1.00	

DESCRIZIONE TABELLA VERIFICA ASTE, TRAVI, PILASTRI IN ACCIAIO

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nella

tabella VERIFICA ASTE, TRAVI, PILASTRI IN ACCIAIO

ELEM. n.ro numero dell' elemento asta, trave o pilastro

CDC n.ro n.ro del caso di carico

COMB n.ro n.ro della combinazione di carico

Sigma snerv. tensione di snervamento in Kg/cm2

C_sfrut.res. coeff. di sfruttamento a resistenza max: OK se <= 1.

C_sfrut.stab. coeff. di sfruttamento max a stabilit : OK se <= 1.

Tipo ver. tipo di verifica a stabilit , con i seguenti



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

Relazione di calcolo strutturale

stab. significati :

0 nessuna verifica di stabilit  necessaria

1 aste compresse (NTC 4.2.4, EC3 5.5.1)

2 presso-flessione (NTC 4.2.4, EC3 5.5.4)

3 presso-flessione + svergolamento (NTC 4.2.4, EC3 5.5.4)

4 instabilit  flessio-torsionale (NTC 4.2.4, EC3 5.5.2)

M2eq_pf momento equivalente per presso-flessione relativo

alla flessione nel piano definito dagli assi 1-3

(=0, se l' elemento non   compresso e/o inflesso)

M3eq_pf momento equivalente per presso-flessione relativo

alla flessione nel piano definito dagli assi 1-2

(=0, se l' elemento non   compresso e/o inflesso)

Meq_sverg momento equivalente per lo svergolamento nel piano

di flessione 1-2

(= 0, se non   presente il momento M3)

nv elemento non verificato ad una delle seguenti

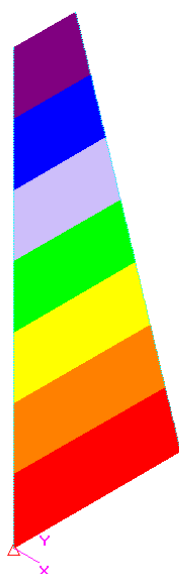
condizioni : resistenza, stabilit 

ELEM. CDC COMB C_sfrut C_sfrut Tipo M2eq_pf M3eq_pf Meq_sverg

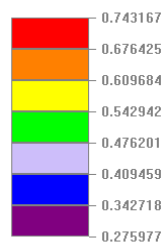
n.ro n.ro n.ro res. stab. ver.

stab. (Kg*m) (Kg*m) (Kg*m)

1	1	0.37	0.00	0	0.0	0.0	0.0
2	1	0.32	0.00	0	0.0	0.0	0.0
3	1	0.46	0.00	0	0.0	0.0	0.0
4	1	0.42	0.00	0	0.0	0.0	0.0
5	1	0.56	0.00	0	0.0	0.0	0.0
6	1	0.51	0.00	0	0.0	0.0	0.0
7	1	0.65	0.00	0	0.0	0.0	0.0
8	1	0.60	0.00	0	0.0	0.0	0.0
9	1	0.74	0.00	0	0.0	0.0	0.0
10	1	0.70	0.00	0	0.0	0.0	0.0



Coeff.Sfrutt.Res.

Massimo sfruttamento del materiale $0.74 < 1.00$

Verifica soddisfatta

5.2. *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.

Ove non diversamente specificato, nelle procedure di calcolo e di verifica, sono state utilizzate le seguenti unità di misura:

Lunghezza: m	Forza: kN
Massa: kg	Momento: kN*m

5.2.1. Carichi di progetto

I carichi agenti nel singolo palo nella condizione più sfavorita in trazione e compressione sono:

Condizione di azioni nella sovrastruttura (Combinazione SLU - vento) che provocano azioni di trazione nel palo di fondazione:

Azione normale: $N = 19.02 \text{ kN}$ (trazione);

Azione di taglio: $V = 30.2 \text{ kN}$

Momento flettente: $M = 61.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Condizione di azioni nella sovrastruttura (Combinazione SLU - vento) che provocano azioni di compressione nel palo di fondazione:

Azione normale: $N = 23.3 \text{ kN}$ (compressione);

Azione di taglio: $V = 30.2 \text{ kN}$

Momento flettente: $M = 61.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$

5.2.2. Stralcio relazione geologico geotecnica

Di seguito l'estratto della relazione geologica che si prende a riferimento per le grandezze geotecniche di progetto utilizzate nella verifica della capacità portante delle fondazioni profonde.

MODELLO GEOTECNICO SEMPLIFICATO DA PIANO CAMPAGNA ATTUALE (ZERO PENETROMETRICO)										
Profondità m	Unit. Geotec.	Litologia	Φ' (°)	Dr (%)	Cu kg/cm ²	O.C.R.	γ_{nat} t/m ³	E_s kg/cm ²	M kg/cm ²	
da a	vedi sezione	ALS	Argilla limosa soffice	-	-	0.35	1	1.80	-	30

METODO CALCOLO PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI			
Denominazione	Simbolo	Unità misura	Metodo di calcolo
INCOERENTI			
Angolo di attrito	Φ'	(°)	Searle
Densità relativa incoerenti	Dr	(%)	Kulhawy & Mayne
Peso di volume	γ_{nat}	(t/m ³)	Mayne & Peuchen
Modulo di Young incoerenti	E_s	(kg/cm ²)	Murray - sabbia
COESIVI			
Coesione non drenata	Cu	(kg/cm ²)	Searle
Peso di volume	γ_{nat}	(t/m ³)	Mayne & Peuchen
Modulo edometrico	M	(kg/cm ²)	Mitchell & Gardner - CL
Rapporto di sovraconsolidazione	OCR	-	Mayne

Fig. 1.2 Modello geotecnico di progetto.

Le prove in situ e una sua successiva fase interpretativa ha permesso di definire i parametri geotecnicici relativi agli orizzontamenti coesivi ed incoerenti così come riportato nella tabella precedente e nel profilo stratigrafico presente al paragrafo 2.3 della relazione. La capacità portante dei pali di fondazione in acciaio è stata affrontata con conosciute formule presenti in letteratura (Viggiani §13.1, Colombo §9.3) secondo dell'approccio 2 [A1+M1+R3] di cui al §6.4.3.1.1 delle NTC2018.

Nei due paragrafi che seguono si riportano i dati di calcolo e i valori dei diversi parametri assunti nella verifica della capacità portante, limite e ammissibile di base e laterale, di due diverse tipologie di palo, dissimili, sia per tecnologia di infissione che per forma e dimensione:

- Palo di fondazione in acciaio con profilo tubolare cavo;
- Palo di fondazione in acciaio profilo a vite.

In entrambi i casi al di sopra di detti pali dovrà essere fissata rigidamente il montante tipo HEA 160 precedentemente dimensionato.

5.2.3. Verifica capacità portante pali tubolari cavi in acciaio

Si riportano i dati di calcolo e i valori dei diversi parametri assunti nella verifica della capacità portante, limite e ammissibile di base e laterale, dei pali di fondazione:

I carichi agenti nel singolo palo nella condizione più sfavorita in trazione sono pari a $N = 19.02 \text{ kN}$.

</

La capacità portante del palo con sollecitazioni di trazione risulta essere verificata utilizzando un profilo tubolare cavo D=203mm, sp.6.3mm e lunghezza pari a 5m. In considerazione della presenza di uno strato di argilla soffice omogeneo, che interessa tutta la lunghezza del palo, questi lo si considera di tipo “sospeso” nel calcolo della capacità portante. Non viene presa in considerazione, dunque, la parte di resistenza in punta.

Il palo verrà installato con la tecnica della battitura e si dovrà anche verificare la sua agevole installazione per incremento delle pressioni neutrali che, con la profondità e in presenza di argilla, possono rendere difficoltosa la sua infissione.

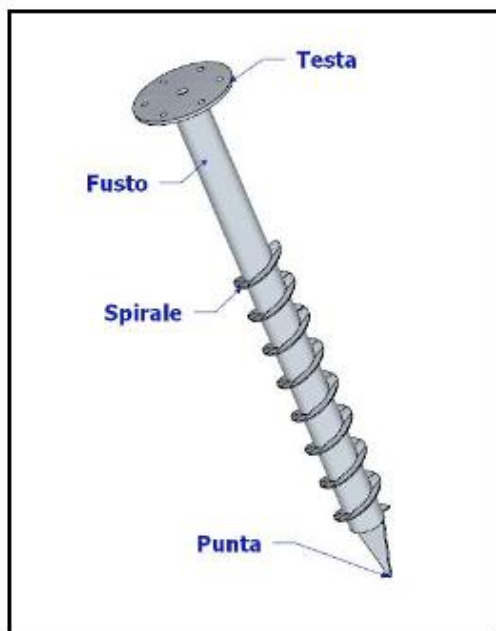
PORTATA LATERALE - Condizioni non drenate (Metodo a)									
$\sigma_{v,i}$	$\sigma_{v,i+1}$	$\sigma_{v,med}$	$\sigma_{h,med}$		C_a	s			
$\sigma_{h,1}$	tensione laterale strato 1°	0	45	22,5	0	[kPa]	21,70		
$\sigma_{h,2}$	tensione laterale strato 2°	45	65	55	0	[kPa]	21,70		
$\sigma_{h,3}$	tensione laterale strato 3°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
$\sigma_{h,4}$	tensione laterale strato 4°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
$\sigma_{h,5}$	tensione laterale strato 5°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
$\sigma_{h,6}$	tensione laterale strato 6°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
$\sigma_{h,7}$	tensione laterale strato 7°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
$\sigma_{h,8}$	tensione laterale strato 8°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
$\sigma_{h,9}$	tensione laterale strato 9°	0	0	0	0	[kPa]	0,00		
Q_{lim}	Portata limite laterale	69,20	[kN]	<u>Peso proprio palo</u>	1,53	[kN]	☒ tenere in conto nel calcolo della portata		
Q_{amm}	Portata amm. laterale	34,60	[kN]				☐ non tenere in conto nel calcolo della portata		
PORTATA TOTALE LIMITE		68	[kN]						
PORTATA TOTALE AMMISSIBILE		35	[kN]						

La verifica risulta soddisfatta sia per carichi agenti in compressione che in trazione.

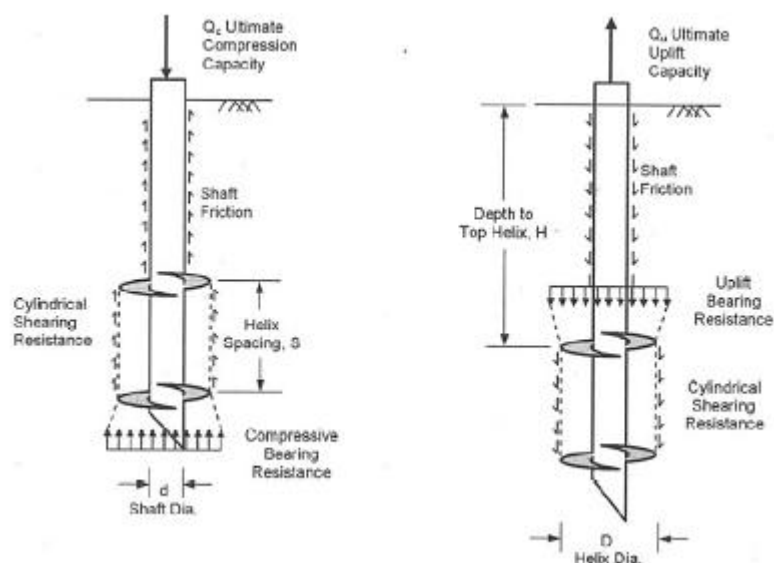
Tubolare cavo D=203mm, sp.6.3mm e profondità di infissione pari a 5m

Si riporta la verifica alle sollecitazioni in testa al palo per la resistenza del profilo cavo:

VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' PER PROFILI CAVI A SEZIONE CIRCOLARE													
Dati INPUT				Dati OUTPUT									
Caratteristiche acciaio				Dati geometrici									
Qualità acciaio:	UNI EN 10210 S 355 H	Diametro esterno	Spessore	Classe della sezione	Area sezione trasversale	Momento inerzia	Raggio giratore inerzia	Modulo resistente elastico	Modulo resistente plastico	massa per unità di lunghezza	Superf. per unità di lunghezza	Lunghezza per tonnellata	
f _{yk} =	355 [Mpa]	D	T	1	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	M	A _s	L/1t	
f _{tk} =	510 [Mpa]	[mm]	[mm]		[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[kg/m]	[m ² /m]	[m]	
		200,0	6,3		38,34	1799,90	6,85	179,99	236,46	30,09	0,63	33,23	
Geometria sezione				Verifiche secondo NTC2018 - §4.2									
D =	200,0 [mm]	Verifica a trazione (4.2.4.1.2.1)				N _{pl,Rd} =	1296,16	N _{Ed} / N _{pl,Rd} =					
t =	6,3 [mm]												
Lunghezza e vincoli asta				Verifica a compressione (4.2.4.1.2.2)				N _{c,Rd} =	1296,16	N _{Ed} / N _{c,Rd} =	0,02	verifica soddisfatta	
L =	5,00 [m]												
β =	2,00 [-]												
Sollecitazioni agenti				Verifica a flessione retta (4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6)				M _{c,Rd} =	79,95	M _{y,Ed} / M _{c,Rd} =	0,39	verifica soddisfatta	
N _{Ed} =	-23,00 [kN]												
V _{Ed} =	30,20 [kN]												
M _{y,Ed} =	31,30 [kNm]												
ψ =	0,00	Tab. C4.2.VI Circ. NTC2018				Verifica a taglio (4.2.4.1.2.4)		V _{c,Rd} =	476,41	V _{Ed} / V _{c,Rd} =	0,06	verifica soddisfatta	
						Sez. Classe 1-2		M _{N,Rd} =		79,95	M _{Ed} / M _{N,Rd} =	0,39	verifica soddisfatta
						Sez. Classe 3		σ _{x,Ed} =		f _{yd} =			
						Verifica stabilità membrature compresse (4.2.4.1.3.1)		N _{0,Rd} =		314,42	N _{Ed} / N _{0,Rd} =	0,07	verifica soddisfatta
						Verifica stabilità membrature presso-inflesse (4.2.4.1.3.3)		$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,eq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,eq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} =$		0,39		verifica soddisfatta	
 Fondazione Promozione Acciaio CRESCERE L'ACCIAIO, CRESCERE IL PAESE.													



Le formule adottate per la verifica della capacità portante sono di seguito riportate:



La capacità portante del palo a vite è data dalla somma di tre contributi:

$$Q_{ULT} = Q_U + Q_{SHAFT} + Q_{HELIX}$$

$$Q_U = (N_U * S_U + \gamma' * H) * \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2)$$

$$Q_{SHAFT} = \alpha * S_U * \pi * d * H_{EFF}$$

$$Q_{HELIX} = S_f * S_U * \pi * D * L$$

Dove:

Q_{ULT} = capacità limite totale;

Q_U = carico portante limite al sollevamento;

Q_{SHAFT} = resistenza limite dell'asta;

Q_{HELI} = resistenza limite tra le eliche;

N_U = fattore di portanza e sollevamento per argilla (=9 per $H/D > 4$; Narasimha Rao et al, 1991);

S_U = resistenza a taglio non drenata del suolo;

γ' = peso specifico effettivo del suolo;

H = profondità dell'elica in sommità;

D = diametro dell'elica;

d = diametro dell'asta;

α = coefficiente di adesione (=0,4 per terreni argillosi soffici e fini; Tomlinson 1994);

H_{EFF} = altezza effettiva (= $H - 2 \cdot D$);

S_f = fattore del rapporto di spaziatura (=1 se $S/L \leq 3$; Almita 2002);

L = distanza tra la prima e l'ultima elica.

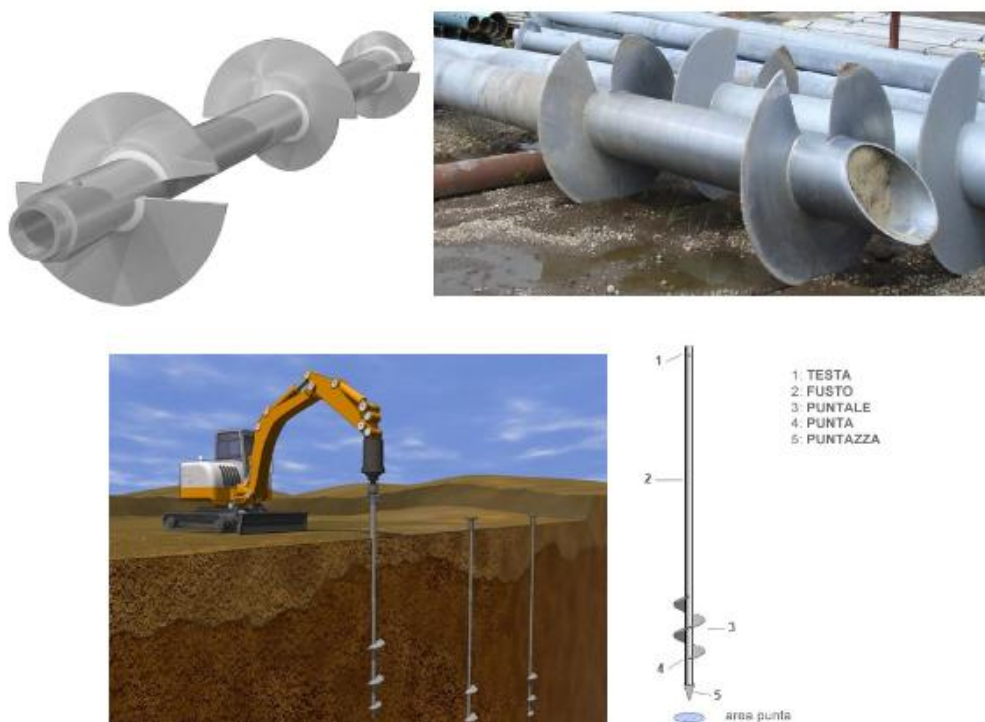
n° strato	tipo terreno	ΔH_i [m]	H_f [m]	γ_n [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	N_{SPT} [-]	ϕ [°]	K [-]	c_u [kPa]	α [-]	c_a [kPa]
AS	Argilla soffice	2,50	2,50	18,00					35,00	0,62	21,70
AS	Argilla soffice	2,50	5,00	18,00	8,00				35,00	0,62	21,70

PORTATA LATERALE - Condizioni drenate

Q_U	Resistenza limite dell'elica	23,51	[kN]
Q_{SHAFT}	Resistenza limite dell'asta	0,28	[kN]
Q_{HELI}	Resistenza cilindro terreno elica	82,47	[kN]

QU RESISTENZA ALLO SFILAMENTO	106	[kN]
PORTATA TOTALE AMMISSIBILE	57	[kN]

La capacità portante del palo con sollecitazioni di trazione risulta essere verificata. Viene utilizzato un fusto del palo a vite del diametro di 139.7mm, n.3 spirali di diametro pari a 30cm responsabili principali dell'incremento della capacità portante del palo di fondazione. La lunghezza totale è pari a 3.50 metri ma il suo peso risulta essere molto più contenuto del palo tubolare cavo utilizzato nella prima soluzione verificata.



Le fondazioni a elica sono idraulicamente avvitate in suoli portanti. Con l'ausilio di un avvitatore idraulico, l'infissione è rapida e senza vibrazioni. I pali a elica hanno una vera elica, cioè, la seconda e/o terza piastra elicoidale segue lo stesso percorso della prima quando è avvitata nel terreno. Ciò facilita l'infissione e riduce al minimo la perturbazione del suolo.

Tale tipologia di palo può essere, in futuro e anche qualora si dovesse redigere un piano di dismissione dell'impianto, svitato e recuperato, senza impatto sull'ambiente naturale. L'installazione richiede bassi costi per via della minima attrezzatura e tempi brevi. È un metodo poco invasivo, pulito che non crea polveri e fanghi.

Tubolare cavo D=139.7mm, sp.12.5mm e profondità di infissione pari a 3,50 m

Erbusco, 10/06/2026

Il Tecnico



Piano manutenzione

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Azienda	ReRe 62 srl
Sede Legale	Piazza Borromeo, 14 – MILANO 20123
C.F.	14366730969
P. IVA	14366730969

Dettaglio Revisioni

Data	Rev.	Preparato	Controllato	Verificato	Visto dell'Azienda
10/06/2026	Rev.0	A.A.	M.B.	M.B.	A.B.

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.

INDICE

1. Premessa	4
2. Oggetto del piano di manutenzione	4
3. Riferimenti normativi	4
4. Informazioni generali sull'intervento	6
4.1. <i>Strutture in acciaio</i>	6
5. Schede di manutenzione elementi strutturali	6
5.1. <i>Strutture in acciaio</i>	6

1. PREMESSA

I manuali d'uso e di manutenzione rappresentano gli strumenti con cui l'utente si rapporta con l'immobile, direttamente utilizzandolo evitando comportamenti anomali che possano danneggiarne o comprometterne la durabilità e le caratteristiche oppure attraverso i manutentori che utilizzeranno così metodologie più confacenti ad una gestione che coniughi economicità e durabilità del bene.

2. OGGETTO DEL PIANO DI MANUTENZIONE

Il presente piano di manutenzione ha per oggetto le strutture in acciaio dell'impianto fotovoltaico da realizzare nel comune di Castel San Giovanni (PC).

Lo scopo del presente piano è quello di impostare una programmazione razionale dei controlli e degli interventi di ripristino al fine di presidiare fenomeni di degrado che possono influenzare la durabilità dell'opera.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Art.40 DPR 554/99

1. Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.
2. Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:
 - a) il manuale d'uso;
 - b) il manuale di manutenzione;
 - c) il programma di manutenzione;
3. Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.
4. Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:
 - a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
 - b) la rappresentazione grafica;
 - c) la descrizione;
 - d) le modalità di uso corretto.
5. Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.
6. Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:
 - a) La collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
 - b) La rappresentazione grafica;

- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
 - d) il livello minimo delle prestazioni;
 - e) le anomalie riscontrabili;
 - f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
 - g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.
7. Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:
- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
 - b) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
 - c) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.
8. Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione sono sottoposti all'attenzione del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

Tali strumenti devono consentire di raggiungere, in accordo con quanto previsto dalla norma "UNI 10874 Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione" almeno i seguenti obiettivi, raggruppati in base alla loro natura:

1. Obiettivi tecnico – funzionali

- Istituire un sistema di raccolta delle "informazioni di base" e di aggiornamento con le "informazioni di ritorno" a seguito degli interventi, che consenta, attraverso l'implementazione e il costante aggiornamento del "sistema informativo", di conoscere e mantenere correttamente l'immobile e le sue parti;
- Consentire l'individuazione delle strategie di manutenzione più adeguate in relazione alle caratteristiche del bene immobile ed alla più generale politica di gestione del patrimonio immobiliare;
- istruire gli operatori tecnici sugli interventi di ispezione e manutenzione da eseguire, favorendo la corretta ed efficiente esecuzione degli interventi;
- istruire gli utenti sul corretto uso dell'immobile e delle sue parti, su eventuali interventi di piccola manutenzione che possono eseguire direttamente; sulla corretta interpretazione degli indicatori di uno stato di guasto o di malfunzionamento e sulle procedure per la sua segnalazione alle competenti strutture di manutenzione;
- definire le istruzioni e le procedure per controllare la qualità del servizio di manutenzione.

2. Obiettivi economici

- ottimizzare l'utilizzo del bene immobile e prolungarne il ciclo di vita con l'effettuazione d'interventi manutentivi mirati;
- conseguire il risparmio di gestione sia con il contenimento dei consumi energetici o di altra natura, sia con la riduzione dei guasti e del tempo di non utilizzazione del bene immobile;
- consentire la pianificazione e l'organizzazione più efficiente ed economica del servizio di manutenzione.

4. INFORMAZIONI GENERALI SULL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di carpenterie metalliche.

Di seguito si riportano le principali unità strutturali dell'opera.

4.1. **Strutture in acciaio**

Strutture in elevazione

Struttura a sostegno dei pannelli fotovoltaici in acciaio S355/SJ235.

5. SCHEDA DI MANUTENZIONE ELEMENTI STRUTTURALI

5.1. **Strutture in acciaio**

PRESTAZIONI E LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI		
Resistenza meccanica		
<i>Definizione della prestazione</i>		Capacità di resistere ai carichi e sovraccarichi, in tutte le condizioni di esercizio, nonché ai fenomeni dinamici, nel rispetto del coefficiente di sicurezza, senza deformazioni o cedimenti inammissibili.
<i>Livello minimo delle prestazioni</i>		Le strutture in acciaio devono garantire stabilità e resistenza sotto l'effetto dei carichi provenienti dalle strutture di elevazione; i livelli minimi prestazionali devono essere ricavati dalle leggi e dalle normative vigenti in materia di progettazione, esecuzione e collaudo delle opere in acciaio. Per quanto riguarda il calcolo ed il dimensionamento delle strutture, i relativi materiali, i procedimenti e metodi costruttivi si rimanda alle vigenti norme specifiche e in particolare alle norme emanate in applicazione della legge 5 novembre 1971, n. 1086 e della legge 2 febbraio 1974, n. 64, oltre al D.M. 17.01.2018.
Resistenza agli agenti aggressivi		
<i>Definizione della prestazione</i>		Capacità di non subire gli effetti dovuti all'azione di agenti aggressivi chimici, quali disgregazioni e mutamenti di aspetto.
<i>Livello minimo delle prestazioni</i>		Le strutture in acciaio non devono subire corrosione, deformazioni o mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi presenti nell'ambiente (anidride carbonica, solfati, ecc.). Le strutture esposte ad atmosfere marine e ad attacchi solfatici devono essere protette mediante adeguate misure di protezione delle superfici utilizzando appositi prodotti protettivi.
PRINCIPALI ANOMALIE RISCOINTRABILI		
Segni più frequenti di anomalia	Valutazione	Descrizione
Corrosione	Anomalia lieve/grave	Decadimento degli elementi metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, anidride carbonica, acqua etc).

Deformazioni e spostamenti	Anomalia grave	Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.
Imbozzamento	Anomalia grave	Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'anima o dell'ala.
Snervamento	Anomalia grave	Deformazione dell'elemento che si può verificare a causa di un incremento di carico nel tempo non previsto in fase di progetto, il quale causa un comportamento non più elastico del materiale.
Delaminazione	Anomalia grave	Distacco di lamine corticali del calcestruzzo.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DALL'UTENTE	
Controlli e interventi	
CONTROLLI <i>(semestrali o a seguito di eventi imprevedibili)</i>	3. Controllo della struttura mediante ispezione visiva dello stato delle superfici <i>(identificazione e rilievo anomalie):</i> Controllo dello stato delle strutture - verifica presenza di deformazioni, distacchi della zincatura superficiale, formazione di ruggine. - Analisi opportunità di ricorrere ad intervento specialistico 4. Controllo dei danni dopo evento imprevedibile
INTERVENTI	Nessuno senza la presenza di tecnico specializzato
Risorse per la manutenzione	
<i>Risorse strumentali</i>	Scarpe antinfortunistiche, tuta da lavoro, guanti, casco di protezione, cinture di sicurezza, occhiali protettivi, tasche portattrezzi alla cintura, cestello elevatore
<i>Risorse umane</i>	Operai specializzati squadra manutenzione immobile
MANUTENZIONI ESEGUIBILI A CURA DI PERSONALE SPECIALIZZATO	
Controlli e interventi	
CONTROLLI <i>(all'occorrenza o a seguito di eventi imprevedibili)</i>	<u>Controlli sulla struttura:</u> - Ispezione visiva dello stato superficiale - Controllo visivo unioni bullonate - Controllo visivo saldature - Controllo stato deformativo
INTERVENTI	Intervento leggero - Pulizia della superficie da fenomeni di ruggine - Controllo serraggio unioni bullonate - Controllo fenomeni di fessurazione nelle saldature - Rifacimento della pitturazione superficiale Intervento medio - Puntellamento e consolidamento provvisorio di parti strutturali ammalorate - Sostituzione di alcune unioni bullonate - Rinforzo unioni mediante piatti saldati o bullonati - Rifacimenti integrale rivestimenti Intervento pesante e/o sostituzione

	- Rinforzo dell'elemento esistente mediante applicazione di nuovi profili in acciaio saldati o bullonati all'esistente. - Sostituzione completa dell'elemento con nuovo profilo di idonee caratteristiche meccaniche.
--	---

Erbusco, 10/06/2026

Il Tecnico

