

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG VERDE SRL E OPERE CONNESSE POTENZA IMPIANTO 18,52MWp - COMUNE DI LAGOSANTO (FE)

## Proponente

**EG VERDE S.R.L.**

VIA DEI PELLEGRINI 22 - 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 11616370968 - PEC: egverde@pec.it

## Progettazione

**Ing. Matteo Bono**

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

tel.: 030/5281283 - e-mail: m.bono@solareng.it - PEC: solareng@pec.solareng.it

## Collaboratori

**Ing. Marco Passeri**

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

tel.: 030/5281283 - e-mail: m.passeri@solareng.it - PEC: solareng@pec.solareng.it

## Coordinamento progettuale

**SOLAR ENGINEERING S.R.L.**

VIA ILARIA ALPI, 4 - 46100 MANTOVA (MN) - P.IVA: 02645550209 - email: solareng@pec.solareng.it

## Titolo Elaborato

**RELAZIONE TECNICA ESPLICATIVA Allegato A - D.G.R. E.R. 1373/2011**

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
DEFINITIVO	-	-	-	27/07/2021	-

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
	27/07/2021		MB	MB/MP	EG



**COMUNE DI LAGOSANTO (FE)**  
**REGIONE EMILIA ROMAGNA**



Pagina Vuota

**RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE**  
**RELAZIONE TECNICA ESPLICATIVA**  
**redatta conformemente ai sensi dell'Allegato A – D.G.R. E.R. 1373/2011**

**PALO DI FONDAZIONE STRUTTRA PREFABBRICATA TRACKER**

<p>Manufatto di nuova costruzione, strutturalmente autonomo NON ricade al punto A.4.7 – codice L1 - del D.G.R. n.2272/2016 e <b>risulta pertanto necessario il deposito strutturale che sarà NON contestuale alla richiesta del titolo edilizio ai sensi dell'Art. 10, comma 3, lettera b) della L.R. n.19/2008.</b></p>
--

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE Locale Storage.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
VERIFICHE ELEMENTI TRAVE E/O PILASTRO IN C.A. Locale Storage ....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
RELAZIONE SUI MATERIALI Locale Storage.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE .....	5
NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI .....	6
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI .....	7
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE .....	8
MODELLAZIONE DELLE AZIONI .....	8
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO .....	9
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	9
VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO .....	10
RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE .....	10
PARAMETRI DI CALCOLO .....	10
ARCHIVIO STRATIGRAFIE .....	11
ARCHIVIO TERRENI .....	11
DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE .....	11
VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE .....	12
VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE .....	12
RELAZIONE SUI MATERIALI .....	12
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI .....	12

## RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE

### Premessa

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo. Risulta essere conforme a quanto prescritto.

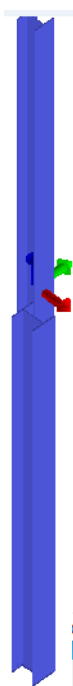
Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

### Descrizione generale dell'opera

Il progetto riguarda la realizzazione delle opere necessarie alla funzionalità di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 18,52 MWp che l'impresa EG VERDE S.r.l., con sede in Via dei Pellegrini, 22 intende realizzare presso il Comune di Lagosanto (FE) Strada podereale dei Cappuccini, contraddistinta al C.F. al foglio n.18, particelle n. 142-310-314163-164-185-186-187-188-309-311-312-313-336-337-340-341-342.

Le strutture metalliche che costituiranno il tracker monoassiale per la rotazione dei moduli fotovoltaici saranno oggetto di progettazione strutturale e denuncia di deposito. La struttura avrà un'altezza massima rispetto al livello del terreno inferiore a 2,5 metri, una lunghezza di circa 27 metri e una superficie in pianta complessiva di circa 60 m2 che ruoterà da est a ovest. I moduli fotovoltaici risulteranno installati in modalità portrait (modulo verticale). Si tratterà di una struttura metallica realizzata in acciaio galvanizzato (ISO 1461:2009) costituita essenzialmente da pali infissi al suolo (n.5 per ogni tracker), giunto sferico appositamente progettato per integrare il recupero di eventuali imprecisioni d'installazione in un unico componente traverse fissate al sostegno (costituite da profili integrati da scanalature per un facile montaggio) e viteria con rivestimento speciale anticorrosione.

Ciascun tracker sarà costituito da 25 moduli fotovoltaici.



La fondazione è realizzata mediante palo battuto in acciaio con sezione HEA240 di lunghezza 250 cm.

Descrizione del sito	
Fabbricato ad uso	Impiantistico (Apparecchiature elettro-strumentali)
Ubicazione	Comune di CODIGORO (FE) (Regione EMILIA-ROMAGNA)
	Indirizzo/Località: Via XXV Aprile / SP53 snc
	Longitudine 12,10795° E, Latitudine 44,82486° N
Tipo di fondazione	Trave continua

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".  
Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l'azione sismica	D.M. 17-01-2018
Tipo di analisi strutturale	
Analisi lineare	SI

## MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA



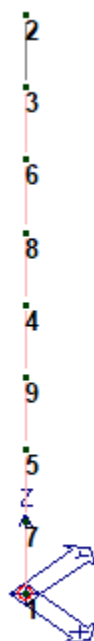
## Combinazioni dei casi di carico

APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

## MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEA 240	76.80	0.0	0.0	41.60	2769.00	7763.00	230.70	675.10	351.70	744.60
8	HEA 180	45.30	0.0	0.0	14.80	925.00	2510.00	102.70	293.60	156.50	324.90

## MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI



Stringa identificativa

PALO EQUIVALENTE

Palo

Diametro 42.0

Lunghezza 250.0

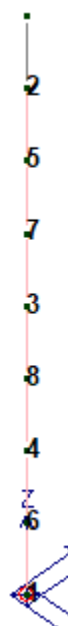
Modulo elastico 2100000.0

Peso specifico 4.3300e-04

Modello matematico palo

P.to	Quota	K orizz...	K verti...
n. 1	0.00	0.00	0.03
n. 2	-42.00	1.18	0.04
n. 3	-42.00	1.18	0.04
n. 4	-50.00	1.31	0.04
n. 5	-50.00	1.37	0.17
n. 6	-84.00	1.74	0.17
n. 7	-84.00	1.74	0.17

## MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

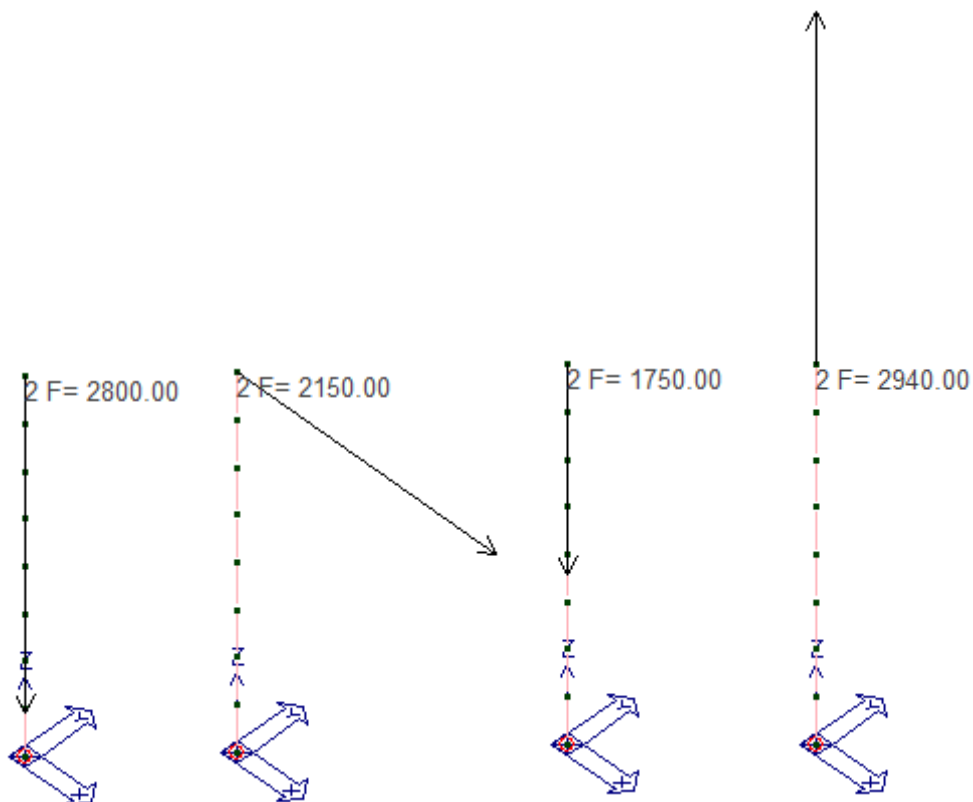


## MODELLAZIONE DELLE AZIONI

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza Fx, Fy, Fz, momento Mx, My, Mz)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di inizio carico) 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di fine carico)

Tipo	carico concentrato nodale						
Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
2	<b>CARICO NEVE</b>	0.0	0.0	-2800.00	0.0	0.0	0.0
3	<b>CARICO VENTO DIREZIONE X</b>	2150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	<b>CARICO PERMANENTE</b>	0.0	0.0	-1750.00	0.0	0.0	0.0
5	<b>CARICO VENTO DIREZIONE Z</b>	0.0	0.0	2940.00	0.0	0.0	0.0





### SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	
3	Qk	carico di neve	
4	Gk	permanente	
5	Qvk	VENTO SOLLEVAMENTO	

### DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLU	Comb. SLU A1 2
3	SLU	Comb. SLU A1 3
4	SLU	Comb. SLU A1 4
5	SLU	Comb. SLU A1 5
6	SLU	Comb. SLU A1 6
7	SLU	Comb. SLU A1 7
8	SLU	Comb. SLU A1 8
9	SLU	Comb. SLU A1 9
10	SLU	Comb. SLU A1 10
11	SLU	Comb. SLU A1 11
12	SLU	Comb. SLU A1 12
13	SLU	Comb. SLU A1 13
14	SLU	Comb. SLU A1 14
15	SLU	Comb. SLU A1 15
16	SLU	Comb. SLU A1 16
17	SLU	Comb. SLU A1 17
18	SLU	Comb. SLU A1 18
19	SLU	Comb. SLU A1 19
20	SLU	Comb. SLU A1 20

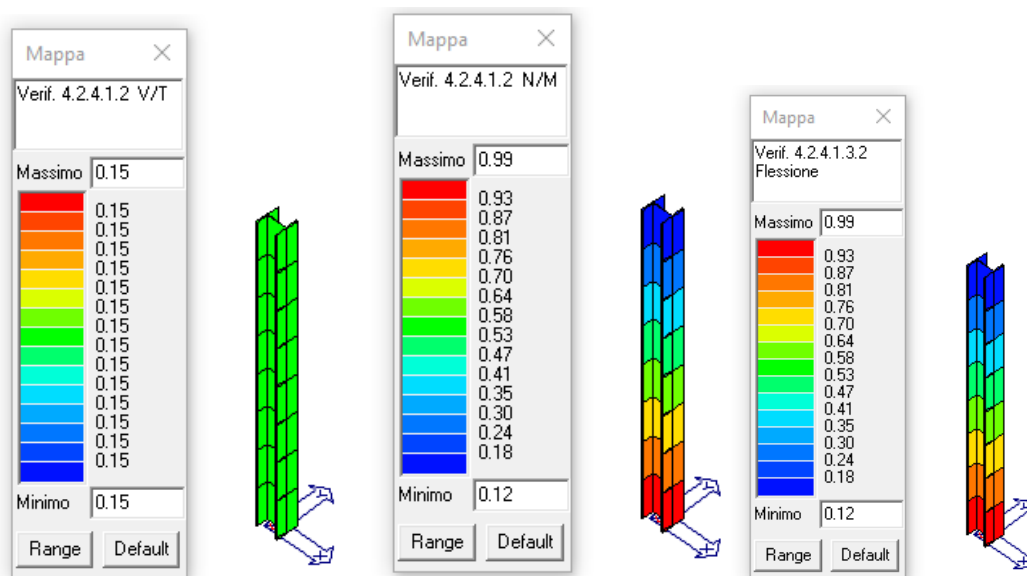
Cmb	Tipo	Sigla Id
21	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 21
22	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 22
23	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 23
24	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 24
25	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 25
26	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 26
27	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 27
28	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 28
29	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 29
30	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 30
31	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 31
32	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 32
33	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 33
34	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 34
35	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 35
36	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 36
37	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 37
38	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 38
39	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 39

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5
-----	-------	-------	-------	-------	-------

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5
1	1.30	0.0	0.0	1.30	0.0
2	1.30	0.0	1.50	1.30	0.0
3	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
4	1.00	0.0	1.50	1.00	0.0
5	1.30	1.50	0.0	1.30	0.0
6	1.30	1.50	1.50	1.30	0.0
7	1.00	1.50	0.0	1.00	0.0
8	1.00	1.50	1.50	1.00	0.0
9	1.30	0.90	0.0	1.30	0.0
10	1.30	0.90	1.50	1.30	0.0
11	1.00	0.90	0.0	1.00	0.0
12	1.00	0.90	1.50	1.00	0.0
13	1.30	0.0	0.0	1.30	0.90
14	1.30	0.0	1.50	1.30	0.90
15	1.00	0.0	0.0	1.00	0.90
16	1.00	0.0	1.50	1.00	0.90
17	1.30	0.0	0.0	1.30	1.50
18	1.30	0.0	1.50	1.30	1.50
19	1.00	0.0	0.0	1.00	1.50
20	1.00	0.0	1.50	1.00	1.50

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5
21	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
22	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0
23	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0
24	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0
25	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0
26	1.00	0.60	1.00	1.00	0.0
27	1.00	0.0	0.0	1.00	0.60
28	1.00	0.0	1.00	1.00	0.60
29	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00
30	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00
31	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
32	1.00	0.0	0.80	1.00	0.0
33	1.00	0.0	0.90	1.00	0.0
34	1.00	0.20	0.0	1.00	0.0
35	1.00	0.20	0.80	1.00	0.0
36	1.00	0.0	0.0	1.00	0.20
37	1.00	0.0	0.80	1.00	0.20
38	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
39	1.00	0.0	0.80	1.00	0.0

## VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO



## RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

Si è utilizzata una fondazione su pali.

### PARAMETRI DI CALCOLO

**Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:**

Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Per elementi con micropali: Portanza di punta e laterale

**Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:**

Per terreni sciolti: Vesic

Riduzione della tensione litostatica: No

Per terreni lapidei: Terzaghi

Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Si

Metodo di calcolo del coefficiente di spinta orizzontale Ks: Tomlinson

**Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:**

Coeff. di sicurezza alla punta: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2,50

Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2,50

**Combinazioni di carico:**

**APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)**

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 base: 1,35
- Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15
- Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25

Fattore di correlazione: 1,70

**ARCHIVIO STRATIGRAFIE**

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 3

Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno
1	da 0,0 a -50,0 cm	50,0 cm	001 / 1) Limo argilloso sabbioso
2	da -50,0 a -100,0 cm	50,0 cm	002 / 2) Limo sabbioso
3	da -100,0 a -1700,0 cm	1600,0 cm	003 / 3) Limo sabbioso

**ARCHIVIO TERRENI**

Indice / Descrizione terreno: **001 / 1) Limo argilloso sabbioso**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,700 E-3	2,000 E-3	30,000	0,100	66,750	100,000	40,0	0,333	0,90

Indice / Descrizione terreno: **002 / 2) Limo sabbioso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,700 E-3	2,000 E-3	1,000	51,797	100,000	60,0	0,385	0,48

Indice / Descrizione terreno: **003 / 3) Limo sabbioso**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,600 E-3	1,900 E-3	29,000	0,000	110,000	150,000	40,0	0,340	1,00

**DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE**

Verifica del palo equivalente

**Elemento: 1 - Palo singolo - Tipologia pali: infissi**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	1	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
42,0	250,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 0

## VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE

### Elemento: 1 - Palo singolo

$N_q = 82.712$ ,  $\sigma_{\text{punta}} = 0.410$ ,  $\phi = 34.5$ ,  $N_c = 118.892$ ,  $c_{\text{punta}} = 0.000$   
Port. lat. = 5708.6 daN, Port. punta = 46983.0 daN, P.P.Palo = 150.0 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
019	SLU STR	1	0.000	0.000	2567.5	2836.4	0,905	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
019	SLU STR	No	2567.5	0.0	0.0	0.0	0.0

## VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE

### Elemento: 1 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
022 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-4642.5	0.101

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
022	SLE rare	No	-4642.5	0.0	0.0	0.0	0.0

## RELAZIONE SUI MATERIALI

Il capitolo Materiali riporta informazioni esaustive relative all'elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

### CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>3</sup>		
12	<b>Acciaio S275</b>			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.85e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	4300.0							
	Resistenza fd	2750.0							
	Resistenza fd (>40)	2500.0							
	Tensione ammissibile	1900.0							
	Tensione ammissibile (>40)	1700.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05