

COMUNE DI MONTONE

Piazza Fortebraccio, 3 - 06014 Montone (PG)



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

COMPONENTE 1: POTENZIAMENTO DELL'OFFERTA DEI SERVIZI DI ISTRUZIONE: DAGLI ASILI NIDO ALL'UNIVERSITA'
INVESTIMENTO 1.1: PIANO PER ASILI NIDO E SCUOLE DELL'INFANZIA E SERVIZI DI EDUCAZIONE E CURA PER LA PRIMA INFANZIA



C						
B						
A						
-	MAGGIO 2023	Emisione		EXUP	EXUP	EXUP
REV.	DATA	EMISSIONE/AGGIORNAMENTO	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progetto

REALIZZAZIONE NUOVO POLO PER L'INFANZIA

CUP: G38H22000070006

Livello di progettazione

PROGETTO DEFINITIVO

EXUP

EXUP s.r.l.
via S. Pertini, 12 - 06019 Umbertide (PG)
tel. 075 941 58 71 info@exup.it www.exup.it



UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Socio N.887

oice
ASSOCIATO

Il R.U.P.
Geom. Claudio MARIOTTI

Nome file
23016_Impaginazione definitivo.pln

Commessa
23_016

Scala
/

Elab
d-RE

Oggetto

RELAZIONI
Relazione geotecnica e sulle fondazioni

Tav

07

INDICE

1. OGGETTO	2
2. DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI.....	2
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	3
4. PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE	5
4.1. TIPOLOGIA DI FONDAZIONE	5
4.2. MODELLO DI FONDAZIONE	5
5. VERIFICHE DELLE FONDAZIONI	6
5.1. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE	6
6. RISULTATI DELLE VERIFICHE DELLE FONDAZIONI	8

1. OGGETTO

La presente relazione descrive le opere geotecniche e di fondazione previste nel Progetto Definitivo per la “Realizzazione del nuovo polo per l'infanzia” nel comune di Montone (PG)

2. DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI

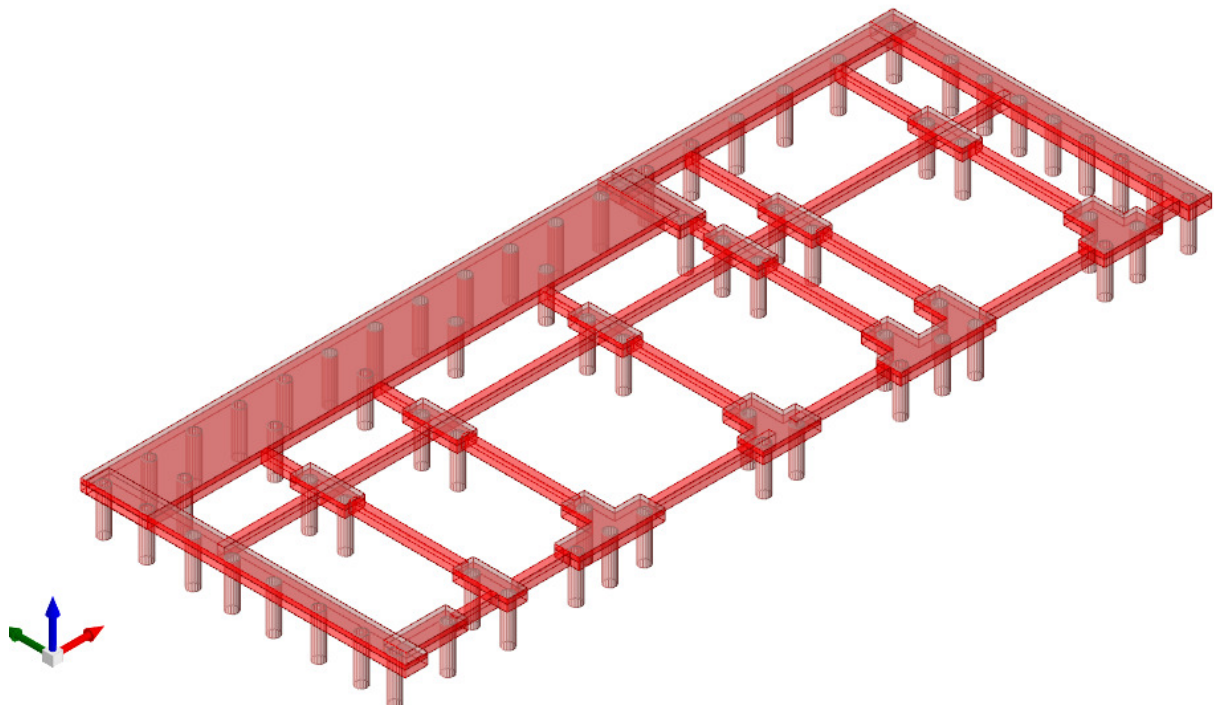
Le fondazioni sono di tipo profonde con pali di lunghezza 9 m e diametro 60 cm.

In corrispondenza dei setti verrà realizzato un plinto di spessore 60 cm e dimensioni in pianta variabili a seconda che si innesti su una coppia di pali o più pali.

Per i setti molto estesi sui 3 lati seminterrati si prevede una fondazione continua 60x90 anch'essa su pali a passo di 2 metri.

Nella zona della rampa è prevista una platea su pali di spessore 60 cm disposti in modo da assorbire i carichi derivanti dal setto che sostiene la rampa.

Tutti i plinti e le platee sono collegate mediante cordoli di collegamento di sezione 40x60.

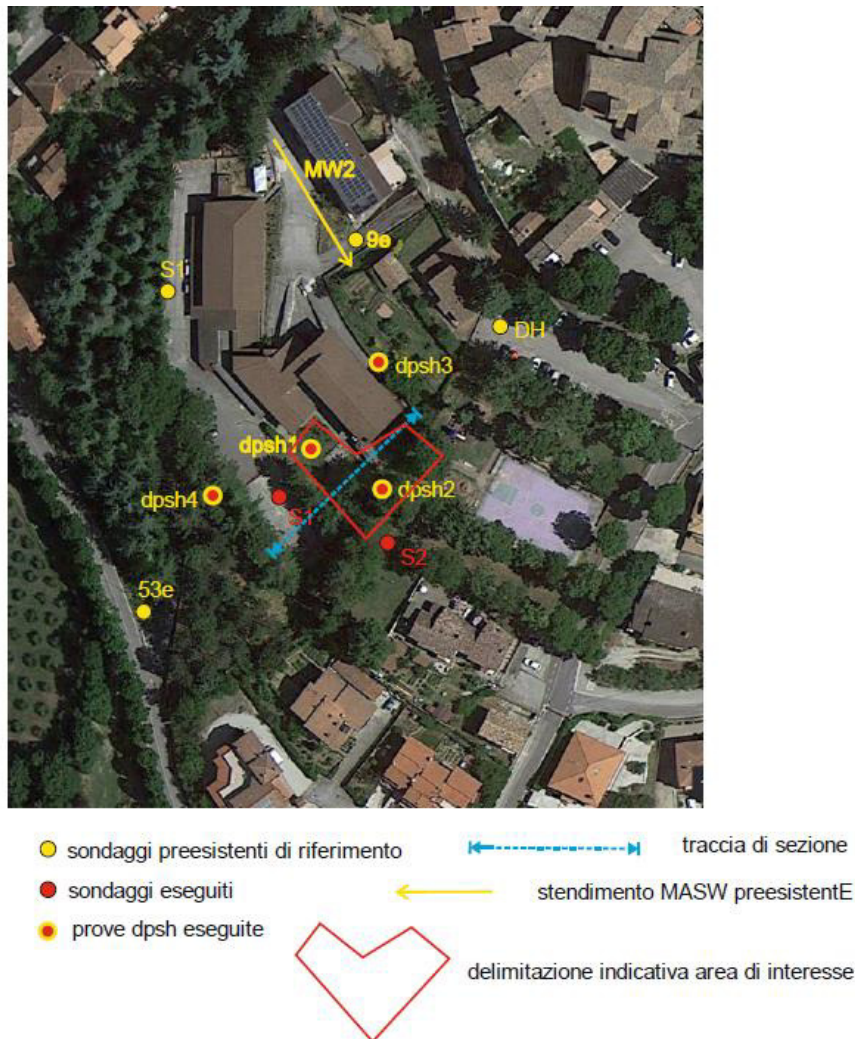


3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

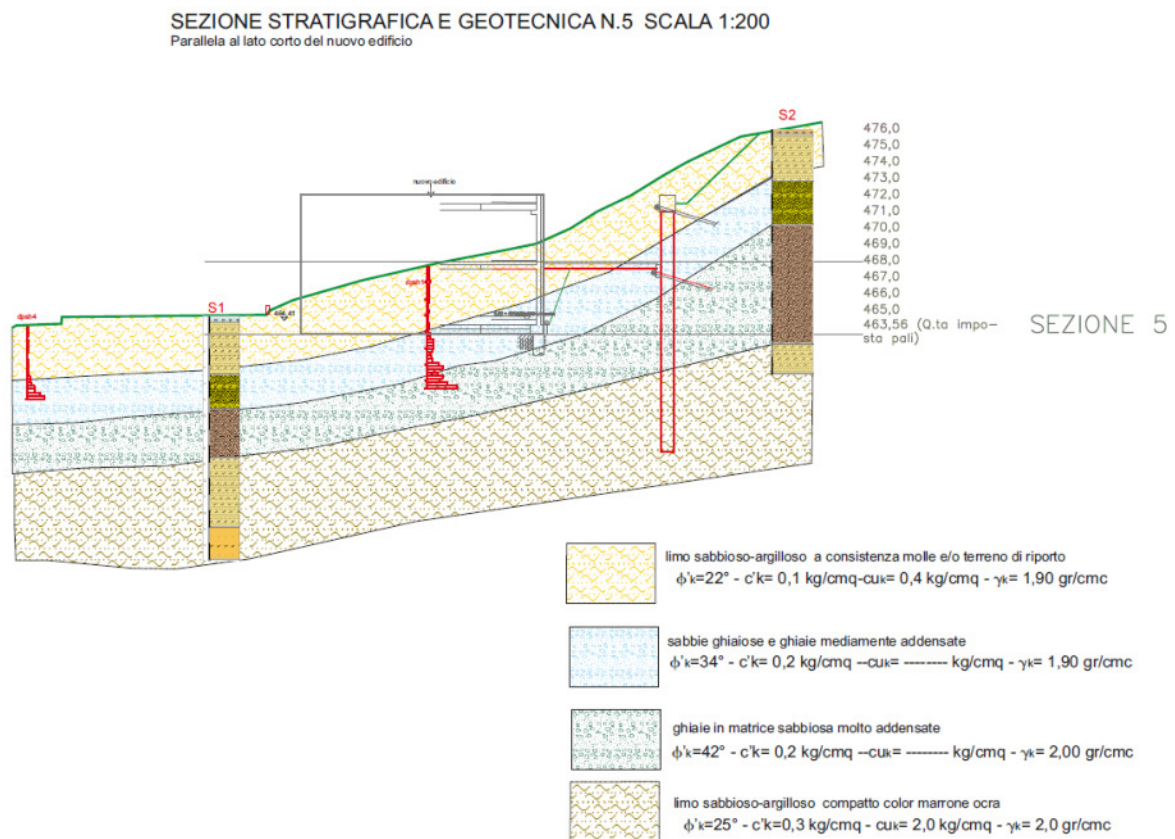
Sulla scorta degli spazi a disposizione e al fine di poter fornire adeguate risposte geologiche alle problematiche progettuali sono state eseguite le indagini:

- un'indagine sismica consistente in n.2 prova tipo MASW (M) e 2 prove tipo HVSR (T);
- Prova Sismica diretta in foro tipo DownHole
- 4 prove penetrometriche tipo DPSH (P)
- 2 Sondaggio a carotaggio continuo, 3 prove SPT e prelievo di un campione con analisi di laboratorio

I sondaggi risultano correlabili con quelli preesistenti realizzati nella stessa zona in occasione di precedenti studi.

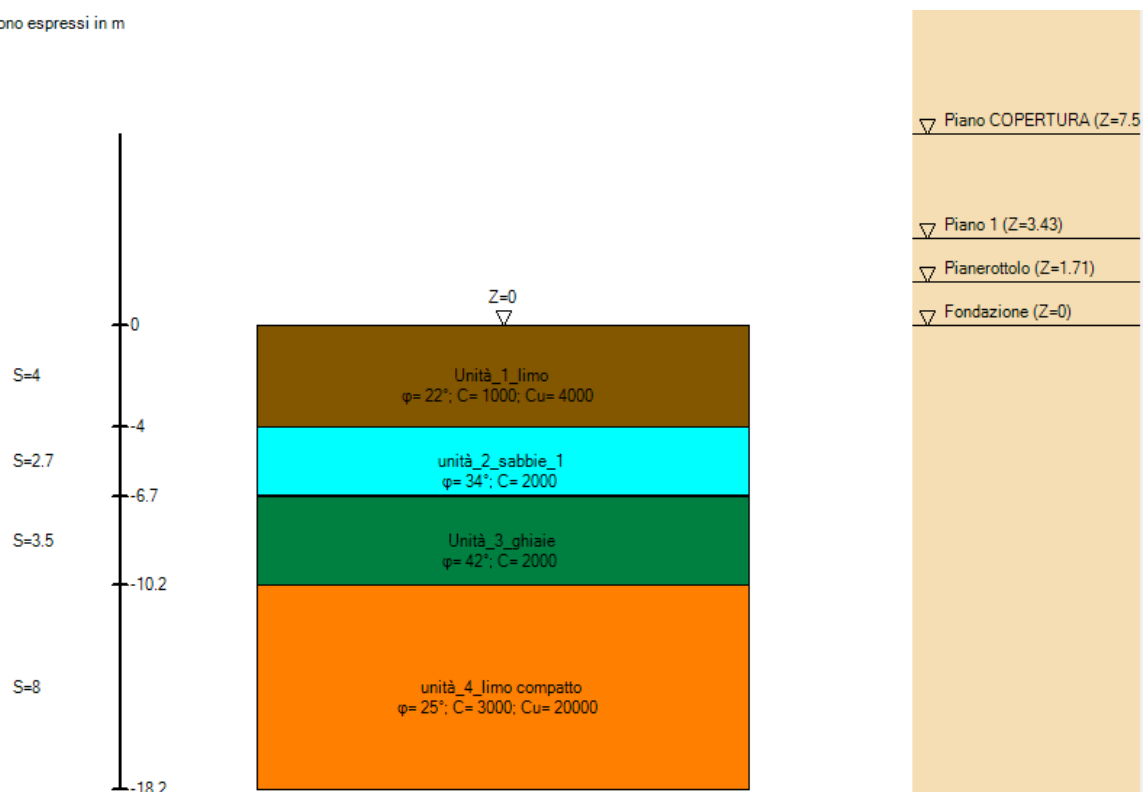


Sulla base delle informazioni disponibili in relazione geologica è stato possibile individuare, per il volume di terreno significativo per la fondazione, una stratigrafia così composta:



Pertanto è stato adottato il seguente modello geotecnico all'interno del codice di calcolo:

I valori sono espressi in m



4. PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE

4.1.TIPOLOGIA DI FONDAZIONE

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali e fondazioni profonde, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidità.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:

Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default)	3[daN/cm ³]
K punta palo (default)	4[daN/cm ³]
Pressione limite punta palo (default)	10[daN/cm ²]

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale	Vesic
Metodo di calcolo della capacità portante	Vesic
Metodo di calcolo della pressione limite punta palo	Vesic

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri:

Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1.25
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	1.7

Da notare che il fattore di correlazione che abbassa la resistenza caratteristica dei pali in funzione delle verticali indagate è stato assunto a favore di sicurezza pari a 1,7, nonostante le verticali indagate siano almeno 5.

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

4.2.MODELLO DI FONDAZIONE

Le travi di fondazione sono modellate tramite uno specifico elemento finito che gestisce il

suolo elastico alla Winkler. Le fondazioni a platea sono modellate con l'inserimento di molle verticali elastiche agenti nei nodi delle mesh.

La normativa per le opere di fondazioni superficiali prevede le seguenti verifiche:

STR raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura.

5. VERIFICHE DELLE FONDAZIONI

5.1.VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

Verifica di capacità portante pali

La verifica di capacità portante del palo viene eseguita raffrontando la portanza di progetto (R_d) con la sollecitazione di progetto (E_d), valutata come sforzo normale agente alla sommità del palo, compreso il peso proprio del palo. La portanza di progetto (R_d) è pari alla portanza verticale calcolata, mediante una formulazione analitica, divisa per opportuni fattori di sicurezza parziali.

La portanza verticale complessiva calcolata è data dalla somma del contributo laterale+punta, o del solo contributo laterale nel caso di palo in trazione.

La **capacità portante laterale** viene calcolata con una formulazione statica, in funzione della coesione e dell'attrito laterale dei terreni incontrati lungo il fusto del palo, valutata nel punto medio di ciascuno strato omogeneo presente. Il valore complessivo laterale è dato dalla sommatoria:

$$P_v = \sum_i (\alpha \cdot c + k_0 \cdot p_v \cdot \tan \varphi) \cdot S_i$$

dove si sono indicati con:

k_0 il coefficiente di spinta a riposo dell'i-esimo terreno della stratigrafia

$p_v = \sum \gamma_i \cdot h_i$, la pressione litostatica verticale efficace nel punto di calcolo

$p_o = k_0 \cdot p_v$, la pressione litostatica orizzontale efficace nel punto di calcolo

c , φ la coesione e l'angolo di attrito interno dell'i-esimo terreno

α il coefficiente di adesione della coesione all'interfaccia terreno-pali (usualmente tra 0.5÷0.8)

D il diametro di perforazione del palo

S_i la superficie laterale dell'i-esimo tratto di calcolo ($\pi \cdot D \cdot h_i$)

La capacità portante di punta del palo viene presa pari al prodotto tra la pressione limite di rottura in punta palo, dichiarata espressamente o calcolata con formule analitiche di letteratura, e l'area della punta del palo. Nei pali in cui si è calcolata la pressione limite con formule analitiche in funzione della stratigrafia sottostante la punta del palo, questa viene calcolata utilizzando la formulazione proposta da Vesic per la capacità portante alla punta dei pali.

Con tale formulazione i fattori di capacità portante sono:

$$N'_q = \frac{3e^{(\pi/2 - \phi)\tan\phi}}{3 - \sin\phi} \cdot \left[\lg\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \right]^2 \cdot I_{rr} \left[\frac{4\sin\phi}{3(1 + \sin\phi)} \right]$$

$$N'_c = (N'_q - 1) \cdot \cot\phi$$

L'indice di rigidezza ridotto I_{rr} tiene conto della deformazione volumetrica ϵ_v raggiunta dal terreno in condizioni prossime alla rottura e riduce l'indice di rigidezza I_r teorico. Secondo la formulazione proposta da Vesic quest'ultimo è pari al rapporto tra modulo di elasticità tangenziale G e resistenza al taglio del terreno (Fondazioni, J.E.Bowles).

$$I_r = \frac{G}{c + q \cdot \tan\phi}$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \epsilon_v \cdot I_r}$$

Il valore di portanza alla punta è quindi:

$$P_{pu} = A_p \cdot [c \cdot N'_c + \eta \cdot q \cdot (N'_q - 1)]$$

dove si sono indicati con:

A_p , l'area della punta del palo

c , ϕ la coesione e l'angolo di attrito interno del terreno sottostante la punta

η , coefficiente indicato da Vesic, dato da: $(1 + 2 \cdot K_0)/3$

q sforzo verticale efficace (pressione geostatica) agente alla profondità della punta

A favore di sicurezza tale formulazione trascura il termine N'_q e considera il peso proprio del palo.

In condizioni non drenate ($c=c_u$ e $\phi=0$) il termine N'_q diventa pari a 1, mentre il termine N'_c viene assunto pari all'usuale valore (9) utilizzato per pali. In tali condizioni la portanza alla punta si semplifica in:

$$P_{pu} = A_p \cdot [9 \cdot c_u]$$

6. RISULTATI DELLE VERIFICHE DELLE FONDAZIONI

Verifiche consuntive pali.

Verifica: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.

Sicurezza minima: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.

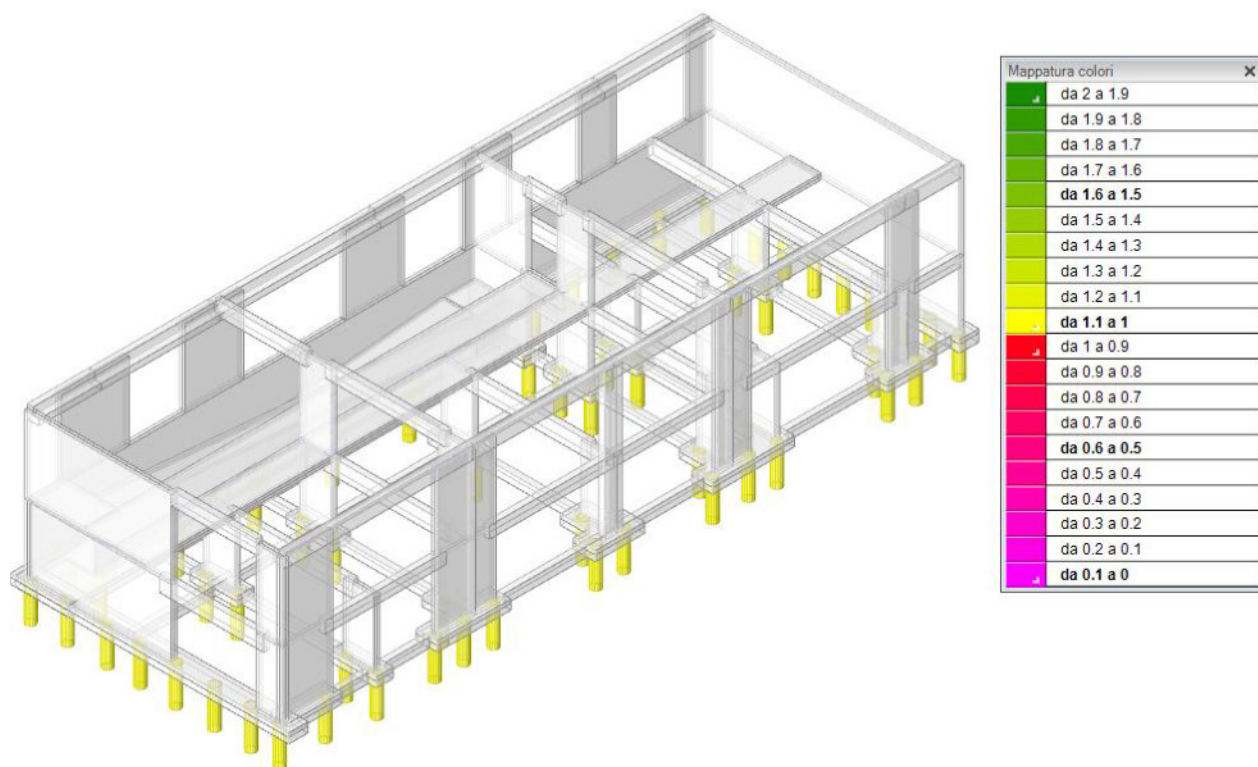
Verifica a flessione: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.

Verifica a taglio: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.

Verifica di portanza: Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per portanza. Il valore è adimensionale.

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio	Verifica di portanza
Default (Trivellato D60 (113.1; 365.8) [cm])	1.029	1.029	1.285	1.676
Default (Trivellato D60 filo 25)	1.17	1.35	1.315	1.17
Default (Trivellato D60 filo 35)	1.202	1.314	1.351	1.202
Default (Trivellato D60 filo 40)	1.239	1.26	1.388	1.239
Default (Trivellato D60 filo 36)	1.141	1.502	1.387	1.141
Default (Trivellato D60 filo 37)	1.077	1.803	1.082	1.077
Default (Trivellato D60 filo 38)	1.115	1.842	1.636	1.115
Default (Trivellato D60 filo 20)	1.193	1.502	1.673	1.193
Default (Trivellato D60 filo 21)	1.226	1.596	1.534	1.226
Default (Trivellato D60 filo 53)	1.158	1.843	1.686	1.158
Default (Trivellato D60 filo 52)	1.115	1.896	1.117	1.115
Default (Trivellato D60 filo 51)	1.041	1.691	1.505	1.041
Default (Trivellato D60 filo 44)	1.123	1.619	1.617	1.123
Default (Trivellato D60 filo 54)	1.097	1.625	1.629	1.097
Default (Trivellato D60 filo 59)	1.183	1.669	1.66	1.183
Default (Trivellato D60 filo 73)	1.247	1.641	1.755	1.247
Default (Trivellato D60 filo 82)	1.381	1.576	1.752	1.381
Default (Trivellato D60 filo 83)	1.319	1.647	1.776	1.319
Default (Trivellato D60 filo 68)	1.158	1.816	1.777	1.158
Default (Trivellato D60 filo 84)	1.195	1.772	1.745	1.195
Default (Trivellato D60 filo 69)	1.332	1.716	1.738	1.332
Default (Trivellato D60 filo 85)	1.211	1.667	1.748	1.211
Default (Trivellato D60 filo 70)	1.385	1.625	1.736	1.385
Default (Trivellato D60 filo 71)	1.422	1.583	1.727	1.422
Default (Trivellato D60 filo 91)	1.276	1.842	1.752	1.276
Default (Trivellato D60 filo 104)	1.357	1.766	1.751	1.357
Default (Trivellato D60 filo 101)	1.28	1.798	1.773	1.28
Default (Trivellato D60 filo 102)	1.199	1.733	1.748	1.199
Default (Trivellato D60 filo 103)	1.23	1.655	1.755	1.23
Default (Trivellato D60 filo 13)	1.084	1.084	1.353	1.443
Default (Trivellato D60 filo 14)	1.268	1.268	1.378	1.343
Default (Trivellato D60 filo 11)	1.041	1.041	1.3	1.478
Default (Trivellato D60 filo 81)	1.453	1.453	1.714	1.498
Default (Trivellato D60 filo 87)	1.425	1.425	1.721	1.513
Default (Trivellato D60 filo 89)	1.391	1.391	1.726	1.489
Default (Trivellato D60 filo 99)	1.348	1.348	1.729	1.452
Default (Trivellato D60 filo 110)	1.327	1.327	1.728	1.507
Default (Trivellato D60 (3611.3; 1067.6) [cm])	1.402	1.402	1.75	1.751
Default (Trivellato D60 (3611.3; 917.6) [cm])	1.46	1.46	1.749	1.94
Default (Trivellato D60 filo 108)	1.549	1.549	1.743	1.947
Default (Trivellato D60 (3608.1; 611.7) [cm])	1.625	1.625	1.828	1.899
Default (Trivellato D60 (3608.1; 461.7) [cm])	1.677	1.677	1.812	1.884
Default (Trivellato D60 (3608.1; 311.7) [cm])	1.703	1.703	1.793	1.753
Default (Trivellato D60 (3608.1; 161.7) [cm])	1.555	1.726	1.772	1.555
Default (Trivellato D60 filo 109)	1.435	1.702	1.749	1.435
Default (Trivellato D60 filo 60)	1.392	1.593	1.647	1.392
Default (Trivellato D60 (2113.1; 1317.6) [cm])	1.39	1.604	1.647	1.39
Default (Trivellato D60 filo 55)	1.393	1.612	1.647	1.393
Default (Trivellato D60 (1913.1; 1159.7) [cm])	1.376	1.691	1.665	1.376
Default (Trivellato D60 filo 43)	1.388	1.722	1.647	1.388
Default (Trivellato D60 (1513.1; 1159.7) [cm])	1.376	1.745	1.666	1.376
Default (Trivellato D60 (1513.1; 1317.6) [cm])	1.378	1.667	1.648	1.378
Default (Trivellato D60 (1313.1; 1317.6) [cm])	1.306	1.599	1.648	1.306
Default (Trivellato D60 filo 34)	1.229	1.53	1.634	1.229
Default (Trivellato D60 (1113.1; 1159.7) [cm])	1.352	1.678	1.65	1.352
Default (Trivellato D60 filo 26)	1.153	1.458	1.581	1.153
Default (Trivellato D60 (713.1; 1317.6) [cm])	1.073	1.349	1.529	1.073
Default (Trivellato D60 (713.1; 1159.7) [cm])	1.328	1.507	1.551	1.328
Default (Trivellato D60 (113.1; 1127.6) [cm])	1.237	1.237	1.358	1.263
Default (Trivellato D60 filo 9)	1.244	1.337	1.432	1.244

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio	Verifica di portanza
Default (Trivellato D60 (113.1; 922) [cm])	1.231	1.231	1.354	1.359
Default (Trivellato D60 filo 2)	1.224	1.224	1.264	1.744
Default (Trivellato D60 filo 1)	1.145	1.145	1.246	1.534
Default (Trivellato D60 (2513.1; 1317.6) [cm])	1.427	1.476	1.563	1.427



Coefficienti di sicurezza minimi pali