



Comune di Montepandone

**P.N.R.R. Missione 4 – Istruzione e Ricerca – Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università –  
Investimento 1.2: Piano di estensione del tempo pieno e mense.  
AMPLIAMENTO MENSA SCOLASTICA PRESSO SCUOLA DI INFANZIA COLLE GIOIOSO**

ELABORATO TECNICO

RT\_RELAZIONI TECNICHE

**RT  
007**

Relazione geotecnica e sulle fondazioni

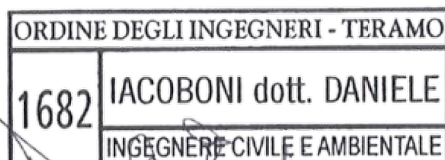
## PROGETTAZIONE

**Ing. Daniele Iacoboni**

Via Dante Alighieri 4 - 64011 Alba Adriatica (TE)

e-mail: iacobonidaniele@gmail.com

PEC: daniele.iacoboni@ingte.it



*Daniele Iacoboni*

## COMMITTENTE

**Comune di Montepandone**

Piazza dell'Aquila, 1 - 63076 Montepandone AP

Partita IVA: 00376950440

Il R.U.P. Geom. Pino Cori.....

AGGIORNAMENTO

DATA

DESCRIZIONE

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

0

Gennaio 2023

Emissione

D.I.

D.I.

D.I.

1

Marzo 2023

Revisione

D.I.

D.I.

D.I.

## 1 Sommario

2	Premessa e scopo del documento.....	2
3	Descrizione dell'opera .....	2
4	Materiali .....	2
4.1	Acqua .....	2
4.2	Calcestruzzo .....	2
5	Descrizione dello studio effettuato .....	4
6	Normative di riferimento.....	7
7	Descrizione della litologia e parametrizzazione geotecnica.....	7
7.1	Classificazione del suolo .....	12
7.2	Classificazione topografica .....	14
7.3	Definizione dell'azione sismica.....	14
7.4	Condizioni e combinazioni di carico .....	15
7.5	Condizioni e combinazioni di carico .....	16
7.5.1	Condizioni di carico definite: .....	16
7.5.2	Combinazioni agli Stati Limite Ultimi.....	17
7.5.3	Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio.....	18
7.5.4	Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio .....	19
7.5.5	Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio .....	19
8	Verifiche geotecniche agli stati limite ultimo .....	20
8.1	Assunzioni del software.....	20
8.1.1	Verifiche in condizioni drenate.....	23

## 2 Premessa e scopo del documento

La presente relazione geotecnica e sulle è parte integrante del progetto di “ampliamento mensa scolastica presso scuola di infanzia colle gioioso” e ne riporta lo sviluppo dei calcoli eseguiti per il dimensionamento geotecnico delle fondazioni.

La struttura in esame sarà ubicata in via colle gioioso, 1, nella frazione Centobuchi del comune di Montepandone (AP) e verrà realizzata sul lato nord della scuola primaria in adiacenza alla stessa sul lato nord della presente cucina. Le due strutture saranno indipendenti ed opportunamente giuntate.

## 3 Descrizione dell'opera

Il documento riporta dunque le risultanze delle verifiche geotecniche della sottostruttura di fondazione composta da una platea dello spessore di 50 cm fondata alla quota di -1.50 m (quota di imposta delle fondazioni della struttura esistente).

## 4 Materiali

Ai sensi dell'art. 65 comma3, lett. b D.P.R. 380/2001 si prescrivono le seguenti caratteristiche dei materiali in progetto.

### 4.1 Acqua

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva.

### 4.2 Calcestruzzo

Calcestruzzo classe XC3 (in accordo con la UNI 206:2021) per gli elementi strutturali della sovrastruttura.

- Massimo rapporto a/c: 0.55
- Classe di resistenza: C32/40
- Minimo contenuto in cemento: 280 kg/m<sup>3</sup>
- Copriferro: 4 cm
- Diametro massimo aggregati: 25 mm.

Calcestruzzo classe XC2 (in accordo con la UNI 206:2021) per la platea di fondazione.

- Massimo rapporto a/c: 0.60
- Classe di resistenza: C25/30
- Minimo contenuto in cemento: 280 kg/m<sup>3</sup>
- Copriferro: 4 cm
- Diametro massimo aggregati: 25 mm.

Calcestruzzo classe XC4 (in accordo con la UNI 206:2021) gli sbalzi del primo piano.

- Massimo rapporto a/c: 0.50
- Classe di resistenza: C32/40
- Minimo contenuto in cemento: 300 kg/m<sup>3</sup>
- Copriferro: 4 cm
- Diametro massimo aggregati: 25 mm.

L'acciaio da calcestruzzo armato con il quale si armeranno i getti in c.a. dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Acciaio B450C

$f_{yk}$ : 450 MPa

$f_{tk}$ : 540 MPa

Copriferro 4 cm.

## 5 Descrizione dello studio effettuato

Sono stati realizzati due modelli agli elementi finiti FEM, rispettivamente per la sovrastruttura e per la sottostruttura di fondazione.

Per quanto concerne la sovrastruttura lo studio è stato effettuato attraverso un'analisi dinamica con condensazione di piano, in cui sono stati considerati, oltre ai carichi permanenti strutturali e non strutturali, le azioni governate dall'uomo, il vento, il carico da neve e l'azione sismica.

Il calcolo è stato condotto con l'ausilio di un modello agli elementi finiti realizzato con il programma di calcolo *Winstrand* della casa produttrice *En.Ex.Sys* (Versione 2022 – 063).

Gli elementi strutturali sono stati modellati come:

- elementi beam: travi e pilastri;
- elementi shell: setti del vano ascensore, sbalzi e platea.

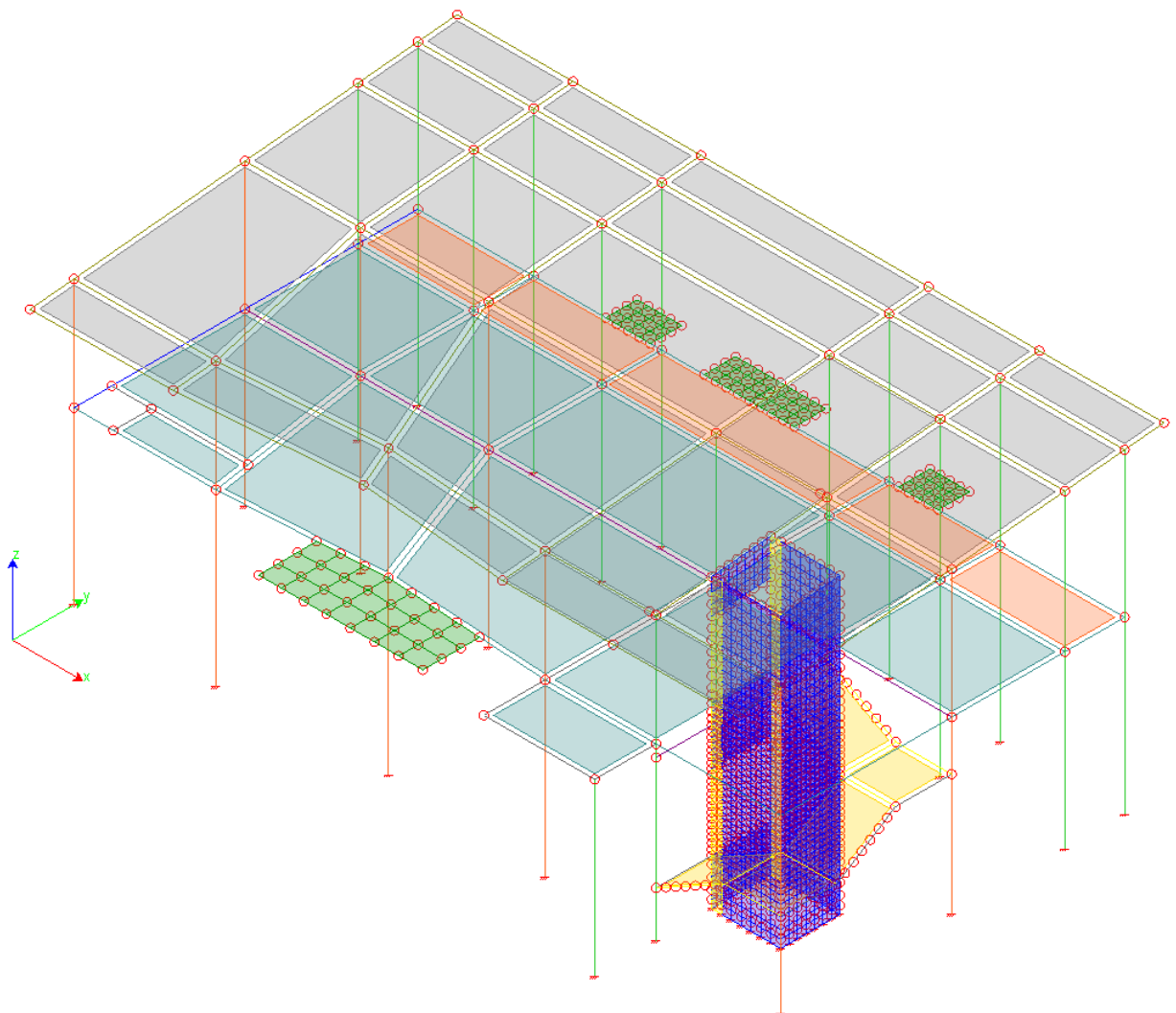
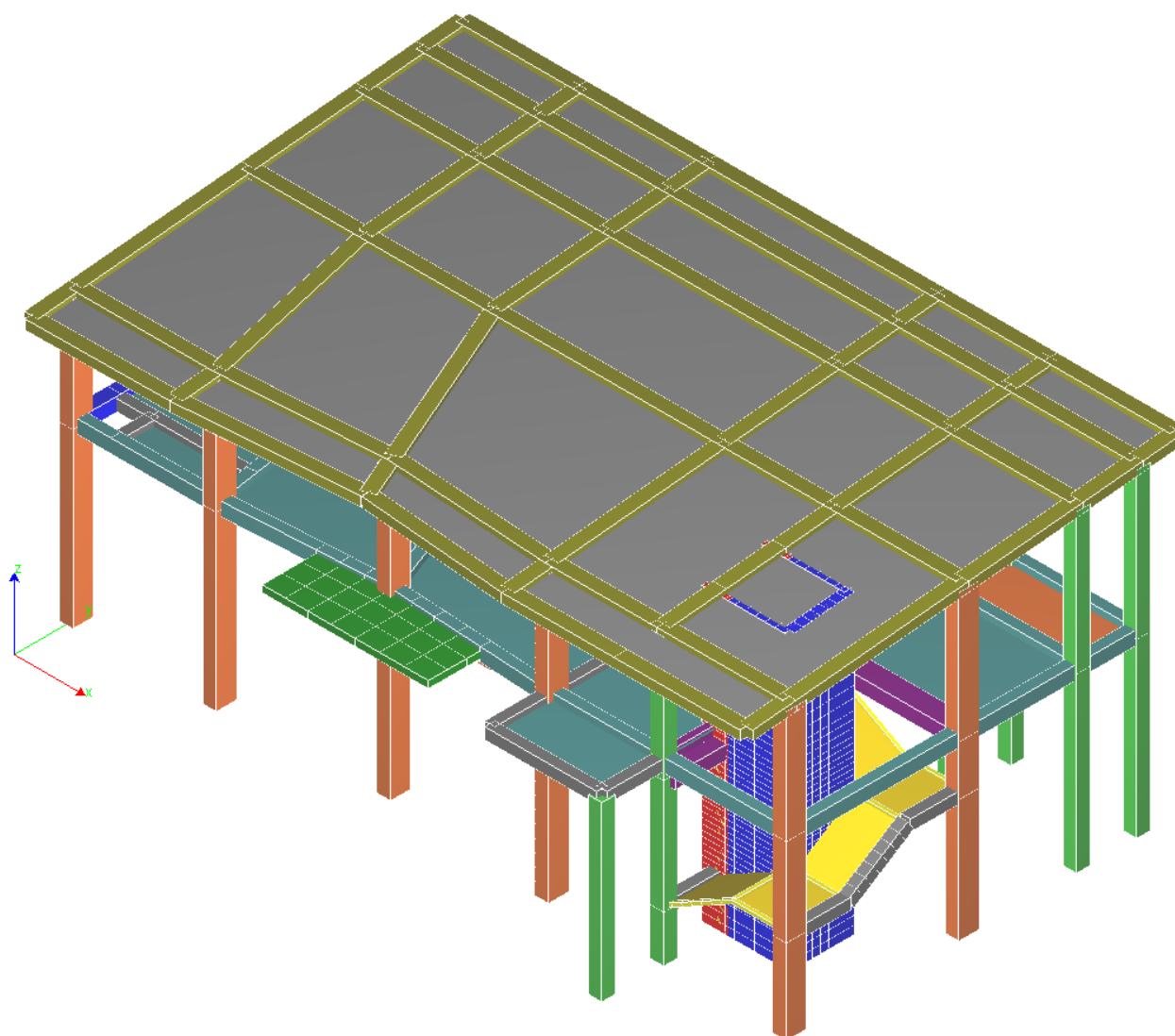


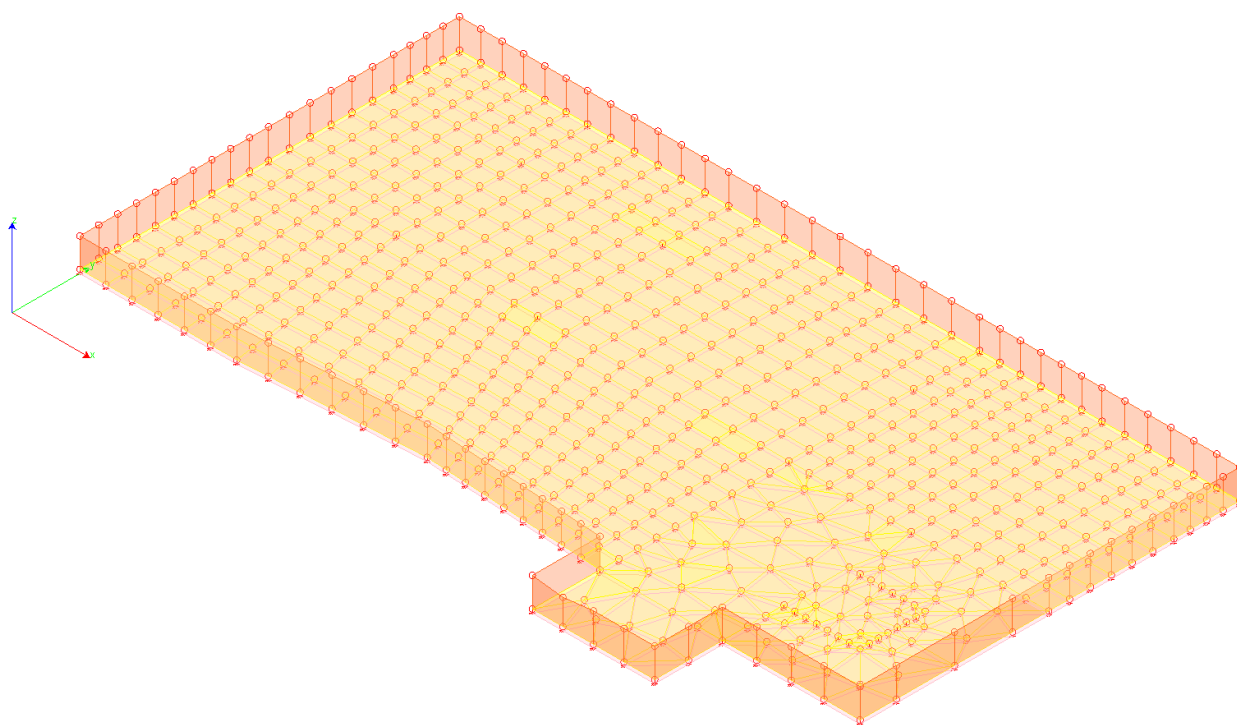
Figura 1: modello 3D della sovrastruttura



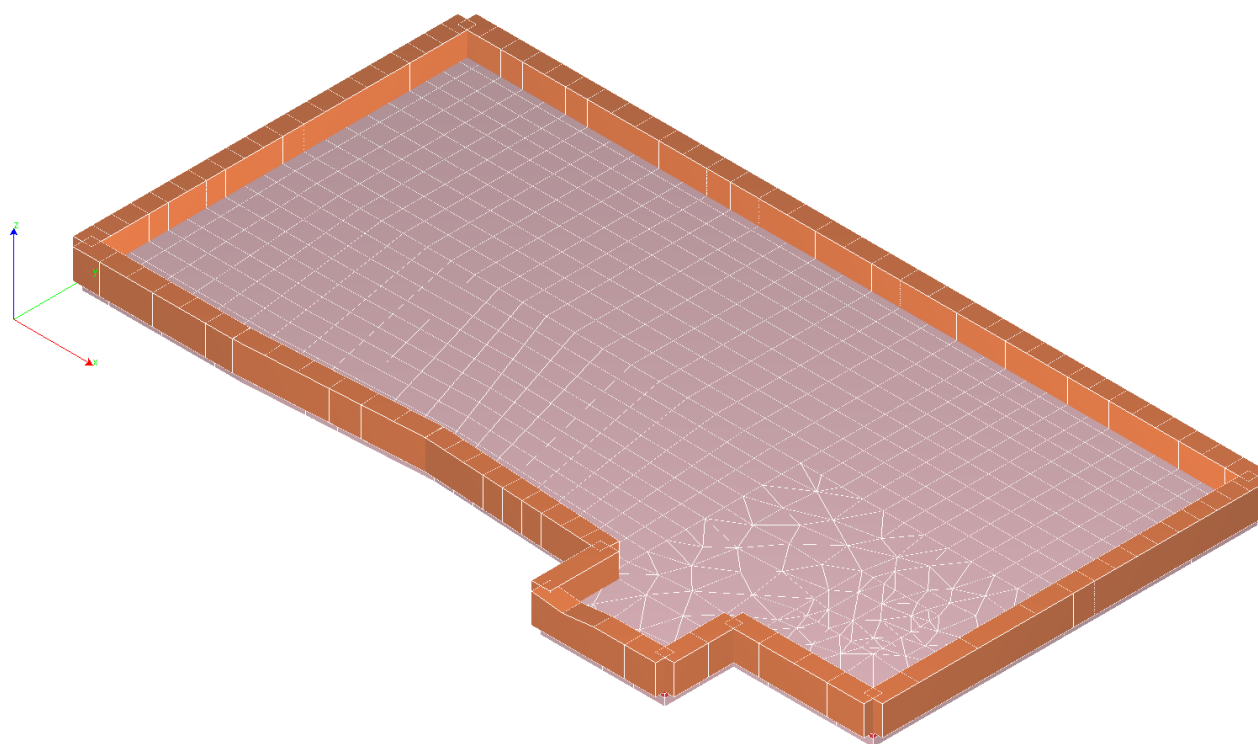
*Figura 2: modello solido 3D della sovrastruttura*

La fondazione è stata studiata mediante un modello agli elementi finiti FEM distinto dalla sovrastruttura.

Le sollecitazioni considerate sono derivanti dal modello di quest'ultima ed appositamente combinata con i carichi gravanti direttamente su di essa secondo un'analisi statica equivalente.



*Figura 3: modello FEM della sottostruttura*



*Figura 4: modello solido 3D della sottostruttura*

## 6 Normative di riferimento

Le normative e la documentazione di cui si fanno riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione sono:

- *D.M. del 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»"*
- *Circolare del 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"*

## 7 Descrizione della litologia e parametrizzazione geotecnica

Come descritto dal dott. Geol. Paolo Bastiani, nella relazione geologica, il sito in esame è al bacino marino periadriatico marchigiano–abruzzese, che nel corso del Plio-Pleistocene ha subito un graduale colmamento per opera di depositi torbiditici di provenienza occidentale. Il generale fenomeno di sollevamento, che ha raggiunto la sua fase culminante a partire dal Pleistocene inferiore, ha determinato l'innalzamento dei suddetti depositi fino a qualche centinaio di metri sul livello del mare. L'innalzamento tettonico ha dato luogo alla formazione di strutture plicative aventi vergenza Nord-orientale, in modo tale da assumere l'aspetto di una blanda monoclinale con inclinazione degli strati variabile dagli 8°, nelle zone più interne, fino alla sub-orizzontalità in prossimità della costa. Il suddetto motivo strutturale è talvolta interrotto dalla presenza di faglie di età pleistocenica, con componente del movimento perlopiù normale, per le quali talune volte è ancora riscontrabile uno stato di attività. E' importante evidenziare che l'area oggetto di studio non è interessata dalla presenza di faglie e che le litologie di cui alla sequenza sopra descritta sono in zona rappresentate dalle argille di base che aprono appunto la sequenza negativa dei litotipi che colmano il bacino. Tali depositi sono poi variamente ricoperti da una coltre di sedimenti alluvionali, depositatisi a partire dal Pleistocene inf. a seguito dell'intensa attività tettonica che ha determinato un notevole aumento dell'energia di rilievo, nonché a seguito dell'alternarsi di fasi climatiche fredde a fasi climatiche calde.

Tutto ciò ha dato luogo alla formazione del tipico terrazzamento fluviale, ampiamente osservabile in sinistra orografica del Fiume Tronto dove il sito oggetto di studio è topograficamente ubicato.

In linea generale la successione litologica tipo dell'area è costituita dal basso verso l'alto, da:

Argille: depositi argillosi-marnosi-siltosi grigio bluastrì di ambiente di piattaforma, intercalati a sottili livelli di sabbia giallastra;

Depositi terrazzati del Fiume Tronto: questa unità interessa il sito in studio ed è caratterizzata da terreni a granulometria mista da limi sabbiosi e argillosi a sabbie e ghiaie in alternanza.

Depositi eluvio colluviali: questa unità è di ricoprimento del terrazzo e della formazione argillosa e si presenta granulometricamente varia a seconda delle unità di alterazione presenti in sito. Possono dunque



variare da limi sabbiosi a ghiaie e sabbie in prossimità degli antichi terrazzi alluvionali del Fiume Tronto a terreni più limoso sabbiosi e limoso argillosi verso il basso in prossimità della formazione argillosa.

Dal punto di vista idrogeologico, a seguito delle indagini effettuate in sito non è stata intercettata nessuna falda. Il terreno può presentare variazioni in umidità a seguito delle precipitazioni locali e della filtrazione verso il basso. La variazione del contenuto in acqua e della plasticizzazione del terreno di riporto nonché di quello in posto, interessa una porzione limitata di sezione superficiale che non va oltre ai 2.00m al di sotto di quello naturale.

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche è stata sviluppata una campagna di indagini come di seguito descritta:

- Indagini reperite realizzate su un lotto adiacente e datate settembre 2018, consistite in n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH, per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno, e n. 3 prove sismiche, per l'individuazione delle unità sismostratigrafiche, la velocità delle onde P ed S e le frequenze caratteristiche del terreno;
- indagini di nuova realizzazione all'interno del lotto in analisi e datate novembre 2022, consistite in n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH, n. 1 prova sismica tipo masw e n. 1 prova sismica tipo hvrs.

Si evince che i parametri geotecnici sono:

### R: Riporto costituito prevalentemente da limi argilloso sabbiosi

$\gamma_{nat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c'$ (kg/cmq)	$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1.74	1.88	16	0.025	0.29	46.5	28.45

Valori	max	min	med
$\gamma_{nat}$ (t/m <sup>3</sup> )	1.74	1.74	<b>1.74</b>
$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	1.88	1.88	<b>1.88</b>
$\phi$ (°)	16	16	<b>16.00</b>
$D_r$ (%)	-	-	-
$c'$ (kg/cmq)	0.025	0.025	<b>0.03</b>
$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.29	0.29	<b>0.29</b>
$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	46.5	46.5	<b>46.50</b>
$E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	28.45	28.45	<b>28.45</b>

### LAsup: limo argilloso sabbioso superficiale

$\gamma_{nat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c'$ (kg/cmq)	$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1.97	2.17	19.5	0.065	0.68	144.67	61.85
1.84	1.89	17	0.045	0.49	56.54	30.69

Valori	max	min	med
$\gamma_{nat}$ (t/m <sup>3</sup> )	1.97	1.84	<b>1.91</b>
$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	2.17	1.89	<b>2.03</b>
$\phi$ (°)	19.5	17	<b>18.25</b>
$D_r$ (%)	-	-	-
$c'$ (kg/cmq)	0.065	0.045	<b>0.06</b>
$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.68	0.49	<b>0.59</b>
$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	144.67	56.54	<b>100.61</b>
$E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	61.85	30.69	<b>46.27</b>

### LS: limo sabbioso e limo sabbioso con livelli ghiaiosi

$\gamma$ nat (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ sat (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (kg/cm <sup>2</sup> )
1.89	1.90	29.25	-	-	78.6	-
2.00	2.20	30.18	-	-	111.4	-
1.93	2.12	29.5	-	-	129.14	-
2.03	2.23	30.62	-	-	174.11	-
1.96	2.16	29.76	-	-	90.81	-
2.05	2.15	30.99	-	-	140.37	-

Valori	max	min	med
$\gamma$ nat (t/m <sup>3</sup> )	2.03	1.89	<b>1.98</b>
$\gamma$ sat (t/m <sup>3</sup> )	2.23	1.90	<b>2.13</b>
$\phi$ (°)	30.62	29.25	<b>30.05</b>
Dr (%)	-	-	-
c' (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-
E (kg/cm <sup>2</sup> )	174.11	78.6	<b>120.74</b>
Ed (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-

### LA: limo argilloso e limo argilloso con livelli ghiaiosi

$\gamma$ nat (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ sat (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (kg/cm <sup>2</sup> )
2.03	2.23	21	0.085	0.85	126.4	77.33
2.09	2.30	25	0.15	1.17	172.7	105.66
2.08	2.29	24	0.11	1.09	214.36	98.93
2.08	2.29	24	0.11	1.16	163.14	73.22

Valori	max	min	med
$\gamma$ nat (t/m <sup>3</sup> )	2.09	2.03	<b>2.07</b>
$\gamma$ sat (t/m <sup>3</sup> )	2.30	2.23	<b>2.28</b>
$\phi$ (°)	25	21	<b>23.50</b>
Dr (%)	-	-	-
c' (kg/cm <sup>2</sup> )	0.15	0.09	<b>0.11</b>
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1.17	0.85	<b>1.07</b>
E (kg/cm <sup>2</sup> )	214.36	126.64	<b>169.15</b>
Ed (kg/cm <sup>2</sup> )	105.66	61.85	<b>88.79</b>

GS: ghiaia in matrice limoso sabbiosa						
$\gamma_{nat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c'$ (kg/cmq)	$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
2.14	2.24	35.61	-	-	177.81	-

Valori	max	min	med
$\gamma_{nat}$ (t/m <sup>3</sup> )	2.14	2.14	<b>2.14</b>
$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	2.24	2.24	<b>2.24</b>
$\phi$ (°)	35.61	35.61	<b>35.61</b>
$D_r$ (%)	-	-	-
$c'$ (kg/cmq)	-	-	-
$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-
$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	177.81	177.81	<b>177.81</b>
$E_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-

Si considera il piano di posa della fondazione a -1.50 m della quota dell'asfalto, medesima condizione delle fondazioni della struttura esistente, in prossimità dell'interfaccia che separa gli strati individuati con le sigle "LAsup" ed "LS".

Nel modello strutturale sono stati considerati i parametri minimi dello strato inferiore.

Si ritiene di fatto che, un opportuno costipamento del piano di posa delle fondazioni consenta di considerare gli stessi parametri geotecnici che sono stati individuati nello strato di limo sabbioso e limo sabbioso con livelli ghiaiosi.

## 7.1 Classificazione del suolo

Il sito è classificato sulla base del valore di  $V_{seq}$  come riportato nella seguente tabella:

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 5: tab. 3.2.II NTC2018

Per la definizione del  $V_{seq}$  si è fatto riferimento a n. 3 prove sismiche combinate, di cui una a rifrazione, una tipo masw e una tipo hvrs, datate sett. 2018 e n. 2 prove sismiche combinate di cui una masw e una hvrs, datate novembre 2022.

Le prime (settembre 2018) hanno fornito un profilo di velocità delle onde sismiche così come di seguito riportato in tabella e nel grafico.

n.	Profondità [m]	Spessore[m]	$V_p$ [m/sec]	$V_s$ [m/sec]
1	3.01	3.01	357.4	218.9
2	8.97	5.96	536.2	328.4
3	15.67	6.70	643.0	393.7
4	21.92	6.25	881.9	540.0
5	29.28	7.36	991.6	607.3
6	∞	∞	1158.7	709.6

Figura 6: risultato prove sismiche -settembre 2018

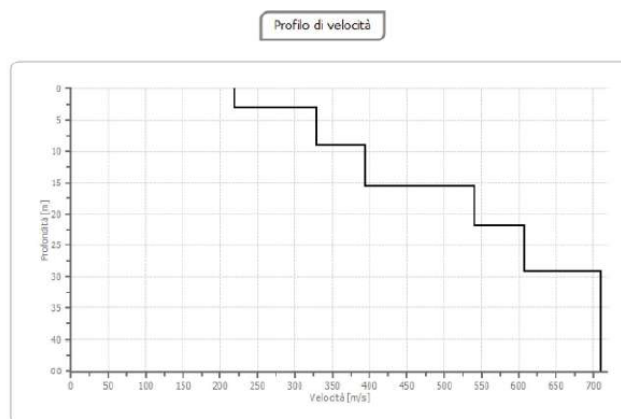


Figura 7: profilo della velocità verticale della VS

L'analisi della rifrazione e della masw, insieme alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica ottenuta dalle indagini geognostiche, ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro VSeq, risultato per il modello medio pari a 407.50 m/s (considerando come riferimento il piano campagna). Rispetto alla Tab. 3.2.II – del D.M. 17/01/18 il sito in esame rientra nella categoria “B”.

Le seconde (novembre 2022) hanno fornito un profilo di velocità delle onde sismiche così come di seguito riportato nei grafici.

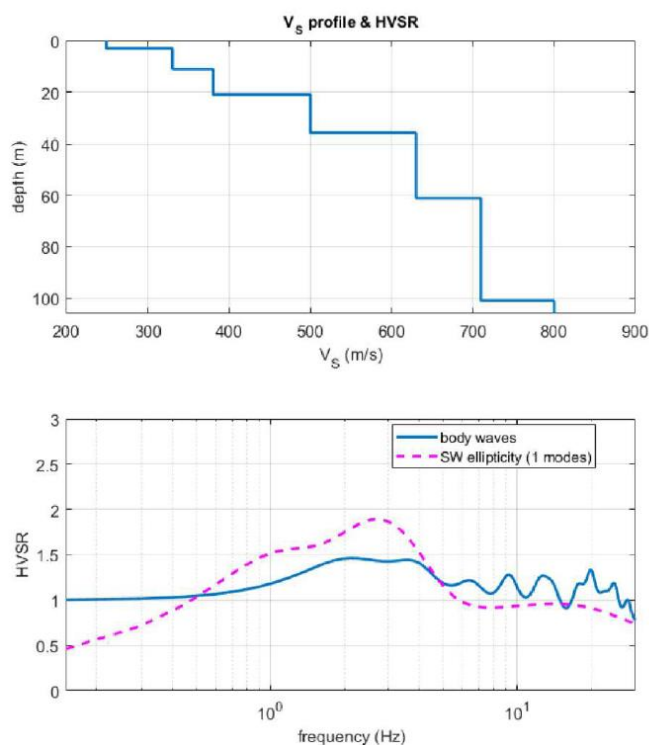


Figura 8: profilo della velocità verticale della VS - novembre 2022

L'analisi della masw, insieme alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica ottenuta dalle indagini geognostiche, ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro

VSeq, risultato per il modello medio pari a 372 m/s (considerando come riferimento il piano campagna). Rispetto alla Tab. 3.2.II – del D.M. 17/01/18 il sito in esame rientra nella categoria “B”.

## 7.2 Classificazione topografica

La categoria topografica del sito viene definita secondo la classificazione della Tab. 3.2.IV del D.M. 17/01/18 ed appartiene alla categoria “T1”, ossia “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ ”

## 7.3 Definizione dell’azione sismica

Dato che l’intervento in oggetto interessa un’opera pubblica ritenuta sensibile ai fini della sicurezza sismica, oltre ad una valutazione semplificata degli spettri, secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.2 ed in Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si è effettuato anche un approfondimento specifico attraverso uno studio di RSL locale.

Lo studio di RSL viene svolto considerando l’opera come appartenente alla Classe III: *“Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso”*. Coefficiente d’uso ( $C_u$ ) di 1.5 e vita nominale ( $V_N$ ) di 50 anni.

Si rimanda alla relazione geologica del dott. Geol. Paolo Bastiani per la consultazione dei risultati dello studio della RSL.

Si chiarisce comunque che l’azione sismica, considerando i risultati di tale studio, risulta più gravosa rispetto a quanto stimabile nelle modalità previste dalle norme tecniche e per questo è stata presa in considerazione nel modello di calcolo.

## 7.4 Condizioni e combinazioni di carico

### 7.4.1.1.1 Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura **n** condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in **m** direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad **n + m** condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le **n + m** condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione **i-esima** secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione **j-esima** ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione **i-esima**.
- Le prime **n** condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da **n + 1** a **n + m**.

La platea è stata studiata tramite un modello agli elementi finiti, composta nello specifico da elementi mesh vincolati a terra come vincolo di fondazione su un terreno così rappresentato:

	Terreno numero	Kt (Costante di sottofondo) [N/mm <sup>3</sup> ]	E [MPa]	v
1	1	0,01	10,0	0,320

La fondazione è stata studiata mediante un modello agli elementi finiti FEM distinto dalla sovrastruttura.

Le sollecitazioni considerate sono derivanti dal modello di quest'ultima ed appositamente combinata con i carichi gravanti direttamente su di essa secondo un'analisi statica equivalente.

Per le condizioni e le combinazioni di carico relative alla sovrastruttura si veda l'elaborato "RT05 – Relazione di calcolo strutturale".

Le condizioni aggiuntive considerate sono le seguenti:

- condizione n.33. Peso proprio strutturale: calcolato automaticamente dal software
- condizione n.34. Peso proprio non strutturale definito: si sommano in questa condizione, il peso del solaio gravante sulla platea, oltre che alle tamponature esterne.



- Condizione n.35. Peso proprio non strutturale non definito: peso delle tamponature stimato in accordo al cap. 3.1.3 delle NTC2018.
- Condizione n.36. Sovraccarico di categoria C1 come indicato nella tab. 3.1.II delle NTC2018.

Quest'ultimi carichi, come già specificato sono stati opportunamente combinati con le condizioni di carico derivanti dal modello della sovrastruttura. Di seguito si riportano le combinazioni considerate.

## 7.5 Condizioni e combinazioni di carico

### 7.5.1 Condizioni di carico definite:

Condizione	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

Condizione	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	PPS
34	PPNS definito
35	PPNS non definito
36	sovraccarico cat. C1

#### 7.5.2 Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero	
1	SLU 1
2	SLU 2
3	SLU 3
4	SLU 4
5	SLU 5
6	SLV 6
7	SLV 7
8	SLV 8
9	SLV 9
10	SLV 10
11	SLV 11
12	SLV 12
13	SLV 13
14	SLV 14
15	SLV 15
16	SLV 16
17	SLV 17
18	SLV 18
19	SLV 19
20	SLV 20

Combinazione di carico numero	
21	SLV 20

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	33	34	35	36
1	1																					1.3	1.3	1.5	1.5
2		1																				1.3	1.3	1.5	1.5
3			1																			1.3	1.3	1.5	1.5
4				1																		1.3	1.3	1.5	1.5
5					1																	1.3	1.3	1.5	1.5
6						1																1	1	1	0.6
7							1															1	1	1	0.6
8								1														1	1	1	0.6
9									1													1	1	1	0.6
10										1												1	1	1	0.6
11											1											1	1	1	0.6
12												1										1	1	1	0.6
13													1									1	1	1	0.6
14														1								1	1	1	0.6
15															1							1	1	1	0.6
16																1						1	1	1	0.6
17																	1					1	1	1	0.6
18																		1				1	1	1	0.6
19																			1			1	1	1	0.6
20																				1		1	1	1	0.6
21																					1	1	1	1	0.6

### 7.5.3 Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
22	SLER 1
23	SLER 2
24	SLER 3
25	SLER 4
26	SLER 5

Comb.\Cond	22	23	24	25	26	33	34	35	36
22	1					1	1	1	1
23		1				1	1	1	1

24			1			1	1	1	1
25				1		1	1	1	1
26					1	1	1	1	1

#### 7.5.4 Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero									
27	SLEF 1								
28	SLEF 2								
29	SLEF 3								
30	SLEF 4								
31	SLEF 5								
Comb.\Cond	27	28	29	30	31	33	34	35	36
27	1					1	1	1	0.7
28		1				1	1	1	0.7
29			1			1	1	1	0.7
30				1		1	1	1	0.7
31					1	1	1	1	0.7

#### 7.5.5 Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero					
32	SLEQP 1				
Comb.\Cond	32	33	34	35	36
32	1	1	1	1	0.6

## 8 Verifiche geotecniche agli stati limite ultimo

### 8.1 Assunzioni del software

Le teorie classiche per la valutazione della capacità portante sono basate su geometrie limite come la fondazione nastriforme di lunghezza infinita a cui, tramite coefficienti correttivi, si adattano geometrie più consuete come la base rettangolare o circolare.

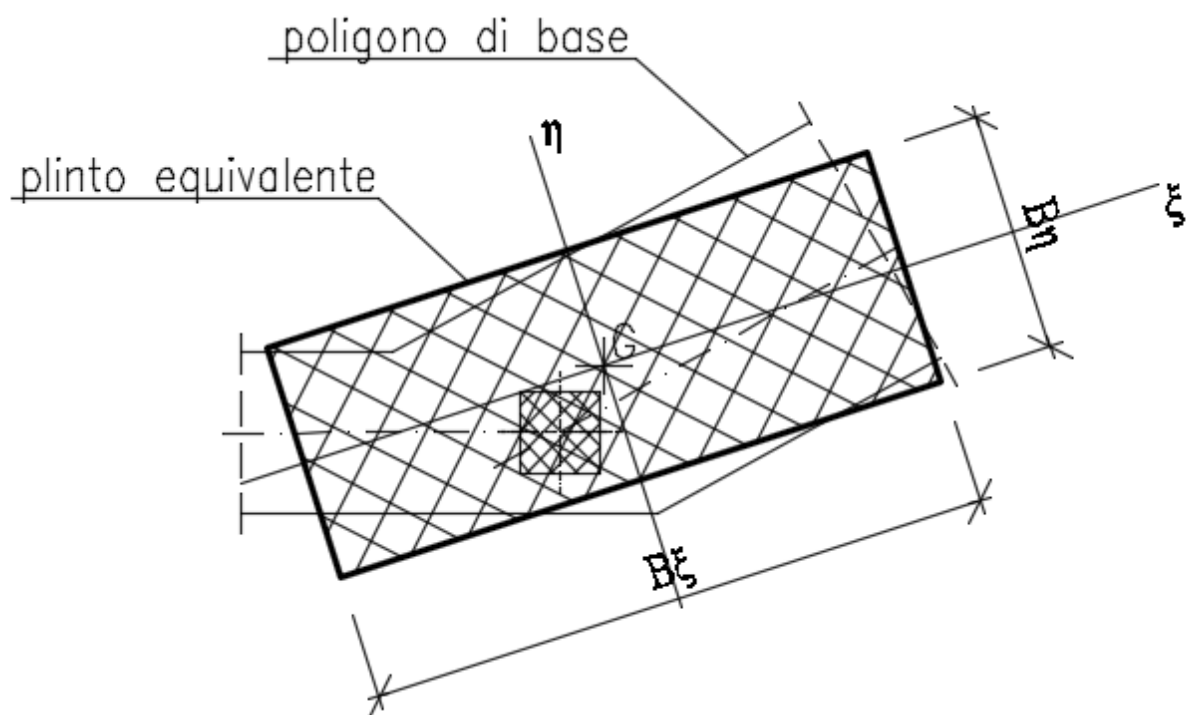
Nella pratica le fondazioni superficiali degli edifici possono essere, dal punto di vista geometrico, le più varie e complesse.

Alcune configurazioni geometriche, ad esempio i grigliati di travi, non hanno al momento approcci universalmente riconosciuti.

Si è optato, pertanto, per valutazioni della capacità portante e della resistenza allo scorrimento basate sulla definizione di un plinto equivalente.

L'utilizzo di una fondazione di forma rettangolare (plinto equivalente) rende poi possibile valutare le dimensioni efficaci della fondazione, dovute alle eccentricità generate dai momenti flettenti applicati alla base, e si ritiene valida anche per la valutazione della capacità portante.

Tramite condizioni geometriche è possibile individuare una zona di influenza dei carichi trasmessi al terreno dagli elementi della struttura in elevazione. Tale zona di influenza definisce in generale una poligonale irregolare, che chiameremo poligono di base (o poligono di carico).



La capacità portante statica viene valutata secondo:

- Terzaghi;
- Mejerhoff;
- Vesic;
- Eurocodice 7 (2009).

Nelle combinazioni di carico dinamiche, l'effetto inerziale è già compreso nei carichi derivanti dall'analisi dinamica della sovrastruttura. L'effetto cinematico viene invece valutato mediante coefficienti correttivi valutati secondo le formulazioni di Paolucci-Pecker.

Paolucci-Pecker (1997)

$$k_{hi} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} / N$$

$$z_c = 1.0 - 0.36 k_{hi}$$

$$z_q = [1.0 - k_{hi} / \tan(\phi)]^{0.35}$$

$$z_\gamma = z_q$$

Resistenza a scorrimento condizione drenate

$$H_{Rd} = N \tan(k_1 \phi) / \gamma_R + k_2 c A_{eff}$$

Resistenza a scorrimento condizione drenate

$$H_{Rd} = N \tan(k_1 \phi) / \gamma_R + k_2 c A_{eff}$$

Di seguito si riportano le verifiche geotecniche valutate secondo quanto previsto al cap. 6 delle NTC2018.

Si effettuano solo le verifiche a lungo termine, data la natura non coesiva del terreno e la mancata presenza della falda.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Si escludono le verifiche di stabilità globale, previste dalla norma, in quanto la struttura poggia su una zona pianeggiante e dunque non potrebbero verificarsi condizioni di instabilità globale.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (si veda l'elaborato "RT05 Relazione di calcolo strutturale")

Le verifiche sono effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Si ha dunque che:

### Dati Terreno

**Dati del terreno:**

Angolo di attrito del terreno:  [°]

Coesione:  [MPa]

Coesione non drenata:  [MPa]

Carico per unità di superficie q:  [kN/m²]

Profondità:  [m]

Peso specifico:  [N/m³]

Commento:

**Fattori parziali di sicurezza terreno:**

	Combinazioni statiche	Combinazioni dinamiche
γ R <sub>Scorr</sub>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
k1 (riduzione g)	<input type="text" value="0.6666666667"/>	<input type="text" value="0.6666666667"/>
k2 (riduzione c)	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="0.6"/>
k3 (riduzione cu)	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="0.6"/>

☒ Usa fattore di riduzione per grandi fondazioni (B >= 2 m)

### Parametri di verifica

**Fattori parziali di sicurezza terreno:**

	Combinazioni statiche	Combinazioni dinamiche
γ lg(φ)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
γ c	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
γ cu	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

**Coefficienti parziali di sicurezza:**

Capacità portante della fondazione:

Scorimento:

☒ Includi peso proprio fondazione, condizione di riferimento:

Fondazioni γ<sub>Rd</sub>:

Esegui verifiche in condizioni: ☒ Drenate ☐ Non Drenate

### Parametri di verifica

**Teoria di base:**

☒ Terzaghi

☒ Meyerhoff

☒ Eurocodice 7

☒ Vesic

**Correzione combinazioni di carico statiche:**

zc:  zq:  zg:

**Correzione combinazioni di carico dinamiche:**

☒ Paolucci-Pecker

☐ Maugeri-Novita' (solo cinematico)

☐ Maugeri-Novita' (cinematico e inerziale)

**Nelle stampe riporta:**

☒ Verifiche a scorrimento

☒ Valore della portata Q<sub>rd</sub>

☐ Sfruttamento Q<sub>Ed</sub>/Q<sub>rd</sub>

Figura 9: dati input

## 8.1.1 Verifiche in condizioni drenate

### 8.1.1.1 Verifiche.

Utilizzo fattore correttivo Bowles per fondazioni di grandi dimensioni ( $B \geq 2.00\text{m}$ )  $r_v = 1 - 0.25 \log_{10}(B/2)$

Legenda	
B <sub>eq</sub>	Base del plinto equivalente
H <sub>eq</sub>	Altezza del plinto equivalente
H <sub>Trasporto</sub>	Quota azioni esterne rispetto alla sezione di verifica
Comb.	Combinazione di carico
N	Azione verticale
M <sub>x</sub>	Momento flettente M <sub>x</sub>
M <sub>y</sub>	Momento flettente M <sub>y</sub>
Q <sub>Ed</sub>	Carico verticale di progetto
Q <sub>Rd,T</sub>	Capacità portante Terzaghi



$Q_{Rd,M}$	Capacità portante Mejerhoff
$Q_{Rd,EC7}$	Capacità portante EuroCodice 7
$Q_{Rd,V}$	Capacità portante Vesic
$Q_{Rd,T,PP}$	Capacità portante Terzaghi con correzione Paolucci-Pecker
$Q_{Rd,M,PP}$	Capacità portante Mejerhoff con correzione Paolucci-Pecker
$Q_{Rd,EC7,PP}$	Capacità portante EuroCodice 7 con correzione Paolucci-Pecker
$Q_{Rd,V,PP}$	Capacità portante Vesic con correzione Paolucci-Pecker
$Q_{Rd,T,MN,Ci}$	Capacità portante Terzaghi con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico+inerziale
$Q_{Rd,M,MN,Ci}$	Capacità portante Mejerhoff con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico+inerziale
$Q_{Rd,EC7,MN,Ci}$	Capacità portante EuroCodice 7 con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico+inerziale
$Q_{Rd,V,MN,Ci}$	Capacità portante Vesic con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico+inerziale
$Q_{Rd,T,MN,C}$	Capacità portante Terzaghi con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico
$Q_{Rd,M,MN,C}$	Capacità portante Mejerhoff con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico
$Q_{Rd,EC7,MN,C}$	Capacità portante EuroCodice 7 con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico
$Q_{Rd,V,MN,C}$	Capacità portante Vesic con correzione Maugeri-Novità con effetto cinematico
$F_x$	Azione di scorrimento $F_x$
$F_y$	Azione di scorrimento $F_y$
$H_{Ed,d=\sqrt{F_x^2+F_y^2}}$	Azione di scorrimento totale $H_{Ed} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$
$H_{Rd}$	Resistenza allo scorrimento

Elemento	$B_{eq}$ [m]	$H_{eq}$ [m]	$H_{Trasporto}$ [m]	Com b.	N [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$Q_{Ed}$ [kN]	$Q_{Rd,T}$ [kN]	$Q_{Rd,M}$ [kN]	$Q_{Rd,EC7}$ [kN]	$Q_{Rd,V}$ [kN]	$F_x$ [kN]	$F_y$ [kN]	$H_{Ed}$ [kN]	$H_{Rd}$ [kN]
154,153..102 ,101	10.7 8	21.4 0	0.50	1	13055. 22	- 2223.6 8	- 734.74	13055. 22	138663. 81	134182. 33	134985. 38	143729. 43	11.22	-5.70	12.58	4164. 00
				2	12969. 28	- 2246.8 0	- 720.42	12969. 28	138663. 81	134184. 58	134976. 35	143717. 26	11.06	-5.62	12.40	4136. 59
				3	13201. 25	- 2266.4 2	- 701.76	13201. 25	138663. 81	134311. 52	135093. 07	143839. 61	11.29	-5.25	12.45	4210. 58
				4	13091. 95	- 2213.6 8	- 740.98	13091. 95	138663. 81	134180. 00	134988. 04	143733. 36	11.34	-5.69	12.69	4175. 72
				5	10177. 21	- 1821.6 4	- 467.38	10177. 21	138663. 81	134636. 24	135349. 83	144100. 43	5.02	-5.12	7.17	3246. 05
				6	9154.3 7	- 12871. 78	- 4466.3 1	9154.3 7	138663. 81	40352.8 2	57029.2 1	60831.7 2	- 395.2 5	2415. 74	2447. 86	2919. 81
				7	9077.0 8	- 11205. 90	3391.3 5	9077.0 8	138663. 81	38961.1 2	56404.3 2	60165.6 9	717.5 4	2509. 24	2609. 82	2895. 16
				8	9408.3 4	- 14487. 37	- 3619.6 7	9408.3 4	138663. 81	45983.7 7	62205.6 4	66384.8 7	- 356.9 1	2220. 76	2249. 26	3000. 82
				9	9331.0 5	- 12821. 54	4238.1 0	9331.0 5	138663. 81	41683.3 9	58027.0 0	61875.5 5	755.8 9	2314. 19	2434. 51	2976. 17
				10	9572.8 9	- 7804.2 4	- 13919. 91	9572.8 9	138663. 81	37346.4 5	45724.1 9	49555.3 7	- 1837. 21	698.9 6	1965. 68	3053. 30
				11	9739.7 7	- 1164.7 7	- 14163. 77	9739.7 7	138663. 81	38383.3 4	47423.9 5	51606.3 4	- 1940. 57	- 722.6 1	2070. 75	3106. 53
				12	9559.5 8	- 7950.2 2	- 13069. 42	9559.5 8	138663. 81	41023.3 8	49234.9 6	53327.0 9	- 1752. 45	402.2 7	1798. 03	3049. 06
				13	9726.4 4	- 1310.7 0	- 13313. 09	9726.4 4	138663. 81	38890.8 7	48885.5 9	52956.3 5	- 1855. 79	- 1019. 31	2117. 30	3102. 28

				14	9710.6 0	9259.9 8	- 5278.8 2	9710.6 0	138663. 81	43804.4 6	60815.7 1	64770.6 4	- 739.6 8	- 2322. 90	2437. 83	3097. 22
				15	9633.3 1	10925. 51	2578.8 6	9633.3 1	138663. 81	50306.1 9	68095.8 6	72629.3 8	373.0 7	- 2229. 40	2260. 40	3072. 57
				16	9964.6 1	7643.9 4	- 4432.0 8	9964.6 1	138663. 81	43975.0 7	62264.0 5	66303.5 9	- 701.3 5	- 2517. 91	2613. 76	3178. 24
				17	9887.3 0	9309.9 5	3425.7 0	9887.3 0	138663. 81	47274.1 6	65645.4 5	69970.4 7	411.4 2	- 2424. 39	2459. 05	3153. 58
				18	9315.2 1	- 2251.3 5	12272. 62	9315.2 1	138663. 81	38055.0 8	48246.8 4	52267.4 3	1871. 94	1010. 63	2127. 33	2971. 11
				19	9482.1 0	4388.0 9	12028. 72	9482.1 0	138663. 81	43454.8 6	52471.8 5	56889.6 6	1768. 65	- 410.9 0	1815. 75	3024. 34
				20	9301.8 7	- 2397.0 1	13122. 91	9301.8 7	138663. 81	37182.9 7	46308.4 4	50388.9 2	1956. 81	713.9 1	2082. 97	2966. 86
				21	9468.7 4	4242.5 6	12879. 32	9468.7 4	138663. 81	39376.2 4	48546.2 7	52666.4 1	1853. 49	- 707.6 2	1983. 98	3020. 08

Elemento	B <sub>Eq</sub> [m]	H <sub>Eq</sub> [m]	H <sub>Traspor</sub> to [m]	Com b.	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	Q <sub>Ed</sub> [kN]	(S/R) T	(S/R) M	(S/R) <sub>E</sub> CT	(S/R) V	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	H <sub>Ed</sub> [kN]	(S/R) <sub>sc</sub> or
154,153..102,1 01	10.7 8	21.4 0	0.50	1	13055. 22	- 2223.6 8	-734.74	13055. 22	0.09 4	0.097	0.097	0.09 1	11.22	-5.70	12.58	0.003
				2	12969. 28	- 2246.8 0	-720.42	12969. 28	0.09 4	0.097	0.096	0.09 0	11.06	-5.62	12.40	0.003
				3	13201. 25	- 2266.4 2	-701.76	13201. 25	0.09 5	0.098	0.098	0.09 2	11.29	-5.25	12.45	0.003
				4	13091. 95	- 2213.6 8	-740.98	13091. 95	0.09 4	0.098	0.097	0.09 1	11.34	-5.69	12.69	0.003
				5	10177. 21	- 1821.6 4	-467.38	10177. 21	0.07 3	0.076	0.075	0.07 1	5.02	-5.12	7.17	0.002
				6	9154.3 7	- 12871. 78	- 4466.3 1	9154.3 7	0.06 6	0.227	0.161	0.15 0	- 395.25	2415.7 4	2447.8 6	0.838
				7	9077.0 8	- 11205. 90	3391.3 5	9077.0 8	0.06 5	0.233	0.161	0.15 1	717.54	2509.2 4	2609.8 2	0.901
				8	9408.3 4	- 14487. 37	- 3619.6 7	9408.3 4	0.06 8	0.205	0.151	0.14 2	- 356.91	2220.7 6	2249.2 6	0.750
				9	9331.0 5	- 12821. 54	4238.1 0	9331.0 5	0.06 7	0.224	0.161	0.15 1	755.89	2314.1 9	2434.5 1	0.818
				10	9572.8 9	- 7804.2 4	- 13919. 91	9572.8 9	0.06 9	0.256	0.209	0.19 3	- 1837.2 1	698.96	1965.6 8	0.644
				11	9739.7 7	- 1164.7 7	- 14163. 77	9739.7 7	0.07 0	0.254	0.205	0.18 9	- 1940.5 7	- 722.61	2070.7 5	0.667
				12	9559.5 8	- 7950.2 2	- 13069. 42	9559.5 8	0.06 9	0.233	0.194	0.17 9	- 1752.4 5	402.27	1798.0 3	0.590

				13	9726.4 4	- 1310.7 0	- 13313. 09	9726.4 4	0.07 0	0.250	0.199	0.18 4	- 1855.7 9	- 1019.3 1	2117.3 0	0.682
				14	9710.6 0	9259.9 8	- 5278.8 2	9710.6 0	0.07 0	0.222	0.160	0.15 0	- 739.68	- 2322.9 0	2437.8 3	0.787
				15	9633.3 1	10925. 51	2578.8 6	9633.3 1	0.06 9	0.191	0.141	0.13 3	373.07	- 2229.4 0	2260.4 0	0.736
				16	9964.6 1	7643.9 4	- 4432.0 8	9964.6 1	0.07 2	0.227	0.160	0.15 0	- 701.35	- 2517.9 1	2613.7 6	0.822
				17	9887.3 0	9309.9 5	3425.7 0	9887.3 0	0.07 1	0.209	0.151	0.14 1	411.42	- 2424.3 9	2459.0 5	0.780
				18	9315.2 1	- 2251.3 5	12272. 62	9315.2 1	0.06 7	0.245	0.193	0.17 8	1871.9 4	1010.6 3	2127.3 3	0.716
				19	9482.1 0	4388.0 9	12028. 72	9482.1 0	0.06 8	0.218	0.181	0.16 7	1768.6 5	- 410.90	1815.7 5	0.600
				20	9301.8 7	- 2397.0 1	13122. 91	9301.8 7	0.06 7	0.250	0.201	0.18 5	1956.8 1	713.91	2082.9 7	0.702
				21	9468.7 4	4242.5 6	12879. 32	9468.7 4	0.06 8	0.240	0.195	0.18 0	1853.4 9	- 707.62	1983.9 8	0.657

La verifica risulta soddisfatta