

# COMUNE di POLI

## Città metropolitana di Roma Capitale



PROGETTO:	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO DELL'EX OSPEDALE S.ROSA DESTINATO AD EDILIZIA ECONOMICO E POPOLARE
LOCALITA':	Comune di Poli (Roma), vicolo ospedale Rosa
PROPRIETA':	Comune di POLI

STUDIO TECNICO Arch. Giancarlo Brenna - Via Tiburtina n. 298 - 00011 Tivoli (Roma)

23	tavola unica	Progetto Esecutivo -  RELAZIONE GEOTECNICA	Progettista: Arch. Giancarlo BRENNNA
LE COPIE NON FIRMATE SONO PROVVISORIE			

data :	Settembre 2022
aggior. :	

Sindaco: Federico Mariani
------------------------------

Rup: Geom. Enrico Procesi
------------------------------

--

--

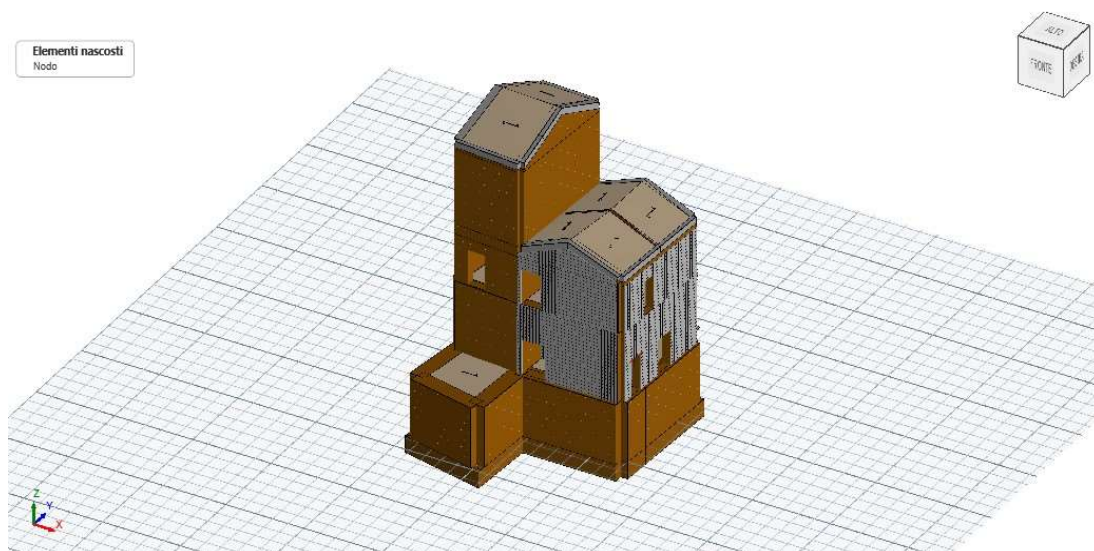
STUDIO TECNICO ARCHITETTO GIANCARLO BRENN

via Tiburtina, 298 , 11 – 00011 Tivoli (RM)

COMUNE DI POLI (RM)

INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO DELL'EX OSPEDALE S. ROSA DESTINATO AD EDILIZIA ECONOMICA E POPOLARE

# RELAZIONE GEOTECNICA E FONDAZIONI



**Oggetto:** vulnerabilità sismica fabbricato esistente – Calcolo Ante-Operam

Committente	Progettista architettonico	Progettista strutturale	Direttore dei Lavori
COMUNE DI POLI	ARCH. GIANCARLO BRENN	ARCH. GIANCARLO BRENN	ARCH. GIANCARLO BRENN
Geologo	Collaudatore	Appaltatore	

## Sommario

1 Relazione Geotecnica.....	3
1.1 Riferimenti Legislativi .....	3
1.2 Descrizione dell'opera e degli interventi .....	3
1.3 Descrizione delle fondazioni.....	3
1.3.1 Tipologie di travi di fondazione utilizzate .....	4
1.3.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta .....	5
1.3.3 Caratteristiche delle Travi di fondazione sotto le pareti in muratura con la loro ubicazione in pianta.....	6
1.4 Relazione Geotecnica (DM 17/01/2018 CAP. 6 e CIRC. CSLLPP n. 7 del 21/01/2019) .....	7
1.4.1 Problemi geotecnici e scelte tipologiche.....	7
1.4.2 Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche.....	7
1.4.3 Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.....	8
1.4.4 Caratterizzazione sismica della categoria di sottosuolo, modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi.....	9
1.4.5 Verifica della sicurezza e delle prestazioni: identificazione stati limite .....	10
1.4.6 Teoria di calcolo capacità portante fondazioni superficiali .....	10
1.4.7 Fattori di portanza Travi di Fondazione .....	11
1.4.8 Verifica capacità portante fondazioni (7.11.5.3.1 e 7.11.5.3.2 del DM 17/01/2018) .....	13
1.4.8.1 Verifica capacità portante Travi di Fondazione .....	14
2 Relazione sulle Fondazioni.....	15
2.1 Riferimenti Legislativi .....	15
2.2 Descrizione delle fondazioni.....	15
2.2.1 Tipologie di travi di fondazione utilizzate .....	15
2.2.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta .....	17
2.2.3 Caratteristiche delle Travi di fondazione sotto le pareti in muratura con la loro ubicazione in pianta.....	18
2.3 Categoria di sottosuolo e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.....	19
2.4 Relazione sulle Fondazioni (DM 17/01/2018 e CIRC. CSLLPP n. 7 DEL 21/01/2019) .....	20
2.4.1 Scelta del tipo di fondazioni.....	20
2.4.2 Ipotesi assunte ed analisi dei risultati nei riguardi del complesso terreno - opera di fondazione.....	21

# 1 Relazione Geotecnica

## 1.1 Riferimenti Legislativi

Tutte le operazioni illustrate nel proseguo, relative all'analisi della struttura ed alle verifiche sugli elementi sono state effettuate in piena conformità alle seguenti norme:

**D.M. 17/01/2018:**

"Norme tecniche per le costruzioni."

**Circolare CSLPP N. 7 del 21/01/2019:**

"Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

**UNI ENV 1997-1: Eurocodice 7:**

"Progettazione geotecnica" - Parte 1: Regole generali."

**UNI ENV 1998-5: Eurocodice 8:**

"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici."

## 1.2 Descrizione dell'opera e degli interventi

Nella presente relazione vengono riportati i risultati delle elaborazioni a carattere geotecnico eseguite per le opere di fondazione da analizzare nell'ambito dei lavori di:

vulnerabilità sismica fabbricato esistente

I risultati delle indagini effettuate, degli studi eseguiti e delle valutazioni geotecniche operate, parte integrante degli elaborati progettuali relativi ai lavori in oggetto, faranno riferimento per le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione ai dati riportati nella Relazione geologico-tecnica allegata alla presente.

La presente relazione, basata sul rilevamento geologico e geomorfologico della zona, sull'analisi della letteratura specifica e delle indagini in sito, è tesa alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geotecniche di massima dei terreni interessati dal progetto, al fine di poter effettuare valutazioni delle condizioni di stabilità dell'area e dare indicazioni sulle strutture di fondazione e sugli interventi tecnici atti alla risoluzione dei eventuali problemi incontrati.

La presente relazione contiene le considerazioni eseguite dal progettista sulle problematiche relative alle opere di fondazione, in particolare sui problemi geotecnici e sulle scelte tipologiche adottate sulla base di quanto emerso dalle documentazioni disponibili ed inerenti l'opera in oggetto.

**TIPOLOGIA FONDAZIONI:**

Fondazioni superficiali, quindi del tipo dirette, costituite da un reticolo di travi rovesce.

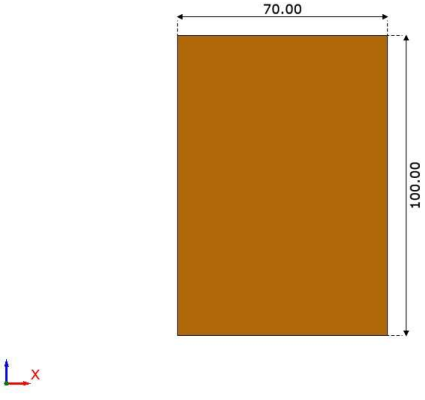
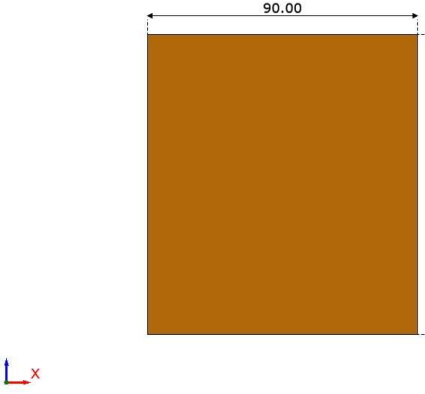
## 1.3 Descrizione delle fondazioni

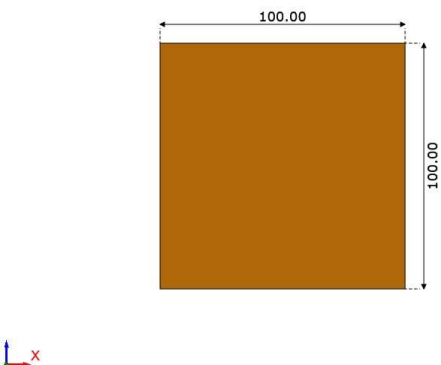
Nell'ambito dei lavori in oggetto si sono utilizzate le seguenti tipologie di fondazione: travi rovesce le cui dimensioni e la loro ubicazione vengono di seguito meglio descritte.

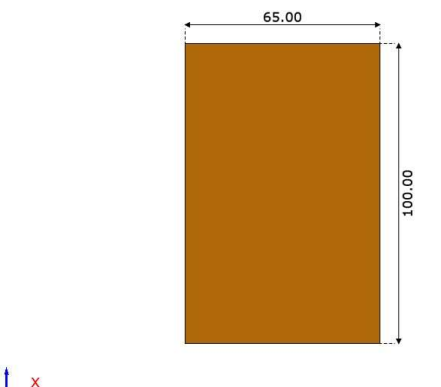
**RAPPRESENTAZIONE IN PIANTA DI TUTTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI DI FONDAZIONE.**

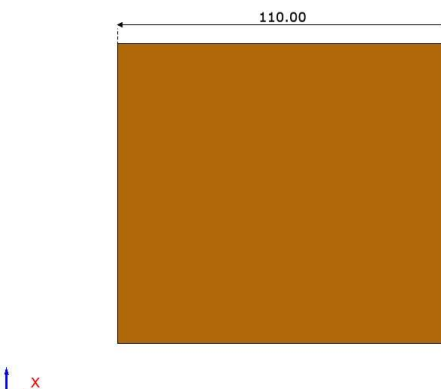
**1.3.1 Tipologie di travi di fondazione utilizzate**

- A : Area della sezione;  
 J2 : Momento di inerzia baricentrico intorno all'asse 2 locale;  
 J3 : Momento di inerzia baricentrico intorno all'asse 3 locale;  
 Jt : Momento di inerzia torsionale;  
 Mat. : Nome dei materiali della sezione;  
 Peso : Peso per unità di lunghezza della sezione.

Tipologia N.1 (F 70x100 (Mur es))	
	<p> <b>A</b> = 700000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 58333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 28583333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 64152433333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 11200.00 N/m                 </p>
Tipologia N.2 (F 90x100 (Mur es))	
	<p> <b>A</b> = 900000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 75000000000.0 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 60750000000.0 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 105875100000.0 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 14400.00 N/m                 </p>
Tipologia N.3 (F 100x100 (Mur es))	

	<p> <b>A</b> = 1000000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 83333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 83333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 124333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 16000.00 N/m         </p>
---	--

Tipologia N.4 (F 65x100 (Mur es))	
	<p> <b>A</b> = 650000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 54166666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 22885416666.7 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 54233860416.7 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 10400.00 N/m         </p>

Tipologia N.5 (F 110x100 (Mur es))	
	<p> <b>A</b> = 1100000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 91666666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 11091666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 15766666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 17600.00 N/m         </p>

### 1.3.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta

I dati seguenti riportano tutte le caratteristiche relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Nodo I. : Etichetta del nodo di input;  
 Nodo C. : Numerazione interna del nodo relativa al modello di calcolo;  
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;  
 Tipo legame : Tipo di legame master-slave di cui il nodo corrente è master;  
 Coordinate : Coordinate del nodo secondo il sistema di riferimento globale cartesiano;

Master : Nodo MASTER dal quale dipende il nodo corrente;  
 Dipendenza : Dipendenza;  
 Vincoli : Eventuali vincoli esterni del nodo in ognuna delle 6 direzioni:  
     Sx : Direzione X rispetto al sistema di riferimento globale;  
     Sy : Direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale;  
     Sz : Direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale;  
     Rx : Rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale;  
     Ry : Rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale;  
     Rz : Rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale;

I simboli dei vincoli assumono il seguente significato:

L : Non presenza di vincoli;  
 P : Valore infinito della rigidezza;  
 Valore : Valore della molla applicata al nodo;

Nodo I.	Nodo C.	Impalcato	Tipo legame	Coordinate			Master	Dipendenza
				x	y	z		
				[cm]	[cm]	[cm]		
Nodo 2	121	-	-	53.85	-65.18	0.00	-	-
Nodo 9	122	-	-	394.38	-81.51	0.00	-	-
Nodo 16	123	-	-	1006.44	-106.27	0.00	-	-
Nodo 51	124	-	-	-38.88	-788.94	0.00	-	-
Nodo 58	125	-	-	-83.80	-1145.55	0.00	-	-
Nodo 65	126	-	-	301.47	-1225.79	0.00	-	-
Nodo 44	127	-	-	351.03	-825.19	0.00	-	-
Nodo 37	128	-	-	976.54	-797.78	0.00	-	-
Nodo 23	129	-	-	380.75	-633.09	0.00	-	-
Nodo 30	130	-	-	982.50	-642.70	0.00	-	-

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
121	L	L	L	L	L	L
122	L	L	L	L	L	L
123	L	L	L	L	L	L
124	L	L	L	L	L	L
125	L	L	L	L	L	L
126	L	L	L	L	L	L
127	L	L	L	L	L	L
128	L	L	L	L	L	L
129	L	L	L	L	L	L
130	L	L	L	L	L	L

### 1.3.3 Caratteristiche delle Travi di fondazione sotto le pareti in muratura con la loro ubicazione in pianta

La tabella seguente riporta tutte le caratteristiche relative alle travi di fondazione posizionate sotto le pareti in muratura:

Asta I. : Etichetta dell'asta di input;  
 Asta C. : Numerazione interna dell'asta relativa al modello di calcolo;  
 Ni : Nodo iniziale dell'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");  
 Nf : Nodo finale dell'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");  
 Imp. : Impalcato di appartenenza dell'asta;  
 Sez. : Sezione trasversale associata all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche delle sezioni trasversali");  
 Tip. rinf. : Tipologia rinforzo associata all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di rinforzo");  
 Disp. : Dispositivo antisismico associato all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche dei dispositivi antisismici");  
 Parete : Parete posizionata sopra la trave di fondazione (vedi "Num." in "Caratteristiche delle Piastre");  
 L : Lunghezza teorica (nodo-nodo) dell'asta;

Asta I.	Asta C.	Ni	Nf	Imp.	Sez.	Tip. rinf.	Disp.	Parete	L [cm]
Asta 1 (2-9)	1	33	34	-	1	-	-	1	169.41
Asta 2 (9-16)	2	35	36	-	2	-	-	2	109.06
Asta 2 (9-16)	3	37	38	-	2	-	-	2	112.92
Asta 2 (9-16)	4	39	40	-	2	-	-	2	153.00
Asta 5 (2-51)	5	41	42	-	3	-	-	3	339.29
Asta 5 (2-51)	6	42	43	-	3	-	-	3	339.29
Asta 6 (51-58)	7	44	45	-	3	-	-	4	299.13
Asta 7 (58-65)	8	46	47	-	3	-	-	5	343.96
Asta 8 (65-44)	9	48	49	-	3	-	-	6	320.85
Asta 10 (44-37)	10	50	51	-	5	-	-	7	276.98
Asta 10 (44-37)	11	51	52	-	5	-	-	7	276.98
Asta 13 (23-30)	12	53	54	-	1	-	-	8	67.71
Asta 13 (23-30)	13	55	56	-	1	-	-	8	287.30
Asta 9 (51-44)	14	57	58	-	4	-	-	9	197.12
Asta 9 (51-44)	15	59	60	-	4	-	-	9	36.79
Asta 3 (16-30)	16	61	62	-	2	-	-	10	495.94
Asta 4 (30-37)	17	63	64	-	2	-	-	11	109.29
Asta 12 (23-44)	18	65	66	-	1	-	-	40	117.55
Asta 11 (9-23)	19	67	68	-	1	-	-	41	255.71
Asta 11 (9-23)	20	69	67	-	1	-	-	41	255.71
Asta 2 (9-16)	21	36	37	-	2	-	-	2	95.87
Asta 2 (9-16)	22	38	39	-	2	-	-	2	85.16
Asta 13 (23-30)	23	54	55	-	1	-	-	8	77.44
Asta 9 (51-44)	24	58	59	-	4	-	-	9	80.62

## 1.4 Relazione Geotecnica (DM 17/01/2018 CAP. 6 e CIRC. CSLPP n. 7 del 21/01/2019)

### 1.4.1 Problemi geotecnici e scelte tipologiche

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione compresi nel volume significativo, ovvero in quella parte di sottosuolo che viene influenzata direttamente o indirettamente dalle opere in oggetto, viene riportata in dettaglio nella relazione geologico-tecnica allegata.

Vengono di seguito indicati i parametri fondamentali per la valutazione della capacità portante del terreno di fondazione e le scelte tipologiche adottate per il dimensionamento delle opere di fondazione, non avendo riscontrato altre particolari problematiche di tipo geotecnico.

Al fine d'identificare la categoria di sottosuolo, tramite la conoscenza dello spessore e natura dei diversi strati che compongono il terreno sottostante il piano di posa delle fondazioni, per il dimensionamento strutturale e geotecnico delle stesse sono state effettuate delle indagini in sito ubicate nell'area oggetto dell'intervento.

L'area in esame è sostanzialmente pianeggiante, caratterizzata da un fattore di amplificazione corrispondente alla categoria topografica T1, pertanto non si osservano variazioni di quota della superficie topografica degne di valutazioni particolari.

### 1.4.2 Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

Per definire la stratigrafia di progetto, dei terreni di sedime dei lavori in oggetto e per acquisire i parametri fisico-meccanici dei terreni in esame è stata condotta sull'area interessata dall'intervento di progetto un'adeguata campagna di indagini.

Il programma delle indagini e delle prove con l'ubicazione delle stesse è stato definito a seguito di un attento sopralluogo dell'area in oggetto e risulta più ampiamente descritto nella relazione geologico-tecnica allegata.



### 1.4.3 Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

#### - Caratteristiche litostratigrafiche

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Per quanto riguarda l'aspetto geologico a seguito il rilevamento di un significativo intorno della zona in esame si è riscontrata la presenza delle seguenti successioni litostratigrafiche nelle relative sezioni geologiche (colonne stratigrafiche):

Colonna : Nome della colonna stratigrafica usata;  
 Nome dello strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica usata;  
 Descrizione dello strato : Descrizione estesa dello strato;

Colonna	Strato	Descrizione
Col_Str (1)	Strato (2)	Tufo
Col_Str (1)	Strato (3)	Marna

#### - Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione

Nell'ambito del progetto si è fatto uso delle seguenti colonne stratigrafiche:

##### Caratteristiche delle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;  
 Falda : Presenza della falda;  
 Prof. Falda : Profondità della falda (se è presente);  
 Quota piano campagna : Quota piano campagna;  
 N. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.  
 RQD : (Rock Quality Designation) grado di fratturazione dell'ammasso roccioso in [0-1]

Colonna	Falda	Prof. Falda [cm]	Quota piano campagna [cm]	N. Strati	RQD
Col_Str (1)	Non presente	-	0.00	2	0.00

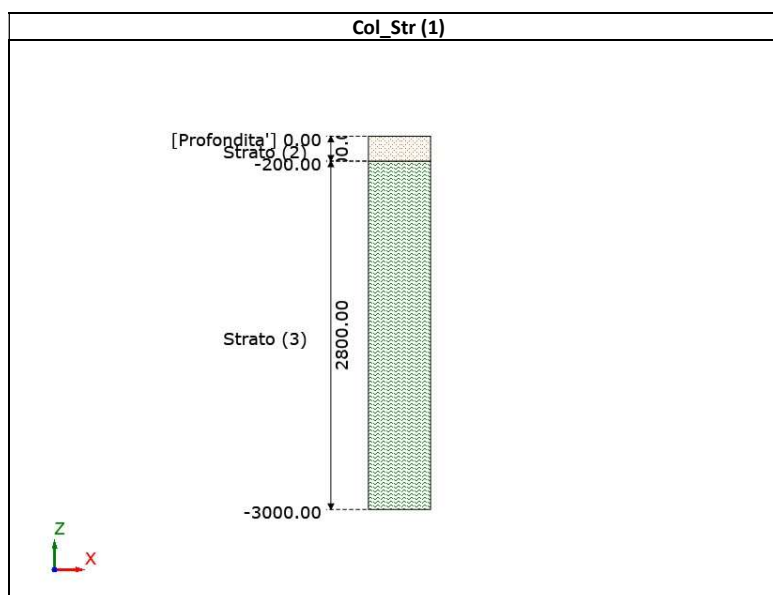
##### Caratteristiche degli strati appartenenti alle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;  
 Strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;  
 Spess. : Spessore dello strato;  
 Peso : Peso dell'unità di volume dello strato;  
 Peso sat. : Peso dell'unità di volume saturo dello strato;  
 NSPT : Numero di colpi medio misurato nello strato;  
 Qc : Resistenza alla punta media misurata nello strato;  
 $\phi$  : Angolo di attrito del terreno;  
 $\delta$  : Angolo di attrito terreno/struttura;  
 $\alpha$  : Inclinazione dello strato;  
 $c'$  : Coesione drenata del terreno;  
 $cu'$  : Coesione non drenata del terreno;  
 E : Modulo elastico del terreno;  
 G : Modulo di taglio del terreno;  
 $\nu^o$  : Coefficiente di Poisson;  
 Eed : Modulo Edometrico;  
 OCR : Grado di sovraconsolidazione del terreno.

Col_Str (1)															
Strato	Spess.	Peso	Peso	NSPT	Qc	$\phi$	$\delta$	$\alpha$	$c'$	$cu'$	E	G	$\nu^o$	Eed	OCR

	[cm]	[kN/m³]	sat. [kN/m³]		[N/mm²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]		[N/mm²]	
Strato (2)	200.00	20.00	20.00	0.00	0.00	35.00	23.33	0.00	0.15	0.15	50.00	20.00	0.40	0.00	1.00
Strato (3)	2800.00	22.00	22.00	0.00	0.00	34.00	22.67	0.00	0.00	0.00	50.00	20.00	0.35	0.00	1.00

#### - Sezioni Geologiche:



### 1.4.4 Caratterizzazione sismica della categoria di sottosuolo, modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi

La categoria di sottosuolo assunta per il sito in oggetto è : **A**

L'interazione terreno struttura viene modellata applicando il modello di Winkler, il quale caratterizza il sottosuolo con una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto, indipendentemente da altri carichi applicati in punti diversi. Si assume cioè che:

$$p = k_v w$$

dove  $K_v$  è detta costante di sottofondo o coefficiente di reazione del terreno e  $w$  è l'abbassamento fondazione tale da comprimere il terreno sottostante e  $p$  è la pressione agente nello stesso punto.

Il valore di tale coefficiente  $k_v$  adottato nel lavoro in oggetto ( $k_v = 5.00 \text{ daN/cm}^3$ ) è stato desunto con riferimento ai dati riportati in relazione geologico-tecnica allegata e comparato con i valori ammessi nella letteratura tecnica per terreni di fondazione con caratteristiche fisico-meccaniche simili alla categoria di sottosuolo in oggetto.

Tale modello viene esteso anche alla componente orizzontale dello spostamento, utilizzando un valore della costante orizzontale pari a  $k_o = 2.50 \text{ daN/cm}^3$ .

Le travi rovesce di fondazione vengono modellate utilizzando un elemento finito di tipo BEAM vincolato attraverso delle molle traslazionali e rotazionali diffuse atte a simulare l'iterazione terreno-fondazione.

In pratica viene aggiunto alla matrice di rigidezza elastica dell'asta il contributo delle molle ripartite sulle facce della fondazione. I valori di tali contributi sono calcolate computando i coefficienti funzione delle aree di contatto terreno-fondazione. Tutti i calcoli sono effettuati sulla base di cinematici unitari.

Questo elemento finito possiede 12 gradi di libertà in quanto i due nodi di estremità hanno 6 gradi di libertà ciascuno: 3 alla traslazione e 3 alla rotazione.

## 1.4.5 Verifica della sicurezza e delle prestazioni: identificazione stati limite

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi di tutti gli stati limite previsti dalla normativa vigente.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa ed eseguite sono:

- 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;

Verifiche STR: le verifiche di resistenza degli elementi strutturali di fondazione sono state eseguite contestualmente alla verifica degli elementi strutturali in elevazione. I risultati e l'esito delle relative verifiche sono riportate negli appositi elaborati allegati alla presente relazione;

Verifiche GEO: le verifiche di resistenza del terreno interagente con la struttura sono condotte confrontando i valori di resistenza con quelli di progetto.

La verifiche saranno condotte in funzione degli SLU, cioè quelli che possono mettere fuori servizio le strutture di fondazione ed in funzione degli SLE, atti a garantire le prestazioni dell'opera durante il suo esercizio.

Per ogni stato limite si verificherà che verrà rispettata la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

**Verifiche GEO: Approcci progettuali e valori di progetto dei parametri geotecnici.**

## 1.4.6 Teoria di calcolo capacità portante fondazioni superficiali

Il collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è stato effettuato seguendo le seguenti teorie:

**Brinch Hansen** che tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'inclinazione del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del piano di campagna;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Si riportano di seguito le formule considerate nelle varie colonne stratigrafiche assegnate ai fili fissi:

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot B' \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \cdot e_{\gamma k} \cdot e_{\gamma i} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c + (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q$$

dove:

$$B' = B - 2 \cdot e_B;$$

$B$  : lato minore della fondazione;

$e_B$  : eccentricità del carico lungo  $B$ ;

$D$  : profondità del piano di posa della fondazione;

- $\gamma_1$  : peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;  
 $\gamma_2$  : peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;  
 $c$  : coesione del terreno;  
 $q$  : carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione;

### 1.4.7 Fattori di portanza Travi di Fondazione

- Asta : numerazione dell'asta (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Travi di Fondazione");  
 SL : stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;  
 A1 : verifica della combinazione di carico A1;  
 A2 : verifica della combinazione di carico A2;  
 Lt : verifica a lungo termine.  
 Bt : verifica a lungo termine.

Fattori di carico limite													
Asta	SL	A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
		Nc	Nq	Ny	Nc	Nq	Ny	Nc	Nq	Ny	Nc	Nq	Ny
Asta 1 (2-9)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 4 (30-37)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 9 (51-44)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	45.90	33.08	33.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	46.12	33.30	33.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di forma													
Asta	SL	A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
		Sc	Sq	Sy	Sc	Sq	Sy	Sc	Sq	Sy	Sc	Sq	Sy
Asta 1 (2-9)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 4 (30-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 9 (51-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di profondità													
Asta	SL	A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
		Dc	Dq	Dy	Dc	Dq	Dy	Dc	Dq	Dy	Dc	Dq	Dy
Asta 1 (2-9)	SLV	1.38	1.24	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	1.34	1.21	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	1.34	1.21	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 4 (30-37)	SLV	1.34	1.21	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	1.31	1.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	1.31	1.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	1.31	1.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	1.31	1.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Asta 9 (51-44)	SLV	1.40	1.25	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	1.36	1.23	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	1.38	1.24	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	1.38	1.24	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	1.38	1.24	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di inclinazione del piano di posa													
		A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Asta	SL	Bc	Bq	By	Bc	Bq	By	Bc	Bq	By	Bc	Bq	By
Asta 1 (2-9)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 4 (30-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 9 (51-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di inclinazione del piano campagna													
		A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Asta	SL	Gc	Gq	Gy	Gc	Gq	Gy	Gc	Gq	Gy	Gc	Gq	Gy
Asta 1 (2-9)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 4 (30-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 9 (51-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di inclinazione dei carichi													
		A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Asta	SL	Ic	Iq	Iy	Ic	Iq	Iy	Ic	Iq	Iy	Ic	Iq	Iy
Asta 1 (2-9)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 4 (30-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 9 (51-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di portanza dell'effetto inerziale (Paolucci Pecker)													
		A1						A2					
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Asta	SL	Zc	Zq	Zy	Zc	Zq	Zy	Zc	Zq	Zy	Zc	Zq	Zy
Asta 1 (2-9)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 2 (9-16)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 3 (16-30)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Asta 4 (30-37)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 5 (2-51)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 6 (51-58)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 7 (58-65)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 8 (65-44)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 9 (51-44)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 10 (44-37)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 11 (9-23)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 12 (23-44)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asta 13 (23-30)	SLV	0.99	0.98	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di portanza dell'effetto cinematico (Maugeri-Cascone)			
Asta	SL	A1 - A2	
		Lt	
		eyk	eyi
Asta 1 (2-9)	SLV	0.98	0.90
Asta 2 (9-16)	SLV	0.98	0.90
Asta 3 (16-30)	SLV	0.98	0.90
Asta 4 (30-37)	SLV	0.98	0.90
Asta 5 (2-51)	SLV	0.98	0.90
Asta 6 (51-58)	SLV	0.98	0.90
Asta 7 (58-65)	SLV	0.98	0.90
Asta 8 (65-44)	SLV	0.98	0.90
Asta 9 (51-44)	SLV	0.98	0.90
Asta 10 (44-37)	SLV	0.98	0.90
Asta 11 (9-23)	SLV	0.98	0.90
Asta 12 (23-44)	SLV	0.98	0.90
Asta 13 (23-30)	SLV	0.98	0.90

### 1.4.8 Verifica capacità portante fondazioni (7.11.5.3.1 e 7.11.5.3.2 del DM 17/01/2018)

La verifica del sistema di fondazione relativo alla struttura in oggetto, è stata effettuata sulla base dei dati geologici e dei parametri geotecnici forniti, seguendo l'approccio di progetto relativo alla normativa di riferimento:

Per fondazioni superficiali (punto 6.4.2.1 del DM 17/01/2018):

#### Approccio 2

- Combinazione 1: **A1 + M1 + R3**

Per fondazioni profonde (punto 6.4.3.1 del DM 17/01/2018):

#### Approccio 2

- Combinazione 1: **A1 + M1 + R3**

dove:

- Coefficienti parziali per le azioni

CARICHI	COEFFICIENTE PARZIALE	Combinazione A1	Combinazione A2
PERMANENTI	$\gamma_{G1ns}$	1.3	1.0
PERMANENTI NON STRUTTURALI	$\gamma_{G2ns}$	1.5	1.3
VARIABILI	$\gamma_{Qi}$	1.5	1.3

- Coefficienti per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPL. IL COEFF. PARZIALE	Combinazione M1	Combinazione M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan\phi$	1.0	1.25
Coesione drenata del terreno	C	1.0	1.25

Coesione non drenata del terreno	Cu	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	1.0	1.0

- Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati ultimi di fondazioni superficiali

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R1	COEFFICIENTE PARZIALE R2	COEFFICIENTE PARZIALE R3
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$

- Coefficienti parziali  $\gamma_R$  applicate alle resistenze caratteristiche:

RESISTENZA	PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Base	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale	1.00	1.45	1.15	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25

Le verifiche vengono riassunte nelle successive tabelle.

### 1.4.8.1 Verifica capacità portante Travi di Fondazione

Asta	: Numerazione dell'asta (vedi "Asta C." in "Caratteristiche delle Travi di Fondazione");
SL	: Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
CdC	: Indice della combinazione di carico più gravosa;
Bd	: Larghezza di calcolo piano di appoggio;
D	: Profondità del piano di posa;
qlim	: Carico limite;
qlimd	: Carico limite di calcolo;
X $\sigma$ t	: Ascissa di verifica corrispondente alla tensione di calcolo;
$\sigma$ t	: Tensione di calcolo;
S	: Coefficiente di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)										
Asta	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	X $\sigma$ t	$\sigma$ t	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Asta 1 (2-9)	SLV	CC14	70.00	100.00	10.4667	5.8149	0.00	0.1768	32.89	V
Asta 2 (9-16)	SLV	CC13	90.00	100.00	10.1727	5.6515	278.00	0.3763	15.02	V
Asta 3 (16-30)	SLV	CC9	90.00	100.00	10.1727	5.6515	0.00	0.2527	22.36	V
Asta 4 (30-37)	SLV	CC10	90.00	100.00	10.1727	5.6515	97.21	0.0825	68.50	V
Asta 5 (2-51)	SLV	CC11	100.00	100.00	10.0502	5.5834	343.06	0.3867	14.44	V
Asta 6 (51-58)	SLV	CC16	100.00	100.00	10.0502	5.5834	0.00	0.1335	41.82	V
Asta 7 (58-65)	SLV	CC16	100.00	100.00	10.0502	5.5834	0.00	0.1336	41.80	V
Asta 8 (65-44)	SLV	CC16	100.00	100.00	10.0502	5.5834	334.56	0.1535	36.36	V
Asta 9 (51-44)	SLV	CC16	65.00	100.00	10.5513	5.8619	317.58	0.2346	24.99	V
Asta 10 (44-37)	SLV	CC15	110.00	100.00	9.8911	5.495	281.58	0.2705	20.31	V
Asta 11 (9-23)	SLV	CC14	70.00	100.00	10.4667	5.8149	247.50	0.4146	14.02	V
Asta 12 (23-44)	SLV	CC16	70.00	100.00	10.4667	5.8149	101.88	0.0734	79.21	V
Asta 13 (23-30)	SLV	CC7	70.00	100.00	10.4667	5.8149	560.07	0.1821	31.93	V

## 2 Relazione sulle Fondazioni

### 2.1 Riferimenti Legislativi

Tutte le operazioni illustrate nel proseguo, relative all'analisi della struttura ed alle verifiche sugli elementi sono state effettuate in piena conformità alle seguenti norme:

**D.M. 17/01/2018:**

"Norme tecniche per le costruzioni."

**Circolare CSLPP N. 7 del 21/01/2019:**

"Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

**UNI ENV 1997-1: Eurocodice 7:**

"Progettazione geotecnica " - Parte 1: Regole generali."

**UNI ENV 1998-5: Eurocodice 8:**

"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici."

### 2.2 Descrizione delle fondazioni

Nell'ambito dei lavori in oggetto si sono utilizzate le seguenti tipologie di fondazione: travi rovesce le cui dimensioni e la loro ubicazione vengono di seguito meglio descritte.

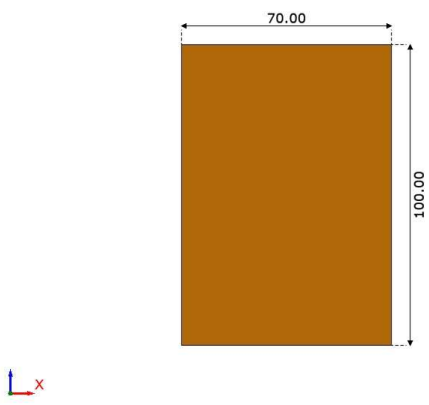
#### RAPPRESENTAZIONE IN PIANTA DI TUTTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI DI FONDAZIONE.

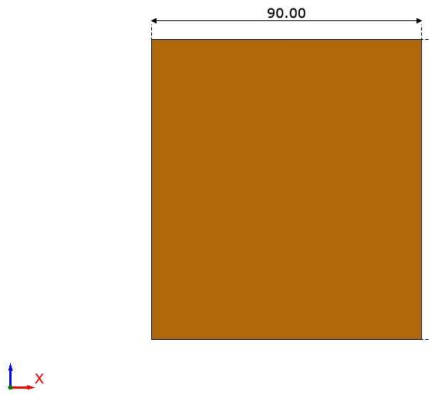
#### 2.2.1 Tipologie di travi di fondazione utilizzate

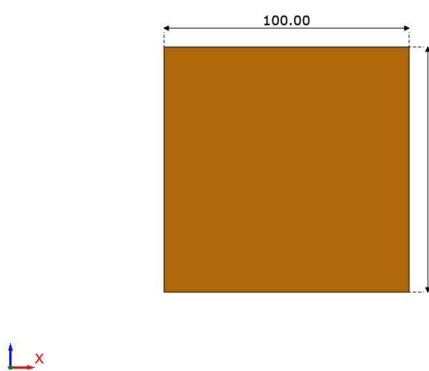
- A : Area della sezione;
- J2 : Momento di inerzia baricentrico intorno all'asse 2 locale;
- J3 : Momento di inerzia baricentrico intorno all'asse 3 locale;
- Jt : Momento di inerzia torsionale;
- Mat. : Nome dei materiali della sezione;
- Peso : Peso per unità di lunghezza della sezione.

Tipologia N.1 (F 70x100 (Mur es))
-----------------------------------

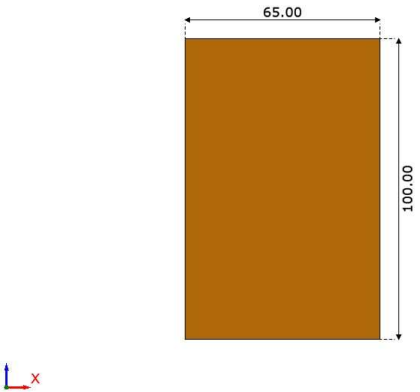
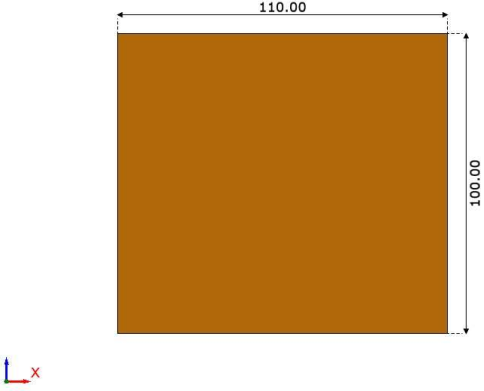


	<p> <b>A</b> = 700000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 58333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 28583333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 64152433333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 11200.00 N/m         </p>
---	--

Tipologia N.2 (F 90x100 (Mur es))	
	<p> <b>A</b> = 900000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 75000000000.0 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 60750000000.0 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 105875100000.0 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 14400.00 N/m         </p>

Tipologia N.3 (F 100x100 (Mur es))	
	<p> <b>A</b> = 1000000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 83333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 83333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 124333333333.3 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 16000.00 N/m         </p>

Tipologia N.4 (F 65x100 (Mur es))	
-----------------------------------	--

	<p> <b>A</b> = 650000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 54166666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 22885416666.7 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 54233860416.7 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 10400.00 N/m         </p>
<p style="text-align: center;"><b>Tipologia N.5 (F 110x100 (Mur es))</b></p> 	<p> <b>A</b> = 1100000.00 mm<sup>2</sup>  <b>J2</b> = 91666666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>J3</b> = 11091666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>Jt</b> = 15766666666.7 mm<sup>4</sup>  <b>Mat.</b> = Mur. Esist  <b>Peso</b> = 17600.00 N/m         </p>

## 2.2.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta

I dati seguenti riportano tutte le caratteristiche relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Nodo I.	: Etichetta del nodo di input;
Nodo C.	: Numerazione interna del nodo relativa al modello di calcolo;
Impalcato	: Impalcato di appartenenza del nodo;
Tipo legame	: Tipo di legame master-slave di cui il nodo corrente è master;
Coordinate	: Coordinate del nodo secondo il sistema di riferimento globale cartesiano;
Master	: Nodo MASTER dal quale dipende il nodo corrente;
Dipendenza	: Dipendenza;
Vincoli	: Eventuali vincoli esterni del nodo in ognuna delle 6 direzioni:
Sx	: Direzione X rispetto al sistema di riferimento globale;
Sy	: Direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale;
Sz	: Direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale;
Rx	: Rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale;
Ry	: Rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale;
Rz	: Rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale;

I simboli dei vincoli assumono il seguente significato:

L	: Non presenza di vincoli;
P	: Valore infinito della rigidezza;
Valore	: Valore della molla applicata al nodo;

Nodo I.	Nodo C.	Impalcato	Tipo legame	Coordinate			Master	Dipendenza
				x	y	z		

				[cm]	[cm]	[cm]		
Nodo 2	121	-	-	53.85	-65.18	0.00	-	-
Nodo 9	122	-	-	394.38	-81.51	0.00	-	-
Nodo 16	123	-	-	1006.44	-106.27	0.00	-	-
Nodo 51	124	-	-	-38.88	-788.94	0.00	-	-
Nodo 58	125	-	-	-83.80	-1145.55	0.00	-	-
Nodo 65	126	-	-	301.47	-1225.79	0.00	-	-
Nodo 44	127	-	-	351.03	-825.19	0.00	-	-
Nodo 37	128	-	-	976.54	-797.78	0.00	-	-
Nodo 23	129	-	-	380.75	-633.09	0.00	-	-
Nodo 30	130	-	-	982.50	-642.70	0.00	-	-

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
121	L	L	L	L	L	L
122	L	L	L	L	L	L
123	L	L	L	L	L	L
124	L	L	L	L	L	L
125	L	L	L	L	L	L
126	L	L	L	L	L	L
127	L	L	L	L	L	L
128	L	L	L	L	L	L
129	L	L	L	L	L	L
130	L	L	L	L	L	L

### 2.2.3 Caratteristiche delle Travi di fondazione sotto le pareti in muratura con la loro ubicazione in pianta

La tabella seguente riporta tutte le caratteristiche relative alle travi di fondazione posizionate sotto le pareti in muratura:

Asta I.	: Etichetta dell'asta di input;
Asta C.	: Numerazione interna dell'asta relativa al modello di calcolo;
Ni	: Nodo iniziale dell'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
Nf	: Nodo finale dell'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
Imp.	: Impalcato di appartenenza dell'asta;
Sez.	: Sezione trasversale associata all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche delle sezioni trasversali");
Tip. rinf.	: Tipologia rinforzo associata all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di rinforzo");
Disp.	: Dispositivo antisismico associato all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche dei dispositivi antisismici");
Parete	: Parete posizionata sopra la trave di fondazione (vedi "Num." in "Caratteristiche delle Piastre");
L	: Lunghezza teorica (nodo-nodo) dell'asta;

Asta I.	Asta C.	Ni	Nf	Imp.	Sez.	Tip. rinf.	Disp.	Parete	L [cm]
Asta 1 (2-9)	1	33	34	-	1	-	-	1	169.41
Asta 2 (9-16)	2	35	36	-	2	-	-	2	109.06
Asta 2 (9-16)	3	37	38	-	2	-	-	2	112.92
Asta 2 (9-16)	4	39	40	-	2	-	-	2	153.00
Asta 5 (2-51)	5	41	42	-	3	-	-	3	339.29
Asta 5 (2-51)	6	42	43	-	3	-	-	3	339.29
Asta 6 (51-58)	7	44	45	-	3	-	-	4	299.13
Asta 7 (58-65)	8	46	47	-	3	-	-	5	343.96
Asta 8 (65-44)	9	48	49	-	3	-	-	6	320.85
Asta 10 (44-37)	10	50	51	-	5	-	-	7	276.98
Asta 10 (44-37)	11	51	52	-	5	-	-	7	276.98
Asta 13 (23-30)	12	53	54	-	1	-	-	8	67.71
Asta 13 (23-30)	13	55	56	-	1	-	-	8	287.30
Asta 9 (51-44)	14	57	58	-	4	-	-	9	197.12
Asta 9 (51-44)	15	59	60	-	4	-	-	9	36.79
Asta 3 (16-30)	16	61	62	-	2	-	-	10	495.94
Asta 4 (30-37)	17	63	64	-	2	-	-	11	109.29
Asta 12 (23-44)	18	65	66	-	1	-	-	40	117.55

Asta 11 (9-23)	19	67	68	-	1	-	-	41	255.71
Asta 11 (9-23)	20	69	67	-	1	-	-	41	255.71
Asta 2 (9-16)	21	36	37	-	2	-	-	2	95.87
Asta 2 (9-16)	22	38	39	-	2	-	-	2	85.16
Asta 13 (23-30)	23	54	55	-	1	-	-	8	77.44
Asta 9 (51-44)	24	58	59	-	4	-	-	9	80.62

## 2.3 Categoria di sottosuolo e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

### - Caratteristiche litostratigrafiche

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Per quanto riguarda l'aspetto geologico a seguito il rilevamento di un significativo intorno della zona in esame si è riscontrata la presenza delle seguenti successioni litostratigrafiche nelle relative sezioni geologiche (colonne stratigrafiche):

Colonna : Nome della colonna stratigrafica usata;  
 Nome dello strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica usata;  
 Descrizione dello strato : Descrizione estesa dello strato;

Colonna	Strato	Descrizione
Col_Str (1)	Strato (2)	Tufo
Col_Str (1)	Strato (3)	Marna

### - Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione

Nell'ambito del progetto si è fatto uso delle seguenti colonne stratigrafiche:

#### Caratteristiche delle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;  
 Falda : Presenza della falda;  
 Prof. Falda : Profondità della falda (se è presente);  
 Quota piano campagna : Quota piano campagna;  
 N. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.  
 RQD : (Rock Quality Designation) grado di fratturazione dell'ammasso roccioso in [0-1]

Colonna	Falda	Prof. Falda [cm]	Quota piano campagna [cm]	N. Strati	RQD
Col_Str (1)	Non presente	-	0.00	2	0.00

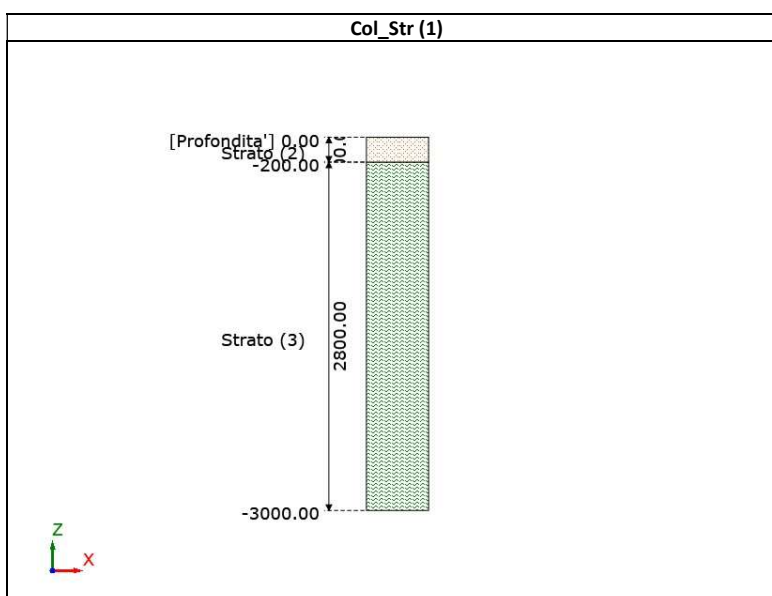
#### Caratteristiche degli strati appartenenti alle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;  
 Strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;  
 Spess. : Spessore dello strato;  
 Peso : Peso dell'unità di volume dello strato;  
 Peso sat. : Peso dell'unità di volume saturo dello strato;  
 NSPT : Numero di colpi medio misurato nello strato;  
 Qc : Resistenza alla punta media misurata nello strato;  
 $\phi$  : Angolo di attrito del terreno;  
 $\delta$  : Angolo di attrito terreno/struttura;  
 $\alpha$  : Inclinazione dello strato;  
 $c'$  : Coesione drenata del terreno;  
 $cu'$  : Coesione non drenata del terreno;

E : Modulo elastico del terreno;  
 G : Modulo di taglio del terreno;  
 $\nu^o$  : Coefficiente di Poisson;  
 Eed : Modulo Edometrico;  
 OCR : Grado di sovraconsolidazione del terreno.

Col_Str (1)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	$\phi$	$\delta$	$\alpha$	c'	cu'	E	G	$\nu^o$	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[°]	[°]	[°]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
Strato (2)	200.00	20.00	20.00	0.00	0.00	35.00	23.33	0.00	0.15	0.15	50.00	20.00	0.40	0.00	1.00
Strato (3)	2800.00	22.00	22.00	0.00	0.00	34.00	22.67	0.00	0.00	0.00	50.00	20.00	0.35	0.00	1.00

#### - Sezioni Geologiche:



## 2.4 Relazione sulle Fondazioni (DM 17/01/2018 e CIRC. CSLLPP n. 7 DEL 21/01/2019)

### 2.4.1 Scelta del tipo di fondazioni

In funzione dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini eseguite e della tipologia strutturale adottata per i lavori in oggetto, si è proceduto alla scelta delle tipologie di fondazione superficiali per distribuire i carichi trasmessi dalla sovrastruttura al terreno di fondazione ripartendoli il più possibile in modo uniforme sul suolo di sedime delle fondazioni stesse.

Le dimensioni strutturali delle opere di fondazione, le tipologie usate e la loro ubicazione risultano descritte nella prima parte della presente relazione e vengono meglio evidenziate negli elaborati grafici allegati.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) ed agli stati limite d'esercizio (SLE) indagati risultano tali da non limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza, la durabilità della struttura garantendo un grado di sicurezza ed un livello di prestazioni nel rispetto della normativa vigente in materia.

## 2.4.2 Ipotesi assunte ed analisi dei risultati nei riguardi del complesso terreno - opera di fondazione

Tutte le analisi presentate si riferiscono allo studio del sottosuolo semplificando la situazione reale con criteri cautelativi, analizzando diverse possibili schematizzazioni ed adottando i risultati meno favorevoli mediante coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni e coefficienti parziali di sicurezza da applicare alle resistenze caratteristiche.

Le analisi delle elaborazioni eseguite permette di evidenziare i seguenti livelli di sicurezza:

### RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : elemento di fondazione;  
 Tipo verifica : verifica analizzata;  
 sMin : coefficiente di sicurezza minimo;  
 sMax : coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Travi di fondazione	Capacità portante	14.02	79.21

La caratterizzazione geologica da un lato, le caratteristiche dimensionali, strutturali e le configurazioni di carico dall'altro, hanno reso possibile effettuare valutazioni che hanno conto del comportamento complessivo delle strutture e delle interazioni terreno-fondazione.

Si rimanda alla Relazione Geologica-Tecnica allegata per prendere visione di ogni altra informazione relativa alla stratigrafia che caratterizza la categoria di sottosuolo ed in particolare del volume significativo che risulta influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza la struttura in oggetto.

I coefficienti di sicurezza per tutte le verifiche di resistenza eseguite sulle strutture di fondazione, sono riportate nella Relazione di Calcolo allegata.

Dalle verifiche eseguite su tutti gli elementi di fondazione risultano livelli di sicurezza accettabili e pertanto i lavori in oggetto si valutano realizzabili.

Per quanto sopra esposto, a seguito delle analisi geomorfologiche e dalle verifiche geotecniche svolte l'intervento in oggetto, nel rispetto delle disposizioni progettuali individuate, si ritiene perfettamente compatibile con le caratteristiche del sottosuolo ed attuabile nel rispetto delle Norme vigenti e delle esigenze della Committenza.

Si prescrive che in corso d'opera si debba riscontrare la rispondenza della caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione reale e che la sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.