

COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO
PROVINCIA DI VITERBO
PROGETTO: MONTALTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA
 ELETTRICA DA FONTE EOLICA DELLA POTENZA DI 43,2 MW E SISTEMA DI
 ACCUMULO DA 27,6 MW

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DELLE STRUTTURE

IL COMMITTENTE



*Sorgenia Renewables s.r.l. – Via Alessandro
 Algardi 4 Milano Lombardia 20148*

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



*Switch Engineering s.r.l. – Via Francesco
 Benaglia 13, 00153 Roma – P.IVA 1550097005*

IL TECNICO

Dott. Ing. Pietro FORTUGNO
 Iscrizione all'Albo n° A 2902
 alla Sezione degli Ingegneri (Sez. A)
 - Settore civile e ambientale
 ORDINE DEGLI INGEGNERI
 DELLA PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA



REV.	DATA	DESCRIZIONE
0	30/10/2023	Prima emissione
1		
2		
3		

N.
R.16

REVISIONE
00





Sommario

1	INTRODUZIONE	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI	8
3.1	Plinto aerogeneratore	8
3.2	Platea di fondazione – Area BESS e SSEU	9
4	CONVENZIONI, UNITA' DI MISURA E SIMBOLI ADOTTATI	10
5	DESCRIZIONE GENERALE DEL MODELLO	12
5.1	Modello assunto per il calcolo	12
5.2	Tipo di calcolo	16
5.2.1	Analisi dinamica modale	16
5.3	Procedura di verifica degli elementi	18
5.3.1	Elementi in c.a.	18
5.3.2	Teoria di calcolo capacità portante	26
6	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO01	30
6.1	Materiali	30
6.1.1	Calcestruzzo	30
6.1.2	Acciaio per c.a.	31
6.2	Analisi dei carichi	31
6.3	Azioni sulle strutture	31
6.3.1	Azione sismica	32
6.3.2	Pericolosità sismica di base	33
6.3.3	Azione sismica di progetto	35
6.3.4	Carichi torre	37
6.3.5	Carichi permanenti strutturali	38
6.3.6	Definizione delle combinazioni	38
6.4	Stratigrafia del terreno	39
6.5	Sintesi risultati verifiche	40
6.5.1	Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione	40
6.5.2	Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione	41
6.5.3	Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione	42
6.5.4	Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione	43
6.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	50
6.5.6	Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione	52
7	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO02	53
7.1	Materiali	53
7.1.1	Calcestruzzo	53
7.1.2	Acciaio per c.a.	54
7.2	Analisi dei carichi	54
7.3	Azioni sulle strutture	54
7.3.1	Azione sismica	55

7.3.2	Pericolosità sismica di base	56
7.3.3	Azione sismica di progetto	58
7.3.4	Carichi torre	60
7.3.5	Carichi permanenti strutturali	61
7.3.6	Definizione delle combinazioni	61
7.4	Stratigrafia del terreno.....	62
7.5	Sintesi risultati verifiche.....	63
7.5.1	Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione	63
7.5.2	Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione	64
7.5.3	Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione	65
7.5.4	Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione	66
7.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	73
7.5.6	Verifica allo Stato Limite d’Esercizio – Piastra di fondazione	75
8	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO03	76
8.1	Materiali	76
8.1.1	Calcestruzzo	76
8.1.2	Acciaio per c.a.	77
8.2	Analisi dei carichi	77
8.3	Azioni sulle strutture.....	77
8.3.1	Azione sismica	78
8.3.2	Pericolosità sismica di base	79
8.3.3	Azione sismica di progetto	81
8.3.4	Carichi torre	83
8.3.5	Carichi permanenti strutturali	83
8.3.6	Definizione delle combinazioni	84
8.4	Stratigrafia del terreno.....	84
8.5	Sintesi risultati verifiche.....	85
8.5.1	Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione	86
8.5.2	Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione	87
8.5.3	Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione	87
8.5.4	Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione	89
8.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	96
8.5.6	Verifica allo Stato Limite d’Esercizio – Piastra di fondazione	98
9	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO04	99
9.1	Materiali	99
9.1.1	Calcestruzzo	99
9.1.2	Acciaio per c.a.	100
9.2	Analisi dei carichi	100
9.3	Azioni sulle strutture.....	100
9.3.1	Azione sismica	101
9.3.2	Pericolosità sismica di base	102
9.3.3	Azione sismica di progetto	104
9.3.4	Carichi torre	106
9.3.5	Carichi permanenti strutturali	106
9.3.6	Definizione delle combinazioni	107
9.4	Stratigrafia del terreno.....	107
9.5	Sintesi risultati verifiche.....	108
9.5.1	Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione	109
9.5.2	Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione	110

9.5.3	Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione	110
9.5.4	Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione	112
9.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	119
9.5.6	Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione	121
10	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO05	122
10.1	Materiali	122
10.1.1	Calcestruzzo	122
10.1.2	Acciaio per c.a.....	123
10.2	Analisi dei carichi	123
10.3	Azioni sulle strutture.....	123
10.3.1	Azione sismica	124
10.3.2	Pericolosità sismica di base	125
10.3.3	Azione sismica di progetto.....	127
10.3.4	Carichi torre.....	129
10.3.5	Carichi permanenti strutturali.....	129
10.3.6	Definizione delle combinazioni	130
10.4	Stratigrafia del terreno.....	130
10.5	Sintesi risultati verifiche.....	131
10.5.1	Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione.....	132
10.5.2	Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione	133
10.5.3	Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione.....	133
10.5.4	Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione	135
10.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	142
10.5.6	Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione	143
11	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO06	145
11.1	Materiali	145
11.1.1	Calcestruzzo	145
11.1.2	Acciaio per c.a.....	146
11.2	Analisi dei carichi	146
11.3	Azioni sulle strutture.....	146
11.3.1	Azione sismica	147
11.3.2	Pericolosità sismica di base	148
11.3.3	Azione sismica di progetto.....	150
11.3.4	Carichi torre.....	152
11.3.5	Carichi permanenti strutturali.....	152
11.3.6	Definizione delle combinazioni	153
11.4	Stratigrafia del terreno.....	153
11.5	Sintesi risultati verifiche.....	154
11.5.1	Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione.....	155
11.5.2	Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione	156
11.5.3	Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione.....	156
11.5.4	Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione	158
11.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	165
11.5.6	Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione	167
12	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AREA BESS	168
12.1	Materiali	168
12.1.1	Calcestruzzo	168

12.1.2	Acciaio per c.a.....	169
12.2	Analisi dei carichi	169
12.3	Azioni sulle strutture.....	169
12.3.1	Azione sismica	170
12.3.2	Pericolosità sismica di base	171
12.3.3	Azione sismica di progetto.....	173
12.3.4	Carichi BESS	175
12.3.5	Carichi permanenti strutturali.....	175
12.3.6	Definizione delle combinazioni	175
12.4	Stratigrafia del terreno.....	176
12.5	Sintesi risultati verifiche.....	177
12.5.1	Verifica flessione SLU – Piastra di fondazione	177
12.5.2	Taglio-Punzonamento SLU – Piastra di fondazione.....	178
12.5.3	Stato tensionale SLE – Piastra di fondazione	178
12.5.4	Fessurazione – Piastra di fondazione.....	179
12.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	180
12.5.6	Verifica allo Sato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione	181
13	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AREA SSEU	182
13.1	Materiali	182
13.1.1	Calcestruzzo	182
13.1.2	Acciaio per c.a.....	183
13.2	Analisi dei carichi	183
13.3	Azioni sulle strutture.....	183
13.3.1	Azione sismica	184
13.3.2	Pericolosità sismica di base	185
13.3.3	Azione sismica di progetto.....	187
13.3.4	Carichi SSEU	189
13.3.5	Carichi permanenti strutturali.....	189
13.3.6	Definizione delle combinazioni	189
13.4	Stratigrafia del terreno.....	190
13.5	Sintesi risultati verifiche.....	191
13.5.1	Verifica flessione SLU – Piastra di fondazione	191
13.5.2	Taglio-Punzonamento SLU – Piastra di fondazione.....	192
13.5.3	Stato tensionale SLE – Piastra di fondazione	192
13.5.4	Fessurazione – Piastra di fondazione.....	193
13.5.5	Verifica capacità portante – Piastra di fondazione	194
13.5.6	Verifica allo Sato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione	194
14	CONCLUSIONI.....	196
	ALLEGATO – Tavola grafica preliminare.....	197

1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è il calcolo preliminare delle strutture di fondazione relative alla realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato Parco Eolico "Montalto" che Sorgenia Renewables Srl intende realizzare in agro al territorio comunale di Montalto di Castro (VT). L'impianto avrà una potenza nominale complessiva di circa 43.2 MWe, equivalente all'installazione di n. 6 aerogeneratori ciascuno della potenza nominale di 7.2 MW.

Oltre agli aerogeneratori anzidetti il progetto prevede la realizzazione di un Battery Energy Storage System (BESS) di potenza nominale pari a 27600 kW.

I calcoli strutturali preliminari, oggetto della presente relazione, riguardano, come dettagliatamente illustrato nei successivi paragrafi, le opere di fondazione degli aerogeneratori in progetto e le opere di fondazione dell'area BESS ed SSEU.

Nel dettaglio, le strutture analizzate sono:

- 1) Strutture di fondazione – Aerogeneratore MO 01;
- 2) Strutture di fondazione – Aerogeneratore MO 02;
- 3) Strutture di fondazione – Aerogeneratore MO 03;
- 4) Strutture di fondazione – Aerogeneratore MO 04;
- 5) Strutture di fondazione – Aerogeneratore MO 05;
- 6) Strutture di fondazione – Aerogeneratore MO 06;
- 7) Strutture di fondazione – Area BESS;
- 8) Strutture di fondazione – Area SSEU

Per il corretto posizionamento planimetrico delle strutture si rimanda al successivo inquadramento ortofotografico:

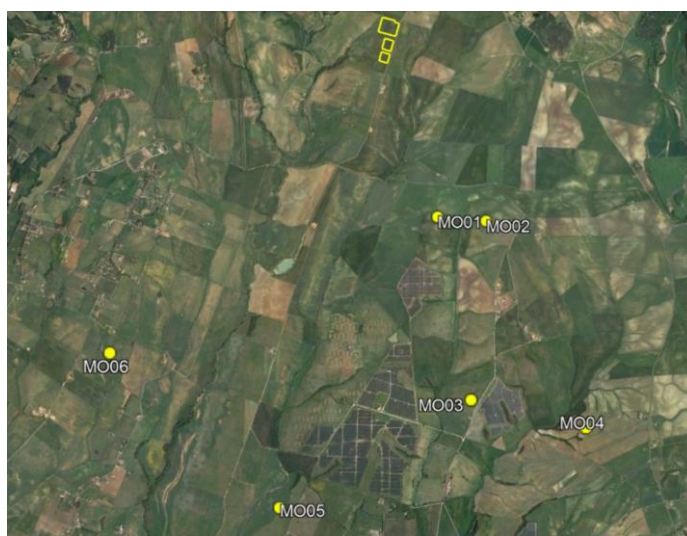


Figura 1 - Inquadramento territoriale su ortofoto con individuazione dei siti oggetto di studio

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le operazioni illustrate nel proseguo, relative all'analisi delle strutture ed alle verifiche degli elementi strutturali sono state effettuate in conformità alle seguenti norme:

UNI ENV 1992-1-1: Eurocodice 2 - "Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"

UNI ENV 1993-1-1: Eurocodice 3 - "Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici."

UNI ENV 1998-1-1: Eurocodice 8 - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 1-1: Regole generali."

D.M. 17/01/2018 - "Norme tecniche per le costruzioni."

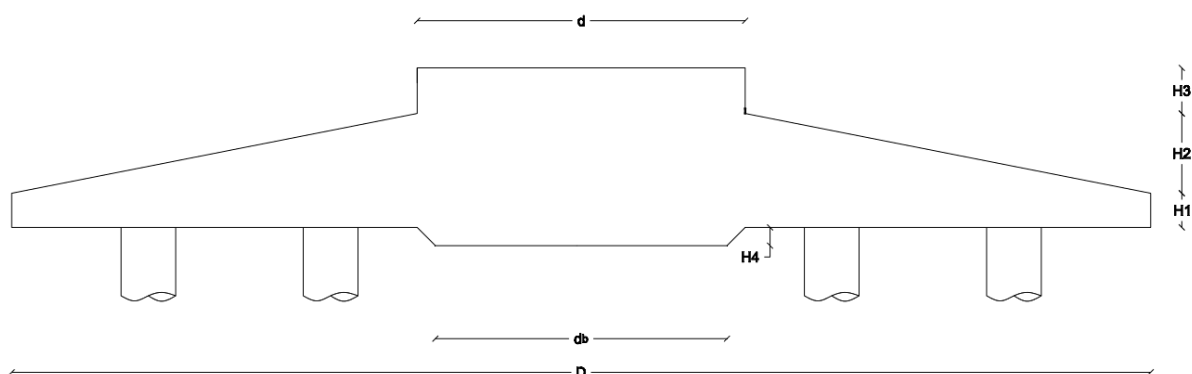
Circolare CSLPP n. 7 del 21/01/2019 - "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI

3.1 Plinto aerogeneratore

Per ogni aerogeneratore, è stato previsto un sistema di fondazione costituito da plinti di forma geometrica divisibile in tre solidi di cui il primo è un cilindro (corpo 1) con un diametro di 25.00 m e un'altezza di 0.75 m, il secondo (corpo 2) è un tronco di cono con diametro di base pari a 25.00 m, diametro superiore di 7.20 m e altezza pari a 1.75 m; il terzo corpo (corpo 3) è un cilindro con un diametro di 7.20 m e un'altezza di 1.00 m; infine nella parte centrale del plinto, in corrispondenza della gabbia tirafondi, si individua un tronco di cono con diametro inferiore pari a 6.40 m, diametro superiore pari a 7.20 m e altezza di 0.40 m.

Di seguito si riporta una sezione della fondazione e una tabella con le caratteristiche dimensionali.



SIMBOLO	DIM.	U.M.
D	25.00	m
d	7.20	m
db	6.40	m
H1	0.75	m
H2	1.75	m
H3	1.00	m
H4	0.40	m
$H_{tot} = H1+H2+H3$	3.50	m
V_{plinto}	815	m ³
N° pali	24	-
D_{pali}	1.20	m
L_{pali}	30	m
V_{pali}	814	m ³

Sulla scorta delle caratteristiche geologiche del terreno disponibili in questa fase preliminare di calcolo, per come risultanti dello Studio Geologico allegato al progetto, e sulla scorta delle forze sollecitanti desunte dalla documentazione tecnica preliminare del produttore, si è reso necessario adottare, per ciascun aerogeneratore, fondazioni del tipo indiretto prevedendo n. 24 pali del diametro di 1.20 m e lunghezza di 30 m.

Si rimanda in ogni caso alla progettazione esecutiva per maggiori dettagli su geometria, dimensioni del plinto e l'ottimizzazione delle caratteristiche dei pali e della distribuzione delle armature metalliche per ogni struttura analizzata.

3.2 Platea di fondazione – Area BESS e SSEU

Il progetto prevede la realizzazione di un Battery Energy Storage System (BESS) di potenza nominale pari a 27600 kW e di una Stazione Elettrica di Utenza (SSEU) da installarsi su platee di fondazione, dimensionate sulla scorta delle caratteristiche geologiche del terreno disponibili in questa fase preliminare di calcolo, per come risultanti dello Studio Geologico allegato al progetto, e sulla scorta dei carichi di esercizio desunti dalla documentazione tecnica del produttore.

In particolare per entrambe le opere si prevede la realizzazione di una platea di fondazione di spessore pari a 40 cm, diffusamente armata con armatura di base fi14/25 lungo le due direzioni ortogonali principali.

Si rimanda in ogni caso alla progettazione esecutiva per maggiori dettagli su geometria, dimensioni ed ottimizzazione della distribuzione delle armature metalliche dell'opera analizzata.

4 CONVENZIONI, UNITA' DI MISURA E SIMBOLI ADOTTATI

Tutte Nei calcoli sono state utilizzate le seguenti unità:

- distanze : cm
- forze, tagli, e sforzi normali : kN
- coppie e momenti flettenti : kNm
- carichi sulle aste : kN/m²
- carichi su superfici : kN/m²
- peso specifico : kN/m³
- tensioni e resistenze : N/mm²
- temperatura : °C

I simboli adottati hanno il seguente significato:

- q : *fattore di comportamento;*
- R_{ck} : *Resistenza caratteristica cubica a compressione del calcestruzzo;*
- f_{ck} : *Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo;*
- E_c : *Modulo elastico secante del calcestruzzo;*
- E_{ct} : *Modulo elastico a trazione del calcestruzzo*
- f_{cd} : *Resistenza di calcolo del calcestruzzo;*
- f_{ctk} : *Resistenza caratteristica a trazione;*
- ν : *Coefficiente di Poisson;*
- α_t : *Coefficiente di dilatazione termica;*
- γ_s : *peso specifico;*
- f_{yk} : *Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio;*
- f_{tk} : *Resistenza caratteristica di rottura dell'acciaio;*
- f_d : *resistenza di calcolo dell'acciaio;*
- A : *Superficie della sezione trasversale;*
- $[R]$: *Elemento con rinforzo;*
- J_X : *Momento di inerzia rispetto all'asse X;*
- J_Y : *Momento di inerzia rispetto all'asse Y;*
- J_{XY} : *Momento di inerzia centrifugo rispetto agli assi X ed Y;*
- J_T : *Fattore torsionale;*

- N : sforzo normale;
- M_T : Momento Torcente;
- M_{XZ} : Momento Flettente X-Z;
- T_{XZ} : Taglio X-Z;
- M_{XY} : Momento Flettente X-Y;
- T_{YX} : Taglio X-Y;
- f_i : Frequenza del modo i -esimo;
- T_i : Periodo del modo i -esimo;
- Γ_X : Fattore di partecipazione del modo i -esimo in direzione x ;
- Γ_Y : Fattore di partecipazione del modo i -esimo in direzione y ;
- Γ_Z : Fattore di partecipazione del modo i -esimo in direzione z ;
- N_{Sd} : Sforzo Normale sollecitante di calcolo;
- $M_{Sd,XZ}$: Momento Flettente X-Z sollecitante di calcolo;
- $M_{Sd,XY}$: Momento Flettente X-Y sollecitante di calcolo;
- M_{tS} : Momento Torcente sollecitante di calcolo;
- $V_{Sd,XZ}$: Taglio X-Z sollecitante di calcolo;
- $V_{Sd,XY}$: Taglio X-Y sollecitante di calcolo;
- N_{Rd} : Sforzo Normale resistente di calcolo;
- $M_{Rd,XZ}$: Momento Flettente X-Z resistente di calcolo;
- $M_{Rd,XY}$: Momento Flettente X-Y resistente di calcolo;
- M_{tR} : Momento Torcente resistente di calcolo;
- $V_{Rd,XZ}$: Taglio X-Z resistente di calcolo;
- $V_{Rd,XY}$: Taglio X-Y resistente di calcolo;
- σ_C : Tensioni del calcestruzzo;
- σ_S : Tensioni delle armature;
- $\sigma_{C,lim}$: Tensioni limite del calcestruzzo;
- $\sigma_{S,lim}$: Tensioni limite dell'acciaio;
- f/l : rapporto freccia/lunghezza;
- f_{lim} : valore limite del rapporto freccia/lunghezza;

5 DESCRIZIONE GENERALE DEL MODELLO

5.1 Modello assunto per il calcolo

L'analisi numerica della struttura è stata condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti ipotizzando, a seconda dei casi, un comportamento elastico-lineare oppure elastoplastico.

Il metodo degli elementi finiti consiste nel sostituire il modello continuo della struttura con un modello discreto equivalente e di approssimare la funzione di spostamento con polinomio algebrico, definito in regioni (dette appunto elementi finiti) che sono delle funzioni interpolanti il valore di spostamento definito in punti discreti (detti nodi).

Riferimento globale e locale

La struttura viene definita utilizzando una terna di assi cartesiani formanti un sistema di riferimento levogiro, unico per tutti gli elementi e chiamato "globale". Localmente esiste un ulteriore sistema di riferimento, detto appunto "locale", utile alla definizione delle caratteristiche di rigidezza dei singoli elementi.

I due sistemi di riferimento sono correlati da una matrice, detta di rotazione.

Modellazione geometrica della struttura

Il modello geometrico (mesh) della struttura è basato sull'utilizzo dei seguenti elementi:

- Nodi

Si definiscono nodi, entità geometriche determinate tramite le tre coordinate nel riferimento globale.

I nodi, nello spazio tridimensionale, posseggono tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali.

Essi sono posizionati in modo da definire gli estremi degli elementi finiti e, di regola, in ogni discontinuità strutturale, di carico, di caratteristiche meccaniche, di campo di spostamento.

- Vincoli e Molle

I gradi di libertà possono essere vincolati, bloccando il cinematismo nella direzione voluta o assegnando "molle" applicate ai nodi tramite valori di rigidezza finiti.

Un vincolo assegna a priori un valore di spostamento nullo, e quindi la variabile corrispondente viene eliminata.

- Vincoli interni

Tali vincoli servono a definire le modalità di trasmissione degli sforzi dall'elemento finito ai nodi. Ciò viene associato al concetto di trasferimento della rigidità.

Generalmente l'elemento considerato è rigidamente connesso ai nodi che lo definiscono, in modo da bloccare tutti i gradi di libertà relativi. E' possibile, comunque "rilasciare" le caratteristiche delle sollecitazioni, in modo da svincolare i gradi di libertà corrispondenti. Nel caso particolare, il modello utilizzato consente di svincolare le tre rotazioni intorno agli assi locali dell'asta.

- Aste

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo delimitate da due nodi (i nodi di estremità).

Per questi elementi generalmente la funzione interpolante è quella del modello analitico per cui la mesh non influisce sensibilmente sulla convergenza.

Le aste sono dotate di rigidità assiale, flessionale, e a taglio, secondo il modello classico della trave inflessa di Eulero- Bernoulli e/o Timoshenko.

Alla singola asta è possibile associare una sezione costante per tutta la sua lunghezza.

- Asta su suolo elastico

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo, di definizione simile alle aste. Sono utili a modellare travi di fondazione, considerate poggianti su suolo alla Winkler, e reagenti sia rispetto alle componenti traslazionali di cinematico, sia rotazionali.

- Asta con plasticità diffusa

Si tratta di un elemento finito monodimensionale in grado di modellare la risposta elastoplastica in ogni punto dello stesso. A tal proposito l'asse della trave viene discretizzato in un numero finito di sezioni (significative ai fini dell'integrazione numerica) ognuna delle quali viene a sua volta suddivisa in un certo numero di fibre. La risposta 3d assiale e flessionale viene ottenuta attraverso l'integrazione delle sollecitazioni relative alla singola fibra sull'intera sezione trasversale.

- Lastra-Piastra

Si tratta di elementi finiti bidimensionali, definiti da tre o quattro nodi, posti ai vertici rispettivamente di un triangolo o di un quadrilatero irregolare. La geometria reale dell'elemento viene ricondotta ad un triangolo rettangolo (elemento a tre nodi) o ad un quadrato definito nella trattazione isoparametrica.

L'elemento lastra-piastra non ha rigidezza per la rotazione intorno all'asse perpendicolare al suo piano e viene trattato secondo la teoria di Mindlin-Reissner. Nel modello considerato si tiene conto dell'accoppiamento tra azioni flessionali e membranali.

- Forze e coppie concentrate

Per la risoluzione statica della struttura, tutti i carichi applicati agli elementi vengono trasferiti ai nodi. Ciò avviene in automatico per il peso delle aste, delle piastre, delle pareti, dei pannelli di carico presenti sulle aste e per la distribuzione di carico applicate agli elementi bidimensionali.

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di forze e coppie ai nodi.

Le forze sono dirette lungo le tre direzioni del sistema di riferimento globale ed in entrambi i versi per ogni direzione.

Le coppie concentrate sono riferite ai tre assi del riferimento globale, in entrambi i versi di rotazione di ciascun asse.

- Carichi distribuiti

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di carichi ripartiti sulle aste e di distribuzione di carico su piastre e pareti.

I carichi ripartiti sulle aste possono essere riferite sia al riferimento globale, sia al riferimento locale, lungo le tre direzioni ed in entrambe i versi. E' possibile anche introdurre carichi distribuiti torcenti agenti intorno all'asse dell'asta ed in entrambe i versi di rotazione.

Tutti i tipi di carico ripartito devono avere forma trapezia.

Sugli elementi bidimensionali, che fanno parte della mesh di piastre e pareti, è possibile assegnare una distribuzione uniforme, avente le caratteristiche di una pressione diretta ortogonalmente all'elemento.

- Pannelli di carico

Il pannello di carico è un concetto legato alla reale distribuzione di carichi gravanti sulle aste. Ne fanno parte: solai, balconi, scale.

Da tali pannelli, di forma irregolare come definiti dalla geometria dell'input, si passa alla quantificazione dei carichi trapezoidali ripartiti sulle aste. Per meglio simulare l'effetto dei pannelli, vengono generati in modo automatico anche dei carichi ripartiti torcenti, anch'essi di forma trapezia, relativi ai carichi distribuiti equivalenti al pannello.

- Sezioni

Le sezioni assegnabili alle aste sono definite attraverso le caratteristiche geometrico-elastiche, i moduli di resistenza plastici (sezioni in acciaio) ed il materiale.

Materiali

I parametri che descrivono il comportamento meccanico dei materiali variano in funzione di:

- Natura del materiale;
- Tipo di analisi (Lineare o non Lineare);
- Modello meccanico adottato.
- Comportamento isotropo, ortotropo ed anisotropo.

Oltre a questi vengono associati anche il peso dell'unità di volume ed il coefficiente di dilatazione termica.

Matrici di calcolo della struttura

Dalla discretizzazione geometrica della struttura vengono definite le matrici utili a studiare il comportamento globale della struttura in esame.

- Matrice di rigidezza

Tale matrice viene costruita partendo dalla matrice di rigidezza espressa nel sistema di riferimento locale dell'elemento considerato. Attraverso un'operazione di trasformazione, mediante la matrice di rotazione, viene riferita al sistema di riferimento globale. L'ultima operazione consiste nell'"assemblaggio" delle singole matrici di ogni elemento, in modo da formare un'unica matrice relativa all'intera struttura.

- Matrice delle masse

La generazione della matrice globale è del tutto analoga a quella sopra descritta per la matrice di rigidezza. La matrice delle masse è di tipo "consistent" e considera l'effettiva distribuzione delle masse della struttura. Come definito dalla normativa, alle masse relative ai carichi permanenti, viene aggiunta un'aliquota delle masse equivalenti ai carichi d'esercizio.

- Matrice di smorzamento

Il modello di smorzamento adottato è di tipo viscoso ed in modo particolare quello di Rayleigh detto anche smorzamento proporzionale. Secondo tale modello la matrice di smorzamento viene calcolata secondo la relazione:

$$C = \alpha M + \beta K$$

dove α e β sono le costanti di smorzamento di Rayleigh.

5.2 Tipo di calcolo

5.2.1 Analisi dinamica modale

L'analisi sismica nella componente orizzontale è basata sulla teoria ed i concetti propri dell'analisi modale.

L'analisi modale consente di determinare le oscillazioni libere della struttura discretizzata.

Tali modi di vibrare sono legati agli autovalori e autovettori del sistema dinamico generalizzato, che può essere riassunto in:

$$K \mathbf{a} = \omega^2 M \mathbf{a}$$

dove:

K : matrice di rigidezza globale;

M : matrice delle masse globale;

\mathbf{a} : autovettori (forme modali);

ω^2 : autovalori del sistema generalizzato.

La frequenza f dei modi di vibrare è calcolata mediante la seguente formula:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Il periodo T è calcolato come:

$$T = \frac{1}{f}$$

I "fattori di partecipazione modali" possono essere calcolati mediante la seguente formula:

$$\Gamma_i = \phi_i^T M I$$

dove:

ϕ_i : autovettori normalizzati relativi al modo i -esimo;

I : vettore di trascinamento (o di direzione di entrata del sisma).

Per ogni direzione del sisma vengono scelti i modi efficaci al raggiungimento del valore imposto dalla normativa (85%).

Il parametro di riferimento è il "fattore di partecipazione delle masse", la cui formulazione è:

$$\Lambda_{xi} = \frac{\Gamma_i^2}{M_{tot}}$$

I cinematismi modali vengono calcolati come:

$$u_i = \phi_i \Gamma_i \frac{S_d(T_i)}{\omega_i^2}$$

dove:

$S_d(T_i)$: ordinata spettro di risposta orizzontale o verticale;

ω^2 : autovalore del modo i -esimo.

Gli effetti relativi ai modi di vibrare, vengono combinati utilizzando la combinazione quadratica completa (CQC):

$$E = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} E_i E_j}$$

con ρ_{ij} rappresenta il coefficiente di correlazione tra il modo i -esimo ed il modo j -esimo ed ha la seguente espressione:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2(1 + \beta_{ij})\beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2\beta_{ij}(1 + \beta_{ij}^2) + 8\xi^2\beta_{ij}^2}$$

dove:

ξ : rapporto di smorzamento viscoso;

β_{ij} : rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia di modi f_i/f_j ;

E_i ed E_j : effetti considerati in valore assoluto.

La condizione "Torsione Accidentale" contiene il momento torcente generato dalla forza sismica di piano per l'eccentricità calcolata in funzione della dimensione massima dell'ingombro in pianta nella direzione ortogonale a quella considerata (5%).

5.3 Procedura di verifica degli elementi

5.3.1 Elementi in c.a.

Le singole verifiche vengono descritte qui di seguito:

Flessione composta deviata

Le sollecitazioni che vengono considerate in tale verifica sono: Sforzo Normale, Momento Flettente X-Z, Momento Flettente X-Y.

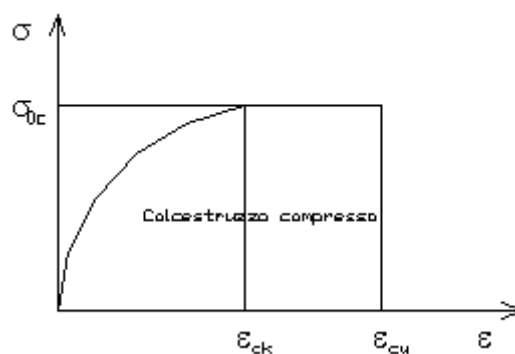
La verifica di resistenza è soddisfatta se la sollecitazione determinata dalla condizione considerata cade all'interno del dominio di sicurezza determinato, attraverso la conoscenza:

- del comportamento meccanico della sezione in esame;
- delle caratteristiche dei materiali di cui è composta;
- dei coefficienti di sicurezza forniti dalla normativa seguita.

Il calcolo è condotto nelle ipotesi che:

1. Le sezioni rimangano piane fino a rottura;
2. Ci sia perfetta aderenza fra acciaio e calcestruzzo;
3. Il calcestruzzo non abbia alcuna capacità di resistenza a trazione.

Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per il calcestruzzo è di tipo parabola-rettangolo come indicato nella seguente figura:



dove:

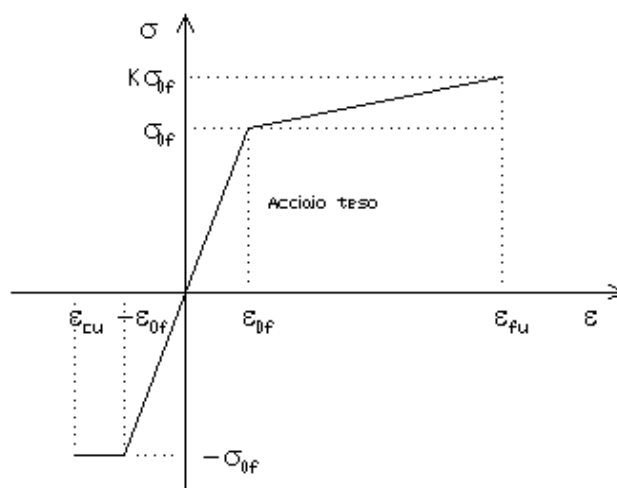
- ϵ_{ck} = deformazione caratteristica;
- ϵ_{cu} = deformazione ultima del calcestruzzo;
- σ_{0c} = resistenza di calcolo del calcestruzzo;

Le equazioni che descrivono il diagramma sono:

$$\epsilon < \epsilon_{ck} : \sigma(\epsilon) = 1000 \sigma_{0c} \epsilon (1 - 250 \epsilon)$$

$$\epsilon_{ck} < \epsilon < \epsilon_{cu} : \sigma(\epsilon) = \sigma_{0c}$$

Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per l'acciaio è indicato nella seguente figura:



dove: $\epsilon_{0f} = \sigma_{0f}/E$

E : Modulo di elasticità dell'acciaio;

σ_{0f} : resistenza di calcolo dell'acciaio;

k : rapporto di sovrarresistenza (se è pari ad 1 il comportamento è bilineare elastico-perfettamente plastico);

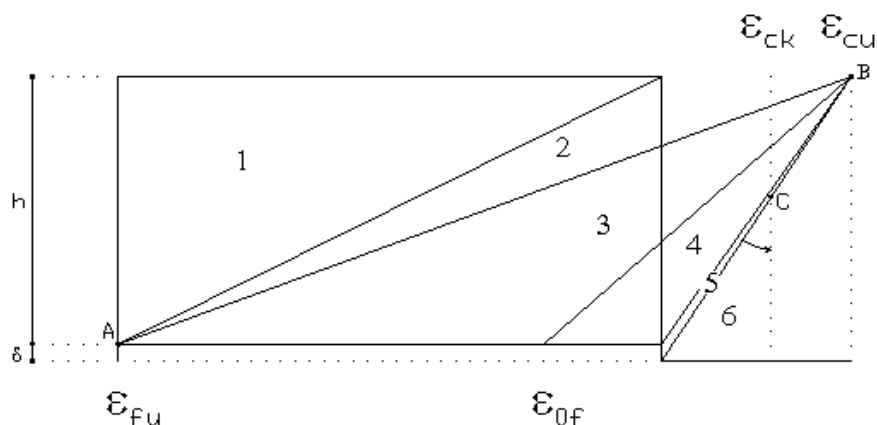
f_{yk} : Resistenza caratteristica dell'acciaio;

γ_m : coefficiente di sicurezza dell'acciaio;

ϵ_{fu} : deformazione ultima dell'acciaio;

ϵ_{cu} : deformazione ultima del calcestruzzo;

Le limitazioni delle deformazioni unitarie per il conglomerato e per l'acciaio conducono a definire sei diversi campi (o regioni) nei quali potrà trovarsi la retta di deformazione specifica. Tali campi sono descritti nel seguente modo:



Campo 1 : è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ϵ_{fu} . Il diagramma delle deformazioni specifiche appartiene ad un fascio di rette passanti per il punto (A) mentre la distanza dall'asse neutro potrà variare da $-\infty$ a 0. È il caso di trazione semplice o con piccola eccentricità; la sezione risulta interamente tesa. La crisi si ha per cedimento dell'acciaio teso.

Campo 2 : è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ϵ_{fu} e dalla rotazione del diagramma attorno al punto (A). La deformazione specifica del calcestruzzo varia da 0 al valore massimo del calcestruzzo compresso (ϵ_{cu}) mentre la distanza dell'asse neutro dal lembo compresso può variare da 0 a $0.259h$. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 3 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ϵ_{cu} . Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è ancora deformata in campo plastico. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 4 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu} . Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è sollecitata con tensioni inferiori allo snervamento e può risultare anche scarica. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 5 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu} . Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B) mentre la distanza dell'asse neutro varia da h ad $h + d$. L'armatura in tale regione è sollecitata a compressione e pertanto tutta la sezione è compressa; è questo il caso della flessione composta.

Campo 6 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato compresso che varia fra ε_{cu} e ε_{cu} . Le rette di deformazione specifica appartengono ad un fascio passante per (C) e la distanza dell'asse neutro varia fra 0 e $-\infty$. La distanza di (C) dal lembo superiore vale $3h/7$. La sezione risulta sollecitata a compressione semplice o composta.

Taglio

Il calcolo del taglio viene eseguito secondo il metodo di Ritter-Morsch. Per gli elementi in cui è richiesta la verifica a taglio, deve risultare:

$$V_{Sd} \leq \min\{V_{Rsd}, V_{Rcd}\}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 d (A_{sw}/s) f_{yd} (ctg \alpha + ctg \theta) \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (ctg \alpha + ctg \theta)/(1 + ctg^2 \theta)$$

dove:

- V_{Sd} : taglio sollecitante il calcolo;
- d : altezza utile della sezione;
- A_{sw} : area dell'armatura trasversale;
- s : passo dell'armatura trasversale;
- f_{yd} : resistenza a snervamento dell'acciaio;
- b_w : larghezza minima della sezione lungo l'altezza efficace;
- α_c : coefficiente di compressione della sezione;
- f'_{cd} : resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo;
- α : angolo di inclinazione delle armature a taglio;
- θ : angolo di inclinazione delle bielle compresse.

Il contributo delle armature a taglio è somma del contributo delle staffe e degli eventuali sagomati. In ogni caso l'aliquota massima che può essere affidata ai sagomati è il 50% dello sforzo di taglio massimo.

Taglio-Punzonamento

Il punzonamento può essere determinato da un carico concentrato o da una reazione agente su area relativamente piccola, denominata area caricata di una soletta o di una fondazione.

La resistenza a punzonamento viene verificata lungo la faccia del pilastro (o impronta di carico) e lungo il perimetro di verifica u_1 . Se è richiesta un'armatura a taglio, le stessa verrà estesa fino ad un ulteriore perimetro di verifica u_{out} .

Il perimetro di verifica di base u_1 , viene collocato a una distanza di $2d$ dall'area caricata definito, per aree poligonali, come quello di minima lunghezza, dove d è l'altezza utile della sezione di verifica.

Lungo il perimetro del pilastro, o il perimetro dell'area caricata, non deve essere superata la massima tensione di taglio-punzonamento:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

dove:

$$V_{Rd,max} = 0.5 b_w d v f_{cd}$$

$$v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$$

Nel caso in cui V_{Ed} supera il valore $V_{Rd,c}$ per la sezione di verifica considerata, verrà disposta un'apposita armatura per il taglio-punzonamento:

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

dove:

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2 \text{ d in mm}$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz})/2 \text{ tensioni normali agenti}$$

$$k_1 = 0.1$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Dove è richiesta l'armatura a taglio, il valore resistente è il seguente:

$$V_{Rd,cs} = 0.75 V_{Rd,c} + 1.5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd} (1/(u_1 d))$$

dove:

A_{sw} è l'area di armatura a taglio-punzonamento situata su di un perimetro interno al pilastro

s_r è il passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento

Stabilità pali

La verifica di instabilità degli elementi snelli in c.a. viene condotta attraverso un'analisi del secondo ordine che tiene in conto degli effetti flessionali dell'azione assiale sulla configurazione deformata degli elementi stessi.

Si sono assunti legami fra le azioni interne e le deformazioni che mettono in conto il comportamento non lineare dei materiali e si è trascurato il contributo del calcestruzzo teso. È stato utilizzato il "criterio della snellezza per elementi isolati" descritto nell'Eurocodice 2.

Il valore limite della snellezza per ogni colonna è stato assunto pari a:

$$\lambda_{lim} = \frac{20 A B C}{\sqrt{n}}$$

dove:

$$n = N_{ed} / (A_c f_{cd})$$

$$A = 0.7$$

$$B = 1.1$$

$$C = 0.7$$

La snellezza della colonna da confrontare con λ_{lim} è pari a:

$$\lambda = \lambda_0 / i$$

λ_0 è la lunghezza libera d'inflessione definita in base ai vincoli di estremità (o calcolata con metodi numerici) ed i è il raggio d'inerzia della sezione in calcestruzzo non fessurato.

Nel caso in cui sia necessaria l'amplificazione dei momenti flettenti, la stessa è stata effettuata mediante il "metodo della stima della curvatura nominale". Il momento di progetto viene calcolato con la seguente relazione:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

Il valore M_{0Ed} , rappresenta il momento del primo ordine equivalente di estremità calcolato come:

$$M_{0ed} = 0.6 M_{02} + 0.4 M_{01} \geq 0.4 M_{02}$$

M_{01} e M_{02} rappresentano i momenti di estremità del primo ordine.

Il momento nominale del secondo ordine M_2 viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$M_2 = N_{Ed} e_2$$

Il parametro e_2 è l'inflessione calcolata come:

$$e_2 = \left(\frac{1}{r}\right) \frac{l_0^2}{c}$$

Il valore c può essere posto pari a 10.

La curvatura $1/r$ viene calcolata mediante:

$$\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{1}{r_0}$$

Dove:

$$K_r = (1 + \omega - n)/(1 + \omega - 0.4) \leq 1$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} \geq 1$$

ω : percentuale meccanica di armatura totale

n : forza assiale adimensionalizzata

$$\beta = 0.35 + f_{ck}/200 - \lambda/150$$

Con riferimento al punto 4.1.2.3.9.3 delle NTC 2018 in aggiunta al momento sollecitante esterno viene sommata un'aliquota dovuta ad un'eccentricità dello sforzo normale pari a 1/300 dell'altezza della colonna (difetto di rettilineità).

Stato tensionale

Tale verifica rientra nell'ambito della verifica di esercizio. Il calcolo delle tensioni si ottiene sfruttando le ipotesi tradizionali per il calcolo del cemento armato ordinario, e cioè:

1. assunzione dei materiali elastico lineari;
2. conservazione delle sezioni piane al crescere dei carichi;
3. perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
4. resistenza nulla a trazione del calcestruzzo;

Inoltre può essere stabilito un coefficiente di omogeneizzazione diverso dal valore ordinario.

Le tensioni di esercizio si possono calcolare considerando le combinazioni di carico caratteristica, frequente e quasi permanente.

La verifica consiste nel confrontare le tensioni di calcolo con quelle limite dei materiali.

Fessurazione

Il calcolo delle ampiezze delle fessure si effettua considerando anche la parte di calcestruzzo reagente a trazione utilizzando la seguente espressione

$$W_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

W_k : ampiezza di calcolo delle fessure;

$s_{r,max}$: distanza massima tra le fessure;

ε_{sm} : deformazione media dell'armatura che tiene conto, nella combinazione di carico considerata, anche degli effetti "tension stiffening";

ε_{cm} : deformazione media del calcestruzzo.

La quantità $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ si ottiene dalla seguente espressione:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - 0.4 \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

dove:

σ_s : tensione dell'acciaio teso calcolata a sezione fessurata;

E_s : modulo elastico dell'acciaio;

σ_s : tensione dell'acciaio teso calcolata nella sezione per una condizione di carico che induce alla prima fessurazione;

α_s : rapporto E_s/E_{cm} ;

ρ_{eff} : percentuale di armatura efficace.

La quantità s_{rm} si ottiene dalla seguente espressione:

$$s_{rm} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 (\phi / \rho_{eff})$$

dove:

c : ricoprimento delle armature;

k_1 : coefficiente di aderenza delle barre. Assume valore 1.6 per barre lisce e 0.8 per barre ad aderenza migliorata;

k_2 : coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle deformazioni. Assume valore 0.5 per flessione e 1 per trazione pura;

k_3 : coefficiente pari a 3.4;

k_4 : coefficiente pari a 0.425;

ϕ : diametro delle barre in mm. Se si utilizzano più diametri si utilizza il diametro medio.

La fessurazione causata dalle azioni tangenziali si considera contenuta in limiti accettabili se si adotta un passo delle staffe. Tale verifica non è necessaria in elementi in cui non è richiesta l'armatura a taglio.

5.3.2 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:

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

dove:

$$B' = B - 2 * eB;$$

B : lato minore della fondazione;

eB : eccentricità del carico lungo B ;

D : profondità del piano di posa della fondazione;

γ_1 : peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione;

γ_2 : peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione;

c : coesione del terreno;

q : carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione;

Fondazioni profonde – Carico limite laterale

La resistenza laterale ultima di ogni singolo palo sarà valutata considerando la resistenza del terreno che può essere mobilizzata alle varie profondità dalla semplice traslazione laterale del palo secondo la teoria di Broms (1964). In prossimità del piano campagna il raggiungimento della resistenza limite del terreno causerebbe un meccanismo di

scivolamento lungo una superficie che isola un cuneo in condizioni di spinta passiva che causa il sollevamento del terreno.

Il carico limite orizzontale H_{lim} , nel caso di terreni prevalentemente coesivi, sarà valutato secondo le relazioni seguenti:

- Se palo corto vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$H_{lim} = 9 * C_u * D * (L - 1.5 * D)$$

- Se palo lungo vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$\frac{M_u}{C_u * D^3} = \frac{H_{lim}}{C_u * D^2} * \left[0.75 + \frac{H_{lim}}{36 * C_u * D^2} \right]$$

dove:

C_u : resistenza a taglio del terreno;

D : diametro del palo;

L : lunghezza del palo;

M_u : momento di plasticizzazione della sezione del palo;

Nel caso di terreno prevalentemente granulare, incoerente, il carico limite sarà valutato secondo le relazioni seguenti:

- Se palo corto vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$H_{lim} = 1.5 * K_p * \sigma'_{vo} * D * L$$

- Se palo lungo vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$H_{lim} = \frac{2 * M_u}{0.544 * \sqrt{\frac{H_{ult}}{\gamma * D * K_p}}}$$

dove:

K_p : coefficiente di spinta passivo del terreno;

σ'_{vo} : tensione efficace del terreno;

D : diametro del palo;

L : lunghezza del palo;

γ : peso dell'unità di volume del terreno;

Fondazioni profonde – Carico limite verticale

L'espressione generale della capacità portante verticale del palo (Q_{ult}) è data dalla somma della portata limite di base (Q_{base}) e dalla portata limite per attrito laterale ($Q_{laterale}$) meno il peso proprio del palo (W_{palo}):

$$Q_{ult} = Q_{base} + Q_{laterale} - W_{palo}$$

Nei casi di palo soggetto ad azioni assiali di trazione e non di compressione, la relazione per la valutazione del carico limite del palo (Q_{ult}) è data dalla somma della portata limite per attrito laterale ($Q_{laterale}$) più il peso proprio del palo (W_{palo}) trascurando la portata limite di base (Q_{base}):

$$Q_{ult} = Q_{laterale} + W_{palo}$$

La portata di base e quella laterale del singolo palo vengono calcolate con metodi di calcolo analitici, a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici con le relazioni e secondo le teorie classiche per la stima del carico limite verticale suggerite dalla letteratura tecnica di riferimento.

Teoria di Bowles

- Portata di Base -

$$Q_{base} = (Q_u * N_q * S_q * D_q + cb * N_c) * A_b$$

dove:

Q_u : pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q : fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

$$N_q = e^{\pi * \tan(\varphi)} * \tan^2(45 + \varphi/2)$$

S_q : fattore correttivo funzione della forma, valido per fondazioni circolari;

$$S_q = 1 + \tan(\varphi)$$

D_q : fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_q = 1 + 2 \tan(\varphi) * (1 - \sin(\varphi))^2 * \tan^{-1}(L_p/D)$$

cb : coesione dello strato alla punta;

N_c : fattore di capacità portante funzione del diametro del palo ($7 \div 9$);

A_b : area della superficie di base del palo;

- Portata per attrito laterale -

$$Q_{laterale} = \sum Al_i * (qc_i + qatt_i) = \sum Al_i * [\alpha * ci + qi * ko * \tan(\delta)]$$

dove:

Al_i : superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;

qc_i : valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$qatt_i$: valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α : coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funz. della coesione non drenata ($\alpha = 0.4 \div 0.9$);

c_i : coesione del singolo strato;

q_i : pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

k_o : coeff. di spinta orizz. del singolo strato funz. del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolidamento;

δ : angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo;

6 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO01

6.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

6.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
Ec	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
Ect/Ec	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo pinto

Nome	Classe	ν	ps	αT	Ec	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cl _s C40/50	C40/50	0.15	25.00	1E-05	35220.462	1.50	0.50	40.00	22.667	1.637	34.00	2.456	2.456	3.509	0.20	0.35

Calcestruzzo palo

Nome	Classe	ν	ps kN/m ³	αT 1/°C	Ec N/mm ²	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm N/mm ²	Fcd SLU N/mm ²	fctd SLU N/mm ²	fcd SLD N/mm ²	fctd SLD N/mm ²	fctk,0.05 N/mm ²	fctm N/mm ²	ec2 %	scu2 %
Cls_C25/30	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

6.1.2 Acciaio per c.a.

- Nome : Nome del materiale;
- Tipo : Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
- γ_m : Coefficiente parziale per le resistenze;
- Es : Modulo elastico del materiale;
- f_{yk} : Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
- f_{tk} : Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
- f_d SLU : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
- f_d SLD : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
- f_d SLE : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
- k : Rapporto di sovrarresistenza (f_{tk} / f_{yk} > 1 per modello incrudente)
- ϵ_{ud} : Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²	f _d SLU N/mm ²	f _d SLD N/mm ²	f _d SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

6.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

6.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate nel prosieguo della relazione. Da queste

sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

6.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.5$ (Classe d'uso III §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 75$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

6.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.434397

Longitudine (ED50): 11°.583463

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
26057	42°.4192	11°.5936
25834	42°.4680	11°.5243
25835	42°.4692	11°.5920
26056	42°.4181	11°.5259

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	712	1462	75	45
Accelerazione sismica [g]	0.09	0.109	0.045	0.038
Coefficiente Fo	2.683	2.717	2.58	2.585
Periodo T _C *[sec]	0.296	0.305	0.258	0.232

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale				
	SLV	SLC	SLD	SLO
T_B [sec]	0.138	0.142	0.124	0.114
T_C [sec]	0.415	0.425	0.372	0.342
T_D [sec]	1.96	2.036	1.78	1.752
C_C	1.40	1.39	1.44	1.47

6.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_S	C_C
SLO	1.20	1.47
SLD	1.20	1.44
SLV	1.20	1.40
SLC	1.20	1.39

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

6.3.4 Carichi torre

Per la valutazione dei carichi trasmessi dalla torre al sistema di fondazione, si è fatto riferimento a specifica documentazione tecnica preliminare del produttore.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMvrp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	151100	4787	1424	-6657	[1]
Mzt	22VOGV00(fam170)	1.10	Abs	31215	-11389	243	-6680	[3]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	62E50a16000(fam333)	1.10	Abs	54598	-2345	505	-6985	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMvrp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

6.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

6.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

6.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Argilla limosa avana consistente
Col_Str	Strato II	Argilla limosa grigio azzurra molto consistente

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;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : 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;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	ν°	E_{ed} [N/mm ²]
Strato I	850.00	18.00	19.00	8.00	23.00	15.33	0.00	0.017	0.058	2.24	62.528	0.35	3.089
Strato II	4150.00	20.00	21.00	11.00	24.00	16.00	0.00	0.017	0.107	5.115	92.244	0.35	5.075

6.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

6.5.1 Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione

Nodo : Numerazione del nodo;

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	495.902	11404.602	23.00	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	490.978	11404.602	23.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	477.159	11404.602	23.90	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	454.151	11404.602	25.11	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC15	426.897	11404.602	26.72	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	398.876	11404.602	28.59	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	375.656	11404.602	30.36	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	361.716	11404.602	31.53	V

Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	358.121	11404.602	31.85	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	363.557	11404.602	31.37	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	377.443	11404.602	30.22	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	399.377	11404.602	28.56	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC9	426.961	11404.602	26.71	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	453.873	11404.602	25.13	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	474.469	11404.602	24.04	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	489.813	11404.602	23.28	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	1018.883	11404.602	11.19	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	923.216	11404.602	12.35	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	675.703	11404.602	16.88	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	485.785	11404.602	23.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	452.971	11404.602	25.18	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	485.665	11404.602	23.48	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	676.095	11404.602	16.87	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	920.67	11404.602	12.39	V

6.5.2 Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	494.167	17106.904	34.62	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	489.244	17106.904	34.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	475.686	17106.904	35.96	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	452.658	17106.904	37.79	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	425.12	17106.904	40.24	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	397.174	17106.904	43.07	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	374.176	17106.904	45.72	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	360.228	17106.904	47.49	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	356.392	17106.904	48.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	361.854	17106.904	47.28	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	375.963	17106.904	45.50	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	397.889	17106.904	42.99	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	425.183	17106.904	40.23	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	452.171	17106.904	37.83	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	473.011	17106.904	36.17	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	488.294	17106.904	35.03	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	1017.597	17106.904	16.81	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	922.237	17106.904	18.55	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	674.485	17106.904	25.36	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	485.409	17106.904	35.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	452.531	17106.904	37.80	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	485.334	17106.904	35.25	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	674.848	17106.904	25.35	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	919.549	17106.904	18.60	V

6.5.3 Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
 Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	83.27	987.569	11.86	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	61.707	1014.952	16.45	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.109	1029.533	16.85	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	60.018	1002.046	16.70	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	65.005	968.088	14.89	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	57.796	1042.855	18.04	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	47.526	1043.617	21.96	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	55.584	1027.004	18.48	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	52.139	1032.573	19.80	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	48.505	1035.784	21.35	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	47.808	1039.664	21.75	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	49.637	1039.116	20.93	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	69.132	975.193	14.11	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	68.57	983.964	14.35	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	47.296	1047.335	22.14	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	71.004	1004.58	14.15	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	60.893	1146.968	18.84	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	61.112	1129.251	18.48	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	62.311	1111.863	17.84	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	60.929	1075.102	17.65	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	70.742	1020.952	14.43	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	60.679	1066.02	17.57	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	50.431	1114.672	22.10	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	60.617	1140.184	18.81	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	145.292	1051.934	7.24	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	176.318	984.866	5.59	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	171.109	961.858	5.62	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	118.119	994.014	8.42	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	56.322	977.613	17.36	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	38.156	950.714	24.92	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	81.16	930.328	11.46	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	96.084	868.249	9.04	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	79.227	871.421	11.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	37.184	905.65	24.36	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	26.071	936.224	35.91	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	53.131	942.975	17.75	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	76.833	928.488	12.08	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	63.009	1005.581	15.96	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	67.868	962.747	14.19	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	84.893	1033.033	12.17	V

Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	48.642	1128.606	23.20	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	65.667	1105.673	16.84	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	55.76	996.614	17.87	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.999	937.699	17.69	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	41.698	910.226	21.83	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	61.056	951.881	15.59	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	102.426	1009.291	9.85	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.765	1085.461	20.57	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	65.378	1084.723	16.59	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	58.787	1062.953	18.08	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	60.421	1071.742	17.74	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.109	1069.202	22.70	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.126	1067.053	22.64	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	34.851	1089.459	31.26	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	24.581	1124.434	45.74	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	32.763	1063.062	32.45	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.25	1057.488	30.88	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	25.559	1091.865	42.72	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	29.647	1092.923	36.86	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.134	1085.128	31.79	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	51.25	1067.568	20.83	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	45.619	1075.623	23.58	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	38.943	1085.396	27.87	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	48.036	1078.643	22.45	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	41.534	1137.133	27.38	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	36.163	1152.21	31.86	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	42.954	1151.411	26.81	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	35.981	1095.849	30.46	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	45.797	1075.083	23.48	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	35.773	1096.889	30.66	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.228	1164.813	35.06	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	35.71	1155.074	32.35	V

6.5.4 Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
- Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Wpd : Peso del palo di calcolo;
- Eff. : Efficienza palificata;
- ζ : Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate;
- QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
- QLimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
- QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd [kN]	Wpd [kN]	Eff.	ζ	QlimLd [kN]	QlimBd [kN]	QvLimTotd [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.782	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	15.94	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.608	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.12	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	402.825	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.63	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.589	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.56	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	258.129	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.81	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.46	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.29	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.612	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.70	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.482	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.65	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	60.131	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.91	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.781	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.52	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.758	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.58	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.902	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.26	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	258.311	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.80	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.789	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.57	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	395.082	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.74	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	439.253	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.16	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.883	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.14	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.481	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.74	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.783	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.65	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.659	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.31	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.192	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.61	V
Nodo 60 -	SLV	CC11	Impalcato 0	427.578	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.31	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.17	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.65	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.67	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.76	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.60	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.83	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	9.64	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.37	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	14.57	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.16	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	33.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	22.34	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	20.24	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	22.92	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	35.62	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.97	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	14.57	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.46	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	9.78	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.89	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	5.63	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	6.46	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	10.50	V
Nodo 56 - Tip_Palo -	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.68	V

Palo 1												
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	16.11	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.63	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	10.50	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	6.48	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.788	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.01	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.802	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.18	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.583	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.69	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.291	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.63	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.151	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.89	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.561	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.38	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.352	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.80	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.196	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.75	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.155	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	23.03	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.878	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.64	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.496	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.68	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.617	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.34	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.331	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.89	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.887	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.65	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.885	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.79	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.88	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.22	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.597	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.15	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.37	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.75	V

Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.525	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.574	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.32	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.926	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.63	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.492	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.32	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.886	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.549	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.77	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd [kN]	Wpd [kN]	Eff.	ζ	QlimLd [kN]	QlimBd [kN]	QvLimTotd [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.782	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	11.97	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.608	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.10	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	402.825	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.49	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.589	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.19	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	258.129	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.12	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.46	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.23	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.612	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.29	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.482	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.00	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	60.131	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.20	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.781	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.91	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.758	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.21	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.902	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.21	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	258.311	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.12	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.789	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.19	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	395.082	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.56	V

Palo 1												
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	439.253	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.13	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.883	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.481	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.82	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.783	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.25	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.659	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.192	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.22	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.578	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.24	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.17	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.25	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.67	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.83	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.45	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.63	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.24	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.53	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.94	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.63	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	23.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	15.39	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	13.95	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	15.79	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	24.55	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.49	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.94	V

Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.61	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.35	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.67	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.23	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.85	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.89	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.03	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	11.10	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.99	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.88	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.86	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.788	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.02	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.802	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.15	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.583	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.53	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.291	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.23	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.151	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.18	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.561	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.30	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.352	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.196	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.08	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.155	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.29	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.878	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.00	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.496	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.28	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.617	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.27	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.331	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.18	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.887	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.25	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.885	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.61	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.88	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.18	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.597	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.37	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.82	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.525	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.26	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.574	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.25	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.926	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.24	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.492	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.26	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.886	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.26	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.549	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.84	V

6.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
- 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;
- σ : Tensione di calcolo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σt	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	0.3931	0.2184	0.0628	3.48	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	0.4526	0.2515	0.0591	4.25	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	0.4852	0.2695	0.0509	5.30	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	0.4961	0.2756	0.0387	7.12	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	0.3936	0.2187	0.0628	3.48	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	0.3934	0.1711	0.1277	1.34	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	0.453	0.1969	0.126	1.56	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	0.4855	0.2111	0.1106	1.91	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	0.4964	0.2158	0.0811	2.66	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	0.3939	0.1713	0.1265	1.35	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	0.3931	0.2184	0.0628	3.48	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	0.4526	0.2515	0.0591	4.26	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	0.4852	0.2695	0.0508	5.31	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	0.4961	0.2756	0.0385	7.15	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	0.3936	0.2187	0.0628	3.48	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σt	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	1.1087	0.616	0.0628	9.81	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	1.2653	0.7029	0.0591	11.89	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	1.4239	0.7911	0.0509	15.55	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	1.6438	0.9132	0.0387	23.59	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	1.0201	0.5667	0.0628	9.02	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	1.1487	0.4994	0.1277	3.91	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	1.3188	0.5734	0.126	4.55	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	1.4911	0.6483	0.1106	5.86	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	1.7302	0.7523	0.0811	9.28	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	1.0499	0.4565	0.1265	3.61	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	1.1087	0.616	0.0628	9.81	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	1.2653	0.7029	0.0591	11.90	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	1.4239	0.7911	0.0508	15.58	V

38-37-36-35)										
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	1.6438	0.9132	0.0385	23.70	V	
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	1.0201	0.5667	0.0628	9.02	V	

6.5.6 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
 Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
 Istant. : Cedimento istantaneo;
 Consol. : Cedimento di consolidamento;
 Tot. : Cedimento totale;
 Diff. : Cedimento differenziale;
 Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	957.50	0.0021	1.4049	1.407	0.1832	2.0124	2.1956	0.7886	(4‰ x Dist.) 3.83	4.86	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLE Car.	-	1275.0302	0.00	1.3978	1.3978	0.1799	2.0015	2.1815	0.7837	(4‰ x Dist.) 5.1001	6.51	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLE Car.	-	1533.9562	0.00	1.3978	1.3978	0.1576	1.9265	2.084	0.6862	(4‰ x Dist.) 6.1358	8.94	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLE Car.	-	1838.0162	0.004	1.4113	1.4153	0.1159	1.7867	1.9026	0.4873	(4‰ x Dist.) 7.3521	15.09	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLE Car.	-	720.00	0.0206	1.4668	1.4874	0.182	2.0084	2.1903	0.703	(4‰ x Dist.) 2.88	4.10	V

7 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO02

7.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

7.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
E_c	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
E_{ct}/E_c	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo plinto

Nome	Classe	ν	ps	αT	E_c	$\gamma_{m,c}$	E_{ct}/E_c	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cls_C40/50	C40/50	0.15	25.00	1E-05	35220.462	1.50	0.50	40.00	22.667	1.637	34.00	2.456	2.456	3.509	0.20	0.35

Calcestruzzo palo

Nome	Classe	ν	ps kN/m ³	αT 1/°C	Ec N/mm ²	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm N/mm ²	Fcd SLU N/mm ²	fctd SLU N/mm ²	fcd SLD N/mm ²	fctd SLD N/mm ²	fctk,0.05 N/mm ²	fctm N/mm ²	ec2 %	scu2 %
Cls_C25/30	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

7.1.2 Acciaio per c.a.

- Nome : Nome del materiale;
- Tipo : Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
- γ_m : Coefficiente parziale per le resistenze;
- Es : Modulo elastico del materiale;
- fyk : Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
- ftk : Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
- fd SLU : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
- fd SLD : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
- fd SLE : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
- k : Rapporto di sovrarresistenza (ftk / fyk > 1 per modello incrudente)
- ϵ_{ud} : Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	fyk N/mm ²	ftk N/mm ²	fd SLU N/mm ²	fd SLD N/mm ²	fd SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

7.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

7.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione.

Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

7.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.5$ (Classe d'uso III §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 75$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

7.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.433953

Longitudine (ED50): 11°.590405

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
26057	42°.4192	11°.5936
25834	42°.4680	11°.5243
25835	42°.4692	11°.5920
26056	42°.4181	11°.5259

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	712	1462	75	45
Accelerazione sismica [g]	0.091	0.11	0.045	0.038
Coefficiente Fo	2.681	2.714	2.578	2.585
Periodo T _C *[sec]	0.296	0.305	0.258	0.233

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F₀ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale				
	SLV	SLC	SLD	SLO
T_B [sec]	0.138	0.142	0.124	0.114
T_C [sec]	0.415	0.425	0.372	0.343
T_D [sec]	1.964	2.04	1.78	1.752
C_C	1.40	1.39	1.44	1.47

7.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_s	C_C
SLO	1.20	1.47
SLD	1.20	1.44
SLV	1.20	1.40
SLC	1.20	1.39

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

7.3.4 Carichi torre

Per la valutazione dei carichi trasmessi dalla torre al sistema di fondazione, si è fatto riferimento a specifica documentazione tecnica preliminare del produttore.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMvrp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	151100	4787	1424	-6657	[1]
Mzt	22VOGV00(fam170)	1.10	Abs	31215	-11389	243	-6680	[3]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	62E50a16000(fam333)	1.10	Abs	54598	-2345	505	-6985	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMvrp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

7.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

7.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

7.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Argilla limosa avana consistente
Col_Str	Strato II	Argilla limosa grigio azzurra molto consistente

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;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : 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;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	ν°	E_{ed} [N/mm ²]
Strato I	850.00	18.00	19.00	8.00	23.00	15.33	0.00	0.017	0.058	2.24	62.528	0.35	3.089
Strato II	4150.00	20.00	21.00	11.00	24.00	16.00	0.00	0.017	0.107	5.115	92.244	0.35	5.075

7.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

7.5.1 Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione

Nodo : Numerazione del nodo;

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	495.939	11404.602	23.00	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	491.014	11404.602	23.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	477.191	11404.602	23.90	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	454.183	11404.602	25.11	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC15	426.934	11404.602	26.71	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	398.913	11404.602	28.59	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	375.687	11404.602	30.36	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	361.748	11404.602	31.53	V

Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	358.158	11404.602	31.84	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	363.594	11404.602	31.37	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	377.475	11404.602	30.21	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	399.409	11404.602	28.55	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC9	426.998	11404.602	26.71	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	453.91	11404.602	25.13	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	474.501	11404.602	24.03	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	489.845	11404.602	23.28	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	1018.91	11404.602	11.19	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	923.237	11404.602	12.35	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	675.729	11404.602	16.88	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	485.793	11404.602	23.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	452.981	11404.602	25.18	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	485.672	11404.602	23.48	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	676.122	11404.602	16.87	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	920.694	11404.602	12.39	V

7.5.2 Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	494.166	17106.904	34.62	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	489.243	17106.904	34.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	475.685	17106.904	35.96	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	452.658	17106.904	37.79	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	425.119	17106.904	40.24	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	397.173	17106.904	43.07	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	374.175	17106.904	45.72	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	360.227	17106.904	47.49	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	356.391	17106.904	48.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	361.853	17106.904	47.28	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	375.962	17106.904	45.50	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	397.888	17106.904	42.99	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	425.182	17106.904	40.23	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	452.17	17106.904	37.83	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	473.011	17106.904	36.17	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	488.293	17106.904	35.03	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	1017.596	17106.904	16.81	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	922.236	17106.904	18.55	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	674.484	17106.904	25.36	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	485.408	17106.904	35.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	452.531	17106.904	37.80	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	485.333	17106.904	35.25	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	674.847	17106.904	25.35	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	919.548	17106.904	18.60	V

7.5.3 Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
 Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd [kN]	Hrlimd [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	83.653	987.528	11.81	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	62.196	1015.792	16.33	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.124	1030.504	16.86	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	60.506	1003.03	16.58	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	65.388	967.996	14.80	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	58.287	1043.653	17.91	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	48.017	1043.766	21.74	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	56.073	1026.862	18.31	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	52.522	1032.814	19.66	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	48.997	1036.095	21.15	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	48.30	1039.961	21.53	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	50.125	1039.68	20.74	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	69.515	976.156	14.04	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	69.061	985.184	14.27	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	47.785	1048.247	21.94	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	71.496	1005.525	14.06	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.307	1148.115	18.73	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	61.646	1130.144	18.33	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	62.726	1112.274	17.73	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	61.463	1075.711	17.50	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	71.277	1022.862	14.35	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	61.213	1066.83	17.43	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	50.966	1114.972	21.88	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	61.151	1140.825	18.66	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	145.292	1051.934	7.24	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	176.318	984.866	5.59	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	171.109	961.858	5.62	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	118.119	994.014	8.42	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	56.322	977.613	17.36	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	38.156	950.714	24.92	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	81.16	930.328	11.46	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	96.084	868.249	9.04	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	79.227	871.421	11.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	37.184	905.65	24.36	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	26.071	936.224	35.91	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	53.131	942.975	17.75	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	76.833	928.488	12.08	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	63.009	1005.581	15.96	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	67.868	962.747	14.19	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	84.893	1033.033	12.17	V

Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	48.642	1128.606	23.20	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	65.667	1105.673	16.84	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	55.76	996.614	17.87	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.999	937.699	17.69	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	41.698	910.226	21.83	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	61.056	951.881	15.59	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	102.426	1009.291	9.85	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.765	1085.461	20.57	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	65.369	1084.724	16.59	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	58.787	1062.931	18.08	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	60.42	1071.697	17.74	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.109	1069.189	22.70	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.117	1067.052	22.65	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	34.839	1089.405	31.27	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	24.57	1124.393	45.76	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	32.751	1062.965	32.46	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.241	1057.428	30.88	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	25.547	1091.819	42.74	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	29.646	1092.889	36.86	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.134	1085.083	31.79	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	51.241	1067.555	20.83	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	45.607	1075.623	23.58	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	38.943	1085.351	27.87	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	48.024	1078.641	22.46	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	41.524	1137.081	27.38	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	36.151	1152.159	31.87	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	42.944	1151.366	26.81	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	35.968	1095.793	30.47	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	45.784	1075.096	23.48	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	35.761	1096.855	30.67	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.228	1164.777	35.05	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	35.698	1155.002	32.36	V

7.5.4 Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
- Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Wpd : Peso del palo di calcolo;
- Eff. : Efficienza palificata;
- ζ : Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate;
- QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
- QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
- QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd [kN]	Wpd [kN]	Eff.	ζ	QlimLd [kN]	QlimBd [kN]	QvLimTotd [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.889	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	15.94	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.711	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.12	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	402.916	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.63	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.681	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.56	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	258.235	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.81	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.565	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.28	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.703	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.70	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.574	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.65	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	60.238	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.90	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.886	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.52	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.849	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.58	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.994	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.26	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	258.418	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.80	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.895	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.57	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	395.172	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.73	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	439.347	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.16	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.91	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.14	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.504	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.74	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.81	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.65	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.682	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.31	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.219	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.61	V
Nodo 60 -	SLV	CC11	Impalcato 0	427.601	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.31	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.198	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.65	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.694	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.76	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.60	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.83	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	9.64	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.37	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	14.57	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.16	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	33.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	22.34	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	20.24	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	22.92	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	35.62	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.97	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	14.57	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.46	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	9.78	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.89	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	5.63	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	6.46	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	10.50	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.68	V

Palo 1												
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	16.11	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.63	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	10.50	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	6.48	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.785	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.01	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.80	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.18	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.581	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.69	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.289	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.63	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.148	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.89	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.558	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.38	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.35	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.80	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.194	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.75	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.152	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	23.03	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.875	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.64	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.494	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.68	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.615	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.34	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.328	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.89	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.885	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.65	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.883	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.79	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.878	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.22	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.596	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.15	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.369	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.75	V

Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.525	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.574	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.32	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.925	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.63	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.491	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.32	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.885	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.548	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.77	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd [kN]	Wpd [kN]	Eff.	ζ	QlimLd [kN]	QLimBd [kN]	QvLimTotd [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.889	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	11.97	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.711	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.10	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	402.916	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.49	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.681	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.18	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	258.235	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.12	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.565	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.23	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.703	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.29	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.574	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.00	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	60.238	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.20	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.886	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.90	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.849	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.20	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.994	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.21	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	258.418	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.12	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.895	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.19	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	395.172	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.56	V

Palo 1												
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	439.347	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.13	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.91	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.504	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.82	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.81	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.25	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.682	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.219	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.22	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.601	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.24	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.198	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.25	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.694	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.83	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.45	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.63	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.24	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.53	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.94	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.63	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	23.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	15.39	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	13.95	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	15.79	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	24.55	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.49	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.94	V

Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.61	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.35	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.67	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.23	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.85	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.89	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.03	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	11.10	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.99	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.88	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.86	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.785	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.02	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.80	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.15	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.581	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.53	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.289	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.23	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.148	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.18	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.558	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.30	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.35	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.194	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.08	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.152	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.29	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.875	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.00	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.494	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.28	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.615	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.27	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.328	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.18	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.885	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.25	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.883	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.61	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.878	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.18	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.596	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.369	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.82	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.525	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.26	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.574	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.25	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.925	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.24	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.491	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.26	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.885	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.26	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.548	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.84	V

7.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra** : Numerazione della piastra;
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;
 σ : Tensione di calcolo;
S : Coefficiente di sicurezza;
Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ_t	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	0.3931	0.2184	0.0628	3.48	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	0.4526	0.2515	0.0591	4.25	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	0.4852	0.2695	0.0509	5.30	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	0.4961	0.2756	0.0387	7.12	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	0.3936	0.2187	0.0628	3.48	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	0.3934	0.1711	0.1277	1.34	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	0.453	0.1969	0.126	1.56	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	0.4855	0.2111	0.1106	1.91	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	0.4964	0.2158	0.0811	2.66	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	0.3939	0.1713	0.1265	1.35	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	0.3931	0.2184	0.0628	3.48	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	0.4526	0.2515	0.0591	4.26	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	0.4852	0.2695	0.0508	5.31	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	0.4961	0.2756	0.0385	7.15	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	0.3936	0.2187	0.0628	3.48	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ_t	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	1.1083	0.6157	0.0628	9.81	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	1.2647	0.7026	0.0591	11.89	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	1.4232	0.7907	0.0509	15.54	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	1.6429	0.9127	0.0387	23.57	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	1.0197	0.5665	0.0628	9.01	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	1.1487	0.4994	0.1277	3.91	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	1.3188	0.5734	0.126	4.55	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	1.4911	0.6483	0.1106	5.86	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	1.7302	0.7523	0.0811	9.28	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	1.0499	0.4565	0.1265	3.61	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	1.1083	0.6157	0.0628	9.81	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	1.2647	0.7026	0.0591	11.89	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	1.4232	0.7907	0.0508	15.57	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	1.6429	0.9127	0.0385	23.68	V

54-53-52-51)										
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	1.0197	0.5665	0.0628	9.02	V	

7.5.6 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
 Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
 Istant. : Cedimento istantaneo;
 Consol. : Cedimento di consolidamento;
 Tot. : Cedimento totale;
 Diff. : Cedimento differenziale;
 Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	957.50	0.0021	1.4049	1.407	0.1832	2.0124	2.1956	0.7886	(4‰ x Dist.) 3.83	4.86	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLE Car.	-	1275.0302	0.00	1.3978	1.3978	0.1799	2.0015	2.1815	0.7837	(4‰ x Dist.) 5.1001	6.51	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLE Car.	-	1533.9562	0.00	1.3978	1.3978	0.1576	1.9265	2.084	0.6862	(4‰ x Dist.) 6.1358	8.94	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLE Car.	-	1838.0162	0.004	1.4113	1.4153	0.1159	1.7867	1.9026	0.4873	(4‰ x Dist.) 7.3521	15.09	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLE Car.	-	720.00	0.0206	1.4668	1.4874	0.182	2.0084	2.1903	0.703	(4‰ x Dist.) 2.88	4.10	V

8 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO03

8.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

8.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
Ec	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
Ect/Ec	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo plinto

Nome	Classe	ν	ps	αT	Ec	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cls_C40/50	C40/50	0.15	25.00	1E-05	35220.462	1.50	0.50	40.00	22.667	1.637	34.00	2.456	2.456	3.509	0.20	0.35

Calcestruzzo palo

Nome	Classe	ν	ps kN/m ³	αT 1/°C	Ec N/mm ²	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm N/mm ²	Fcd SLU N/mm ²	fctd SLU N/mm ²	fcd SLD N/mm ²	fctd SLD N/mm ²	fctk,0.05 N/mm ²	fctm N/mm ²	ec2 %	scu2 %
Cls_C25/30	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

8.1.2 Acciaio per c.a.

- Nome : Nome del materiale;
- Tipo : Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
- γ_m : Coefficiente parziale per le resistenze;
- Es : Modulo elastico del materiale;
- f_{yk} : Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
- f_{tk} : Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
- f_d SLU : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
- f_d SLD : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
- f_d SLE : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
- k : Rapporto di sovrarresistenza (f_{tk} / f_{yk} > 1 per modello incrudente)
- ϵ_{ud} : Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²	f _d SLU N/mm ²	f _d SLD N/mm ²	f _d SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

8.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

8.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione. Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

8.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.5$ (Classe d'uso III §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 75$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

8.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.415009

Longitudine (ED50): 11°.588124

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
26057	42°.4192	11°.5936
26278	42°.3681	11°.5275
26279	42°.3692	11°.5951
26056	42°.4181	11°.5259

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	712	1462	75	45
Accelerazione sismica [g]	0.086	0.104	0.044	0.037
Coefficiente Fo	2.707	2.749	2.589	2.594
Periodo T _C *[sec]	0.299	0.308	0.258	0.231

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale				
	SLV	SLC	SLD	SLO
T_B [sec]	0.14	0.143	0.124	0.114
T_C [sec]	0.419	0.429	0.372	0.341
T_D [sec]	1.944	2.016	1.776	1.748
C_C	1.40	1.39	1.44	1.47

8.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_S	C_C
SLO	1.20	1.47
SLD	1.20	1.44
SLV	1.20	1.40
SLC	1.20	1.39

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

8.3.4 Carichi torre

Per la valutazione dei carichi trasmessi dalla torre al sistema di fondazione, si è fatto riferimento a specifica documentazione tecnica preliminare del produttore.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	151100	4787	1424	-6657	[1]
Mzt	22VOGV00(fam170)	1.10	Abs	31215	-11389	243	-6680	[3]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	62E50a16000(fam333)	1.10	Abs	54598	-2345	505	-6985	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

8.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le

azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

8.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

8.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Limo argillo sabbioso marrone chiaro
Col_Str	Strato II	Sabbia limo argillosa con ghiaia

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;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : 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;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	ν°	E_{ed} [N/mm ²]
Strato I	800.00	19.30	20.30	41.00	31.00	20.67	0.00	0.025	0.40	23.78	248.677	0.35	18.094
Strato II	4200.00	20.00	21.00	50.00	33.00	22.00	0.00	0.025	-	29.00	394.153	0.35	32.657

8.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

8.5.1 Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione

Nodo : Numerazione del nodo;

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	495.757	11404.602	23.00	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	490.839	11404.602	23.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	477.037	11404.602	23.91	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	454.027	11404.602	25.12	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC15	426.753	11404.602	26.72	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	398.735	11404.602	28.60	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	375.533	11404.602	30.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	361.593	11404.602	31.54	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	357.977	11404.602	31.86	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	363.415	11404.602	31.38	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	377.32	11404.602	30.23	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	399.253	11404.602	28.56	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC9	426.817	11404.602	26.72	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	453.732	11404.602	25.14	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	474.348	11404.602	24.04	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	489.686	11404.602	23.29	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	1018.776	11404.602	11.19	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	923.134	11404.602	12.35	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	675.602	11404.602	16.88	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	485.754	11404.602	23.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	452.935	11404.602	25.18	V

Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	485.637	11404.602	23.48	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	675.991	11404.602	16.87	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	920.577	11404.602	12.39	V

8.5.2 Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	494.131	17106.904	34.62	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	489.211	17106.904	34.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	475.656	17106.904	35.96	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	452.628	17106.904	37.79	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	425.086	17106.904	40.24	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	397.14	17106.904	43.08	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	374.146	17106.904	45.72	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	360.197	17106.904	47.49	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	356.357	17106.904	48.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	361.819	17106.904	47.28	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	375.933	17106.904	45.51	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	397.859	17106.904	43.00	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	425.149	17106.904	40.24	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	452.136	17106.904	37.84	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	472.982	17106.904	36.17	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	488.263	17106.904	35.04	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	1017.571	17106.904	16.81	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	922.217	17106.904	18.55	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	674.46	17106.904	25.36	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	485.401	17106.904	35.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	452.522	17106.904	37.80	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	485.327	17106.904	35.25	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	674.823	17106.904	25.35	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	919.526	17106.904	18.60	V

8.5.3 Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;

- Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	81.782	2258.226	27.61	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	59.81	2293.574	38.35	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.052	2315.242	37.92	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	58.12	2273.988	39.13	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	63.519	2229.611	35.10	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	55.888	2337.451	41.82	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	45.618	2342.227	51.34	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	53.686	2318.136	43.18	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	50.652	2324.11	45.88	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	46.597	2328.786	49.98	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	45.90	2334.301	50.86	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	47.739	2332.415	48.86	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	67.645	2234.999	33.04	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	66.661	2247.122	33.71	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	45.397	2342.793	51.61	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	69.094	2278.064	32.97	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	59.283	2492.885	42.05	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	59.038	2468.902	41.82	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	60.702	2445.00	40.28	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	58.855	2386.463	40.55	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	68.668	2294.983	33.42	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	58.608	2371.687	40.47	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	48.357	2449.41	50.65	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	58.546	2487.714	42.49	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	145.292	2355.362	16.21	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	176.318	2254.04	12.78	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	171.109	2219.806	12.97	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	118.119	2267.727	19.20	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	56.322	2243.217	39.83	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	38.156	2203.323	57.75	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	81.16	2173.343	26.78	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	96.084	2083.442	21.68	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	79.227	2087.983	26.35	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	37.184	2137.349	57.48	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	26.071	2181.991	83.69	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	53.131	2191.915	41.25	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	76.833	2170.647	28.25	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	63.009	2285.095	36.27	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	67.868	2221.123	32.73	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	84.893	2326.582	27.41	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	48.642	2473.846	50.86	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	65.667	2438.12	37.13	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	55.76	2271.624	40.74	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.999	2184.157	41.21	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	41.698	2143.998	51.42	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	61.056	2205.046	36.12	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	102.426	2290.68	22.36	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.765	2406.834	45.61	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	65.016	2405.698	37.00	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	58.773	2371.533	40.35	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	60.407	2383.163	39.45	V

Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.095	2381.394	50.57	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	46.765	2378.556	50.86	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	34.387	2409.691	70.08	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	24.117	2464.761	100.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	32.301	2366.947	73.28	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	33.888	2359.929	69.64	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	25.095	2413.988	96.20	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	29.632	2415.601	81.52	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.121	2403.434	70.44	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	50.888	2379.052	46.75	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	45.155	2391.653	52.97	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	38.929	2404.034	61.75	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	47.571	2395.884	50.36	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	41.142	2483.747	60.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	35.659	2507.559	70.32	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	42.562	2506.426	58.89	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	35.476	2419.281	68.19	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	45.292	2391.093	52.79	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	35.27	2421.655	68.66	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.213	2527.779	76.11	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	35.207	2510.761	71.32	V

8.5.4 Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
- Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Wpd : Peso del palo di calcolo;
- Eff. : Efficienza palificata;
- ζ : Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate;
- QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
- QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
- QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.367	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	59.99	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.208	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.65	V
Nodo 20 - Tip_Palo -	SLV	CC13	Impalcato 0	402.473	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.57	V

Palo 1												
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.232	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.07	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	257.715	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.76	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.052	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.33	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.258	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.65	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.126	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.22	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	59.718	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	86.19	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.374	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	84.73	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.404	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.21	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.546	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.22	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	257.897	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.75	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.382	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.12	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	394.733	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.96	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	438.89	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.80	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.776	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	41.92	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.388	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.17	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.679	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.35	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.569	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.34	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.087	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.25	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.488	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.35	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.064	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.34	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.577	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.24	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	32.33	V

Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	33.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	36.25	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	42.75	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	54.79	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	68.30	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	100.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	87.44	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	79.24	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	89.71	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	100.00	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	67.59	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	54.78	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	43.11	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	36.80	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	33.44	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	21.18	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	24.30	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	39.50	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.26	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	63.06	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.07	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	39.49	V
Nodo 64 -	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	24.37	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.687	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.20	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.705	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.86	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.498	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.77	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.204	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.30	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.05	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	71.06	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.462	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.67	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.266	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.99	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.11	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.59	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.054	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	86.64	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.779	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.16	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.41	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.55	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.531	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.52	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.23	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	71.05	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.788	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.38	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.80	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	63.16	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.792	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.00	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.571	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	41.94	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.347	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.20	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.50	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.39	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.552	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.39	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.90	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.31	V
Nodo 60 - Tip_Palo -	SLD	CC11	Impalcato 0	426.47	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.39	V

Palo 1												
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.86	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.38	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.526	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.27	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.367	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.25	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.208	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.62	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	402.473	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.72	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.232	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.72	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	257.715	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.40	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.052	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.57	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.258	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.61	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.126	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.65	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	59.718	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	49.21	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.374	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.37	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.404	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.36	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.546	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.51	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	257.897	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.39	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.382	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.75	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	394.733	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.94	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	438.89	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.71	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.776	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	23.93	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.388	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.22	V
Nodo 54 -	SLV	CC13	Impalcato 0	675.679	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.32	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.569	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.02	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.087	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.82	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.488	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.02	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.064	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.31	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.577	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.26	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	18.46	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	18.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	20.69	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	24.41	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	31.28	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	38.99	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	59.82	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	40.03	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	36.28	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	41.07	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	63.84	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	38.59	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	31.27	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	24.61	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	21.01	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	19.09	V
Nodo 50 - Tip_Palo -	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	12.09	V

Palo 1												
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	13.87	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	22.55	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.11	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	28.87	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.00	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	22.54	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	13.91	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.687	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.37	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.705	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.74	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.498	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.83	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.204	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.85	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.05	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.57	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.462	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.77	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.266	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.81	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.11	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.86	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.054	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	49.46	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.779	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.61	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.41	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.56	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.531	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.68	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.23	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.56	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.788	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.89	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.80	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	36.06	V

Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.792	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.82	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.571	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	23.94	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.347	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.23	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.50	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.34	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.552	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.05	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.90	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.86	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.47	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.05	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.86	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.33	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.526	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.27	V

8.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 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;
 σ : Tensione di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)										
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ	S	Esito	
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	2.4609	1.3672	0.0628	21.78	V	
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	2.4847	1.3804	0.0591	23.35	V	
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	2.4899	1.3833	0.0509	27.19	V	
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	2.453	1.3628	0.0387	35.22	V	
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76)	SLV	CC1	551.00	250.00	2.4542	1.3635	0.0628	21.70	V	

92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)									
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	2.4613	1.0701	0.1277	8.38	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	2.485	1.0804	0.126	8.58	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	2.4902	1.0827	0.1106	9.79	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	2.4533	1.0667	0.0811	13.16	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	2.4545	1.0672	0.1265	8.44	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	2.4609	1.3672	0.0628	21.78	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	2.4847	1.3804	0.0591	23.37	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	2.4899	1.3833	0.0508	27.24	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	2.453	1.3628	0.0385	35.37	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	2.4542	1.3635	0.0628	21.70	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σt	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	3.5455	1.9697	0.0628	31.37	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	4.2581	2.3656	0.0591	40.02	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	4.9461	2.7478	0.0509	54.02	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	5.8095	3.2275	0.0387	83.40	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	2.9421	1.6345	0.0628	26.01	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	3.6771	1.5987	0.1277	12.52	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	4.4411	1.9309	0.126	15.33	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	5.18	2.2522	0.1106	20.37	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	6.1107	2.6568	0.0811	32.78	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	3.0289	1.3169	0.1265	10.41	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	3.5455	1.9697	0.0628	31.39	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	4.2581	2.3656	0.0591	40.05	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	4.9461	2.7478	0.0508	54.10	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	5.8095	3.2275	0.0385	83.76	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	2.9421	1.6345	0.0628	26.02	V

8.5.6 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra** : Numerazione della piastra;
SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
Istant. : Cedimento istantaneo;
Consol. : Cedimento di consolidamento;
Tot. : Cedimento totale;
Diff. : Cedimento differenziale;
Lim. : Cedimento limite ($\% \times \text{Dist.}$);
S : Coefficiente di sicurezza;
Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	957.50	0.0021	0.2511	0.2532	0.1832	0.3518	0.535	0.2818	(4‰ x Dist.) 3.83	13.59	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLE Car.	-	1275.0302	0.00	0.2499	0.2499	0.1799	0.35	0.53	0.2801	(4‰ x Dist.) 5.1001	18.21	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLE Car.	-	1533.9562	0.00	0.2499	0.2499	0.1576	0.3376	0.4951	0.2452	(4‰ x Dist.) 6.1358	25.02	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLE Car.	-	1838.0162	0.004	0.2521	0.2561	0.1159	0.3144	0.4303	0.1742	(4‰ x Dist.) 7.3521	42.22	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLE Car.	-	720.00	0.0206	0.2613	0.2819	0.182	0.3512	0.5331	0.2512	(4‰ x Dist.) 2.88	11.46	V

9 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO04

9.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

9.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
Ec	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
Ect/Ec	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo plinto

Nome	Classe	ν	ps	αT	Ec	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cls_C40/50	C40/50	0.15	25.00	1E-05	35220.462	1.50	0.50	40.00	22.667	1.637	34.00	2.456	2.456	3.509	0.20	0.35

Calcestruzzo palo

Nome	Classe	ν	ps kN/m ³	αT 1/°C	Ec N/mm ²	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm N/mm ²	Fcd SLU N/mm ²	fctd SLU N/mm ²	fcd SLD N/mm ²	fctd SLD N/mm ²	fctk,0.05 N/mm ²	fctm N/mm ²	ec2 %	scu2 %
Cls_C25/30	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

9.1.2 Acciaio per c.a.

- Nome : Nome del materiale;
- Tipo : Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
- γ_m : Coefficiente parziale per le resistenze;
- Es : Modulo elastico del materiale;
- f_{yk} : Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
- f_{tk} : Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
- f_d SLU : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
- f_d SLD : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
- f_d SLE : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
- k : Rapporto di sovrarresistenza (f_{tk} / f_{yk} > 1 per modello incrudente)
- ϵ_{ud} : Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²	f _d SLU N/mm ²	f _d SLD N/mm ²	f _d SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

9.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

9.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione. Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

9.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.5$ (Classe d'uso III §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 75$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

9.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.411137

Longitudine (ED50): 11°.603362

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
26057	42°.4192	11°.5936
26280	42°.3703	11°.6628
26279	42°.3692	11°.5951
26058	42°.4203	11°.6613

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	712	1462	75	45
Accelerazione sismica [g]	0.092	0.112	0.046	0.038
Coefficiente Fo	2.67	2.704	2.571	2.581
Periodo T _C *[sec]	0.297	0.305	0.259	0.235

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F₀ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale				
	SLV	SLC	SLD	SLO
T_B [sec]	0.139	0.142	0.124	0.115
T_C [sec]	0.416	0.425	0.373	0.345
T_D [sec]	1.968	2.048	1.784	1.752
C_C	1.40	1.39	1.44	1.47

9.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_S	C_C
SLO	1.20	1.47
SLD	1.20	1.44
SLV	1.20	1.40
SLC	1.20	1.39

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

9.3.4 Carichi torre

Per la valutazione dei carichi trasmessi dalla torre al sistema di fondazione, si è fatto riferimento a specifica documentazione tecnica preliminare del produttore.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	151100	4787	1424	-6657	[1]
Mzt	22VOGV00(fam170)	1.10	Abs	31215	-11389	243	-6680	[3]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	62E50a16000(fam333)	1.10	Abs	54598	-2345	505	-6985	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

9.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le

azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

9.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

9.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Limo argillo sabbioso marrone chiaro
Col_Str	Strato II	Sabbia limo argillosa con ghiaia

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;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : 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;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	ν°	E_{ed} [N/mm ²]
Strato I	800.00	19.30	20.30	41.00	31.00	20.67	0.00	0.025	0.40	23.78	248.677	0.35	18.094
Strato II	4200.00	20.00	21.00	50.00	33.00	22.00	0.00	0.025	-	29.00	394.153	0.35	32.657

9.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

9.5.1 Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione

Nodo : Numerazione del nodo;

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	495.966	11404.602	22.99	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	491.04	11404.602	23.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	477.214	11404.602	23.90	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	454.207	11404.602	25.11	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC15	426.962	11404.602	26.71	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	398.939	11404.602	28.59	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	375.711	11404.602	30.35	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	361.772	11404.602	31.52	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	358.185	11404.602	31.84	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	363.62	11404.602	31.36	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	377.498	11404.602	30.21	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	399.433	11404.602	28.55	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC9	427.025	11404.602	26.71	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	453.937	11404.602	25.12	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	474.524	11404.602	24.03	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	489.869	11404.602	23.28	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	1018.931	11404.602	11.19	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	923.252	11404.602	12.35	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	675.748	11404.602	16.88	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	485.799	11404.602	23.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	452.988	11404.602	25.18	V

Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	485.677	11404.602	23.48	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	676.141	11404.602	16.87	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	920.712	11404.602	12.39	V

9.5.2 Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	494.201	17106.904	34.62	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	489.276	17106.904	34.96	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	475.715	17106.904	35.96	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	452.688	17106.904	37.79	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	425.154	17106.904	40.24	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	397.209	17106.904	43.07	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	374.206	17106.904	45.72	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	360.258	17106.904	47.49	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	356.427	17106.904	48.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	361.888	17106.904	47.27	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	375.993	17106.904	45.50	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	397.919	17106.904	42.99	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	425.217	17106.904	40.23	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	452.205	17106.904	37.83	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	473.041	17106.904	36.16	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	488.324	17106.904	35.03	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	1017.623	17106.904	16.81	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	922.256	17106.904	18.55	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	674.509	17106.904	25.36	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	485.416	17106.904	35.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	452.54	17106.904	37.80	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	485.34	17106.904	35.25	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	674.873	17106.904	25.35	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	919.571	17106.904	18.60	V

9.5.3 Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;

- Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	83.935	2257.993	26.90	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	62.556	2301.392	36.79	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.135	2323.814	38.01	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	60.866	2282.35	37.50	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	65.67	2228.822	33.94	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	58.649	2343.33	39.96	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	48.379	2343.049	48.43	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	56.433	2317.062	41.06	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	52.804	2326.503	44.06	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	49.359	2331.562	47.24	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	48.661	2337.429	48.03	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	50.485	2337.282	46.30	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	69.797	2242.10	32.12	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	69.423	2255.871	32.49	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	48.145	2350.747	48.83	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	71.858	2286.068	31.81	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.613	2505.718	40.67	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	62.04	2477.239	39.93	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	63.031	2448.878	38.85	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	61.857	2392.477	38.68	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	71.67	2313.247	32.28	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	61.606	2379.067	38.62	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	51.359	2452.945	47.76	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	61.543	2493.712	40.52	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	145.292	2355.362	16.21	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	176.318	2254.04	12.78	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	171.109	2219.806	12.97	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	118.119	2267.727	19.20	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	56.322	2243.217	39.83	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	38.156	2203.323	57.75	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	81.16	2173.343	26.78	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	96.084	2083.442	21.68	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	79.227	2087.983	26.35	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	37.184	2137.349	57.48	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	26.071	2181.991	83.69	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	53.131	2191.915	41.25	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	76.833	2170.647	28.25	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	63.009	2285.095	36.27	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	67.868	2221.123	32.73	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	84.893	2326.582	27.41	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	48.642	2473.846	50.86	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	65.667	2438.12	37.13	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	55.76	2271.624	40.74	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.999	2184.157	41.21	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	41.698	2143.998	51.42	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	61.056	2205.046	36.12	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	102.426	2290.68	22.36	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.765	2406.834	45.61	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	65.738	2405.669	36.59	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	58.801	2372.885	40.35	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	60.435	2388.23	39.52	V

Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.122	2382.216	50.55	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.486	2378.46	50.09	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	35.312	2416.258	68.43	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	25.043	2469.821	98.62	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.222	2377.713	71.57	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.61	2367.763	68.41	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	26.02	2419.414	92.98	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	29.661	2421.087	81.63	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.148	2409.173	70.55	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	51.61	2379.504	46.11	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	46.081	2391.548	51.90	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	38.957	2409.425	61.85	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	48.498	2396.771	49.42	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	41.923	2490.644	59.41	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	36.665	2514.149	68.57	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	43.343	2512.72	57.97	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	36.483	2426.515	66.51	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	46.299	2390.523	51.63	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	36.275	2427.333	66.92	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.243	2533.673	76.22	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	36.211	2519.973	69.59	V

9.5.4 Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
- Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Wpd : Peso del palo di calcolo;
- Eff. : Efficienza palificata;
- ζ : Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate;
- QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
- QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
- QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	456.968	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	59.96	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	442.787	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.62	V
Nodo 20 - Tip_Palo -	SLV	CC13	Impalcato 0	402.983	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.55	V

Palo 1												
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	336.749	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.04	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	258.314	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.72	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	177.642	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.29	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	110.77	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.61	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	70.641	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.17	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	60.316	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	86.14	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.964	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	84.68	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.917	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.17	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	179.062	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.18	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	258.497	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.71	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.972	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.09	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	395.238	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.94	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	439.416	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.78	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.931	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	41.91	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.522	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.17	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.83	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.35	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.699	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.34	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.239	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.24	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.619	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.34	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.218	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.34	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.712	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.24	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	32.33	V

Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	33.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	36.25	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	42.75	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	54.79	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	68.30	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	100.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	87.44	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	79.24	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	89.71	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	100.00	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	67.59	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	54.78	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	43.11	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	36.80	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	33.44	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	21.18	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	24.30	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	39.50	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.26	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	63.06	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.07	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	39.49	V
Nodo 64 -	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	24.37	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.888	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.19	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.899	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.85	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.669	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.76	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.378	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.29	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.251	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	71.05	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.659	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.66	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.438	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.98	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.283	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.57	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.255	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	86.62	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.977	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.14	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.582	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.54	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.704	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.50	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.431	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	71.04	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.986	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.37	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.969	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	63.15	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.968	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.99	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.623	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	41.94	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.392	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.20	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.551	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.39	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.596	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.39	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.951	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.31	V
Nodo 60 - Tip_Palo -	SLD	CC11	Impalcato 0	426.514	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.39	V

Palo 1												
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.912	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.38	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.571	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.27	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)													
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito	
					[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0		456.968	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.23	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0		442.787	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.61	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0		402.983	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.71	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0		336.749	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.70	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0		258.314	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.37	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0		177.642	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.55	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0		110.77	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.59	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0		70.641	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.62	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0		60.316	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	49.17	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0		75.964	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.34	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0		115.917	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.34	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0		179.062	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.49	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0		258.497	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.37	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0		335.972	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.73	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0		395.238	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.93	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0		439.416	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.70	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0		1018.931	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	23.93	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0		923.522	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.22	V
Nodo 54 -	SLV	CC13	Impalcato 0		675.83	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.31	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.699	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.01	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	333.239	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.81	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.619	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.02	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	676.218	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.31	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.712	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.26	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	18.46	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	18.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	20.69	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	24.41	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	31.28	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	38.99	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	59.82	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	40.03	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	36.28	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	41.07	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	63.84	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	38.59	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	31.27	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	24.61	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	21.01	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	19.09	V
Nodo 50 - Tip_Palo -	SL U	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	12.09	V

Palo 1												
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	13.87	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	22.55	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.11	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	28.87	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.00	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	22.54	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SL U	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	13.91	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.888	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.36	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.899	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.74	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.669	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.83	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.378	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.84	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	253.251	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.56	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.659	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.76	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.438	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.80	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	66.283	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.85	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	55.255	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	49.45	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.977	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.60	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.582	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.55	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.704	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.67	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.431	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.55	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.986	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.89	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.969	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	36.05	V

Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.968	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.82	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.623	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	23.94	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.392	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.23	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.551	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.34	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.596	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.04	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.951	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.86	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.514	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.05	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.912	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.33	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.571	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.27	V

9.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 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;
 σ : Tensione di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)										
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ	S	Esito	
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	2.4609	1.3672	0.0628	21.78	V	
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	2.4847	1.3804	0.0591	23.35	V	
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	2.4899	1.3833	0.0509	27.19	V	
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	2.453	1.3628	0.0387	35.20	V	
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76)	SLV	CC1	551.00	250.00	2.4542	1.3634	0.0628	21.69	V	

92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)									
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	2.4613	1.0701	0.1277	8.38	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	2.485	1.0804	0.126	8.58	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	2.4902	1.0827	0.1106	9.79	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	2.4533	1.0667	0.0811	13.16	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	2.4545	1.0672	0.1265	8.44	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	2.4609	1.3672	0.0628	21.78	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	2.4847	1.3804	0.0591	23.37	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	2.4899	1.3833	0.0508	27.23	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	2.453	1.3628	0.0385	35.36	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	2.4542	1.3634	0.0628	21.70	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σt	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	3.5366	1.9648	0.0628	31.29	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	4.2457	2.3587	0.0591	39.90	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	4.9302	2.739	0.0509	53.84	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	5.7891	3.2162	0.0387	83.07	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	2.9361	1.6312	0.0628	25.95	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	3.6771	1.5987	0.1277	12.52	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	4.4411	1.9309	0.126	15.33	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	5.18	2.2522	0.1106	20.37	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	6.1107	2.6568	0.0811	32.78	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	3.0289	1.3169	0.1265	10.41	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	3.5366	1.9648	0.0628	31.31	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	4.2457	2.3587	0.0591	39.93	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	4.9302	2.739	0.0508	53.93	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	5.7891	3.2162	0.0385	83.45	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	2.9361	1.6312	0.0628	25.96	V

9.5.6 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra** : Numerazione della piastra;
SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
Istant. : Cedimento istantaneo;
Consol. : Cedimento di consolidamento;
Tot. : Cedimento totale;
Diff. : Cedimento differenziale;
Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
S : Coefficiente di sicurezza;
Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	957.50	0.0021	0.2511	0.2532	0.1832	0.3518	0.535	0.2818	(4‰ x Dist.) 3.83	13.59	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLE Car.	-	1275.0302	0.00	0.2499	0.2499	0.1799	0.35	0.53	0.2801	(4‰ x Dist.) 5.1001	18.21	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLE Car.	-	1533.9562	0.00	0.2499	0.2499	0.1576	0.3376	0.4951	0.2452	(4‰ x Dist.) 6.1358	25.02	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLE Car.	-	1838.0162	0.004	0.2521	0.2561	0.1159	0.3144	0.4303	0.1742	(4‰ x Dist.) 7.3521	42.22	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLE Car.	-	720.00	0.0206	0.2613	0.2819	0.182	0.3512	0.5331	0.2512	(4‰ x Dist.) 2.88	11.46	V

10 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO05

10.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

10.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
Ec	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
Ect/Ec	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo pinto

Nome	Classe	ν	ps	αT	Ec	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cl _s C40/50	C40/50	0.15	25.00	1E-05	35220.462	1.50	0.50	40.00	22.667	1.637	34.00	2.456	2.456	3.509	0.20	0.35

Calcestruzzo palo

Nome	Classe	ν	ρ_s kN/m ³	α_T 1/°C	E_c N/mm ²	$\gamma_{m,c}$	E_{ct}/E_c	f_{cm} N/mm ²	F_{cd} SLU N/mm ²	f_{ctd} SLU N/mm ²	f_{cd} SLD N/mm ²	f_{ctd} SLD N/mm ²	$f_{ctk,0.05}$ N/mm ²	f_{ctm} N/mm ²	ϵ_{c2} %	ϵ_{cu2} %
Cls_C25/30	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

10.1.2 Acciaio per c.a.

- Nome : Nome del materiale;
- Tipo : Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
- γ_m : Coefficiente parziale per le resistenze;
- E_s : Modulo elastico del materiale;
- f_{yk} : Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
- f_{tk} : Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
- f_d SLU : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
- f_d SLD : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
- f_d SLE : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
- k : Rapporto di sovrarresistenza ($f_{tk} / f_{yk} > 1$ per modello incrudente)
- ϵ_{ud} : Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	E_s N/mm ²	f_{yk} N/mm ²	f_{tk} N/mm ²	f_d SLU N/mm ²	f_d SLD N/mm ²	f_d SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

10.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

10.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione.

Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

10.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.5$ (Classe d'uso III §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 75$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

10.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.402820

Longitudine (ED50): 11°.560343

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
26057	42°.4192	11°.5936
26278	42°.3681	11°.5275
26279	42°.3692	11°.5951
26056	42°.4181	11°.5259

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	712	1462	75	45
Accelerazione sismica [g]	0.079	0.095	0.042	0.035
Coefficiente Fo	2.759	2.817	2.622	2.609
Periodo T _C *[sec]	0.301	0.311	0.255	0.224

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F₀ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale				
	SLV	SLC	SLD	SLO
T_B [sec]	0.14	0.144	0.123	0.111
T_C [sec]	0.421	0.432	0.369	0.332
T_D [sec]	1.916	1.98	1.768	1.74
C_C	1.40	1.39	1.45	1.48

10.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_s	C_C
SLO	1.20	1.48
SLD	1.20	1.45
SLV	1.20	1.40
SLC	1.20	1.39

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

10.3.4 Carichi torre

Per la valutazione dei carichi trasmessi dalla torre al sistema di fondazione, si è fatto riferimento a specifica documentazione tecnica preliminare del produttore.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	151100	4787	1424	-6657	[1]
Mzt	22VOGV00(fam170)	1.10	Abs	31215	-11389	243	-6680	[3]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	62E50a16000(fam333)	1.10	Abs	54598	-2345	505	-6985	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

10.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le

azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

10.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

10.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Argilla limosa avana consistente
Col_Str	Strato II	Argilla limosa grigio azzurra molto consistente

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;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : 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;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	ν°	E_{ed} [N/mm ²]
Strato I	850.00	18.00	19.00	8.00	23.00	15.33	0.00	0.017	0.058	2.24	62.528	0.35	3.089
Strato II	4150.00	20.00	21.00	11.00	24.00	16.00	0.00	0.017	0.107	5.115	92.244	0.35	5.075

10.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

10.5.1 Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione

Nodo : Numerazione del nodo;

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	495.516	11404.602	23.02	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	490.607	11404.602	23.25	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	476.832	11404.602	23.92	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	453.82	11404.602	25.13	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC15	426.513	11404.602	26.74	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	398.498	11404.602	28.62	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	375.327	11404.602	30.39	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	361.386	11404.602	31.56	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	357.737	11404.602	31.88	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	363.179	11404.602	31.40	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	377.115	11404.602	30.24	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	399.047	11404.602	28.58	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC9	426.576	11404.602	26.74	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	453.495	11404.602	25.15	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	474.146	11404.602	24.05	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	489.475	11404.602	23.30	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	1018.597	11404.602	11.20	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	922.998	11404.602	12.36	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	675.432	11404.602	16.88	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	485.702	11404.602	23.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	452.874	11404.602	25.18	V

Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	485.591	11404.602	23.49	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	675.818	11404.602	16.88	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	920.421	11404.602	12.39	V

10.5.2 Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	494.071	17106.904	34.62	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	489.155	17106.904	34.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	475.605	17106.904	35.97	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	452.576	17106.904	37.80	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	425.027	17106.904	40.25	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	397.081	17106.904	43.08	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	374.095	17106.904	45.73	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	360.146	17106.904	47.50	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	356.297	17106.904	48.01	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	361.76	17106.904	47.29	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	375.882	17106.904	45.51	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	397.807	17106.904	43.00	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	425.09	17106.904	40.24	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	452.077	17106.904	37.84	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	472.931	17106.904	36.17	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	488.21	17106.904	35.04	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	1017.526	17106.904	16.81	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	922.183	17106.904	18.55	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	674.418	17106.904	25.37	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	485.388	17106.904	35.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	452.507	17106.904	37.80	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	485.315	17106.904	35.25	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	674.779	17106.904	25.35	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	919.487	17106.904	18.60	V

10.5.3 Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;

- Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	79.296	987.833	12.46	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	59.331	1004.929	16.94	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	60.956	1018.975	16.72	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	54.949	991.716	18.05	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	61.034	969.095	15.88	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	52.699	1035.51	19.65	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	42.429	1042.118	24.56	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	50.515	1027.493	20.34	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	48.165	1027.752	21.34	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	43.408	1031.363	23.76	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	42.711	1034.316	24.22	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	44.567	1032.775	23.17	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	65.16	971.695	14.91	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	63.472	979.91	15.44	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	42.225	1037.326	24.57	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	65.902	994.122	15.08	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	56.593	1127.858	19.93	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	55.57	1120.153	20.16	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	58.011	1104.912	19.05	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	55.387	1065.141	19.23	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	65.201	999.221	15.33	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	55.147	1054.881	19.13	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	44.89	1109.048	24.71	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	55.085	1132.034	20.55	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	145.292	1051.934	7.24	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	176.318	984.866	5.59	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	171.109	961.858	5.62	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	118.119	994.014	8.42	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	56.322	977.613	17.36	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	38.156	950.714	24.92	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	81.16	930.328	11.46	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	96.084	868.249	9.04	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	79.227	871.421	11.00	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	37.184	905.65	24.36	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	26.071	936.224	35.91	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	53.131	942.975	17.75	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	76.833	928.488	12.08	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	63.009	1005.581	15.96	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	67.868	962.747	14.19	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	84.893	1033.033	12.17	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	48.642	1128.606	23.20	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	65.667	1105.673	16.84	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	55.76	996.614	17.87	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.999	937.699	17.69	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	41.698	910.226	21.83	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	61.056	951.881	15.59	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	102.426	1009.291	9.85	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.765	1085.461	20.57	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	64.395	1084.758	16.85	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	58.749	1061.71	18.07	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	60.383	1067.232	17.67	V

Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.072	1068.467	22.70	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	46.144	1067.116	23.13	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	33.59	1083.583	32.26	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	23.321	1119.876	48.02	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	31.509	1053.34	33.43	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	33.267	1050.644	31.58	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	24.298	1086.93	44.73	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	29.608	1088.026	36.75	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.097	1080.034	31.68	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	50.268	1067.152	21.23	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	44.358	1075.46	24.25	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	38.906	1080.608	27.78	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	46.774	1077.86	23.04	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	40.47	1131.482	27.96	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	34.793	1146.494	32.95	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	41.89	1145.916	27.36	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	34.61	1089.449	31.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	44.426	1075.209	24.20	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	34.405	1091.643	31.73	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.188	1159.305	34.93	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	34.342	1147.141	33.40	V

10.5.4 Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
- Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Wpd : Peso del palo di calcolo;
- Eff. : Efficienza palificata;
- ζ : Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate;
- QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
- QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
- QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	455.673	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	15.96	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	441.54	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.13	V
Nodo 20 - Tip_Palo -	SLV	CC13	Impalcato 0	401.883	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.64	V

Palo 1												
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	335.634	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.58	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	257.023	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.83	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	176.372	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.31	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	109.666	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.72	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	69.53	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.67	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	59.026	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.93	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	74.692	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.54	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	114.811	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.61	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	177.951	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.28	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	257.205	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.82	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	334.701	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.59	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	394.15	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.75	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	438.282	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.17	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.597	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.15	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.234	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.75	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.504	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.418	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.31	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	332.911	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.62	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.337	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.31	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	675.885	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.65	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.421	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.76	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.60	V

Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.83	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	9.64	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.37	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	14.57	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.16	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	33.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	22.34	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	20.24	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	22.92	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	35.62	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.97	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	14.57	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.46	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	9.78	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	8.89	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	5.63	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	6.46	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	10.50	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.68	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	12606.239	0.00	12606.239	16.11	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.63	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	10.50	V
Nodo 64 -	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	6.48	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.513	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.01	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.538	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.18	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.35	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.69	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.055	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.63	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	252.877	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.90	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.292	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.39	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.118	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.80	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	65.961	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.76	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	54.881	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	23.04	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.608	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	22.64	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.262	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	21.69	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.382	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	20.35	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.057	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	18.89	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.618	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.65	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.654	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.80	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.64	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.22	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.526	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.15	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.309	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.75	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.456	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.515	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.32	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.856	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	17.63	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.432	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	16.32	V

Palo 1												
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.815	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	13.66	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.487	848.23	1.00	1.70	13702.434	7104.653	20807.087	11.77	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	455.673	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	11.98	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	441.54	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.11	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	401.883	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.50	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	335.634	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.20	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	257.023	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.13	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	176.372	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.25	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	109.666	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.31	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	69.53	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.02	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	59.026	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.22	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	74.692	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.93	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	114.811	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.22	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	177.951	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.22	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	257.205	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.13	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	334.701	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.21	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	394.15	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.57	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	438.282	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.14	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.597	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.234	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.82	V
Nodo 54 -	SLV	CC13	Impalcato 0	675.504	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.25	V

Tip_Palo - Palo 1													
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.418	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.25	V	
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	332.911	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.23	V	
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.337	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.25	V	
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	675.885	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.25	V	
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.421	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.83	V	
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.45	V	
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.63	V	
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.24	V	
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.53	V	
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.94	V	
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.63	V	
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	23.00	V	
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	15.39	V	
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	13.95	V	
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	15.79	V	
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	24.55	V	
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.49	V	
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.94	V	
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.61	V	
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.35	V	
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	6.67	V	
Nodo 50 - Tip_Palo -	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.23	V	

Palo 1												
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.85	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.89	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.03	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	8424.262	0.00	8424.262	11.10	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.99	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	7.88	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	4.86	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.513	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.02	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.538	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.15	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.35	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.53	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.055	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.24	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	252.877	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.19	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.292	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.31	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.118	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.37	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	65.961	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.09	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	54.881	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.30	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.608	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	17.00	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.262	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	16.28	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.382	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	15.28	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.057	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	14.19	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.618	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.25	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.654	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.61	V

Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.64	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.18	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.526	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.37	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.309	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.82	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.456	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.26	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.515	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.26	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.856	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	13.24	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.432	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	12.26	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.815	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	10.26	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.487	848.23	1.00	1.70	9156.807	6465.256	15622.063	8.84	V

10.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 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;
 σ : Tensione di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)										
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ	S	Esito	
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	0.3932	0.2184	0.0628	3.48	V	
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	0.4527	0.2515	0.0591	4.25	V	
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	0.4852	0.2696	0.0509	5.30	V	
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	0.4961	0.2756	0.0387	7.13	V	
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	0.3936	0.2187	0.0628	3.48	V	

Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	0.3934	0.1711	0.1277	1.34	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	0.453	0.1969	0.126	1.56	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	0.4855	0.2111	0.1106	1.91	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	0.4964	0.2158	0.0811	2.66	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	0.3939	0.1713	0.1265	1.35	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	0.3932	0.2184	0.0628	3.48	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	0.4527	0.2515	0.0591	4.26	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	0.4852	0.2696	0.0508	5.31	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	0.4961	0.2756	0.0385	7.15	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	0.3936	0.2187	0.0628	3.48	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	ot	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	1.1135	0.6186	0.0628	9.85	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	1.2717	0.7065	0.0591	11.95	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	1.4319	0.7955	0.0509	15.64	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	1.6541	0.919	0.0387	23.76	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	1.0237	0.5687	0.0628	9.05	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	1.1487	0.4994	0.1277	3.91	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	1.3188	0.5734	0.126	4.55	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	1.4911	0.6483	0.1106	5.86	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	1.7302	0.7523	0.0811	9.28	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	1.0499	0.4565	0.1265	3.61	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	1.1135	0.6186	0.0628	9.86	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	1.2717	0.7065	0.0591	11.96	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	1.4319	0.7955	0.0508	15.66	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	1.6541	0.919	0.0385	23.85	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	1.0237	0.5687	0.0628	9.05	V

10.5.6 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

Piastra : Numerazione della piastra;

SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;

- CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
 Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
 Istant. : Cedimento istantaneo;
 Consol. : Cedimento di consolidamento;
 Tot. : Cedimento totale;
 Diff. : Cedimento differenziale;
 Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist.	Min			Max			Diff.	Lim.	S	Esito
				Istant.	Consol.	Tot.	Istant.	Consol.	Tot.				
			[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]			
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	957.50	0.0021	1.4049	1.407	0.1832	2.0124	2.1956	0.7886	(4‰ x Dist.) 3.83	4.86	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLE Car.	-	1275.0302	0.00	1.3978	1.3978	0.1799	2.0015	2.1815	0.7837	(4‰ x Dist.) 5.1001	6.51	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLE Car.	-	1533.9562	0.00	1.3978	1.3978	0.1576	1.9265	2.084	0.6862	(4‰ x Dist.) 6.1358	8.94	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLE Car.	-	1838.0162	0.004	1.4113	1.4153	0.1159	1.7867	1.9026	0.4873	(4‰ x Dist.) 7.3521	15.09	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLE Car.	-	720.00	0.0206	1.4668	1.4874	0.182	2.0084	2.1903	0.703	(4‰ x Dist.) 2.88	4.10	V

11 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AEROGENERATORE MO06

11.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

11.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
E_c	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
E_{ct}/E_c	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo plinto

Nome	Classe	ν	ps	αT	E_c	$\gamma_{m,c}$	E_{ct}/E_c	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cls_C40/50	C40/50	0.15	25.00	1E-05	35220.462	1.50	0.50	40.00	22.667	1.637	34.00	2.456	2.456	3.509	0.20	0.35

Calcestruzzo palo

Nome	Classe	ν	ps kN/m ³	αT 1/°C	Ec N/mm ²	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm N/mm ²	Fcd SLU N/mm ²	fctd SLU N/mm ²	fcd SLD N/mm ²	fctd SLD N/mm ²	fctk,0.05 N/mm ²	fctm N/mm ²	ec2 %	scu2 %
Cls_C25/30	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

11.1.2 Acciaio per c.a.

- Nome : Nome del materiale;
- Tipo : Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
- γ_m : Coefficiente parziale per le resistenze;
- Es : Modulo elastico del materiale;
- f_{yk} : Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
- f_{tk} : Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
- f_d SLU : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
- f_d SLD : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
- f_d SLE : Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
- k : Rapporto di sovrarresistenza (f_{tk} / f_{yk} > 1 per modello incrudente)
- ϵ_{ud} : Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²	f _d SLU N/mm ²	f _d SLD N/mm ²	f _d SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

11.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

11.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018. In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione.

Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

11.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.5$ (Classe d'uso III §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 75$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

11.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.418864

Longitudine (ED50): 11°.536823

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
26056	42°.4181	11°.5259
25835	42°.4692	11°.5920
25834	42°.4680	11°.5243
26057	42°.4192	11°.5936

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	712	1462	75	45
Accelerazione sismica [g]	0.082	0.097	0.042	0.036
Coefficiente F_0	2.746	2.799	2.62	2.604
Periodo T_C^* [sec]	0.299	0.309	0.256	0.225

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

	Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.14	0.143	0.123	0.111
$T_C[sec]$	0.419	0.43	0.37	0.334
$T_D[sec]$	1.928	1.988	1.768	1.744
C_c	1.40	1.39	1.44	1.48

11.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1.20	1.48
SLD	1.20	1.44
SLV	1.20	1.40
SLC	1.20	1.39

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella

Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

11.3.4 Carichi torre

Per la valutazione dei carichi trasmessi dalla torre al sistema di fondazione, si è fatto riferimento a specifica documentazione tecnica preliminare del produttore.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	151100	4787	1424	-6657	[1]
Mzt	22VOGV00(fam170)	1.10	Abs	31215	-11389	243	-6680	[3]
FndFr	62E50b04000(fam352)	1.10	Abs	150200	4722	1430	-6679	[1]
Fzt	62E50a16000(fam333)	1.10	Abs	54598	-2345	505	-6985	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	14Ecdvraa00(fam97)	1.35	Abs	154600	-2092	1318	-6890	[3]
Mzt	23NTMHCHWO200(fam231)	1.35	Abs	44566	-12721	423	-6707	[1]
FndFr	23NTMVRp00(fam222)	1.35	Abs	116600	1960	1352	-6897	[3]
Fzt	1316etm00(fam89)	1.35	Abs	90827	2670	752	-7034	[3]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

11.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le

azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

11.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

11.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Limo argillo sabbioso marrone chiaro
Col_Str	Strato II	Sabbia limo argillosa con ghiaia

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;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : 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;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	ν°	E_{ed} [N/mm ²]
Strato I	800.00	19.30	20.30	41.00	31.00	20.67	0.00	0.025	0.40	23.78	248.677	0.35	18.094
Strato II	4200.00	20.00	21.00	50.00	33.00	22.00	0.00	0.025	-	29.00	394.153	0.35	32.657

11.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

11.5.1 Verifica resistenza massima a compressione SLV – Pali di fondazione

Nodo : Numerazione del nodo;

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	495.63	11404.602	23.01	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	490.716	11404.602	23.24	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	476.928	11404.602	23.91	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC13	453.917	11404.602	25.12	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC15	426.626	11404.602	26.73	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	398.609	11404.602	28.61	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	375.424	11404.602	30.38	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	361.483	11404.602	31.55	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	357.85	11404.602	31.87	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	363.29	11404.602	31.39	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	377.211	11404.602	30.23	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC11	399.144	11404.602	28.57	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC9	426.689	11404.602	26.73	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	453.606	11404.602	25.14	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	474.241	11404.602	24.05	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	489.575	11404.602	23.29	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	1018.681	11404.602	11.20	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	923.062	11404.602	12.36	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC3	675.512	11404.602	16.88	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC7	485.726	11404.602	23.48	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	452.902	11404.602	25.18	V

Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC5	485.613	11404.602	23.48	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	675.899	11404.602	16.87	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLV	CC1	920.494	11404.602	12.39	V

11.5.2 Verifica resistenza massima a compressione SLD – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	494.069	17106.904	34.62	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	489.153	17106.904	34.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	475.603	17106.904	35.97	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC13	452.574	17106.904	37.80	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	425.025	17106.904	40.25	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	397.079	17106.904	43.08	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	374.093	17106.904	45.73	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	360.144	17106.904	47.50	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	356.295	17106.904	48.01	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	361.758	17106.904	47.29	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	375.88	17106.904	45.51	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC11	397.805	17106.904	43.00	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	425.088	17106.904	40.24	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	452.075	17106.904	37.84	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	472.929	17106.904	36.17	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	488.208	17106.904	35.04	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	1017.525	17106.904	16.81	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	922.181	17106.904	18.55	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC3	674.416	17106.904	25.37	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC7	485.387	17106.904	35.24	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	452.507	17106.904	37.80	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC5	485.315	17106.904	35.25	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	674.778	17106.904	25.35	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	1130973.36	SLD	CC1	919.486	17106.904	18.60	V

11.5.3 Verifica carico limite orizzontale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;

- Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	80.465	2258.368	28.07	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	59.376	2288.574	38.54	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	61.001	2310.007	37.87	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	56.439	2268.849	40.20	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	62.202	2230.091	35.85	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	54.198	2333.792	43.06	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	43.928	2341.322	53.30	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	52.005	2318.538	44.58	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	49.334	2322.135	47.07	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	44.907	2326.83	51.81	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	44.21	2331.325	52.73	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	46.058	2329.185	50.57	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	66.328	2234.694	33.69	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	64.971	2246.877	34.58	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	43.716	2337.727	53.48	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	67.403	2272.728	33.72	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	57.857	2482.448	42.91	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	57.20	2465.977	43.11	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	59.276	2440.886	41.18	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	57.017	2380.85	41.76	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	66.831	2284.882	34.19	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	56.774	2365.523	41.67	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	46.519	2446.294	52.59	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	56.712	2483.432	43.79	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	145.292	2355.362	16.21	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	176.318	2254.04	12.78	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	171.109	2219.806	12.97	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	118.119	2267.727	19.20	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	56.322	2243.217	39.83	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	38.156	2203.323	57.75	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	81.16	2173.343	26.78	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	96.084	2083.442	21.68	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	79.227	2087.983	26.35	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	37.184	2137.349	57.48	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	26.071	2181.991	83.69	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	53.131	2191.915	41.25	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	76.833	2170.647	28.25	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	63.009	2285.095	36.27	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	67.868	2221.123	32.73	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	84.893	2326.582	27.41	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	48.642	2473.846	50.86	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	65.667	2438.12	37.13	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	55.76	2271.624	40.74	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.999	2184.157	41.21	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	41.698	2143.998	51.42	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	61.056	2205.046	36.12	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	102.426	2290.68	22.36	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	52.765	2406.834	45.61	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	64.372	2405.751	37.37	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	58.748	2370.288	40.35	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	60.382	2378.621	39.39	V

Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	47.071	2380.652	50.58	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	46.12	2378.599	51.57	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	33.56	2403.713	71.62	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	23.291	2460.043	100.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	31.479	2357.162	74.88	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	33.243	2353.372	70.79	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	24.268	2408.884	99.26	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	29.607	2410.603	81.42	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	34.096	2398.271	70.34	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	50.244	2378.647	47.34	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	44.328	2391.401	53.95	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	38.905	2399.163	61.67	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	46.744	2395.069	51.24	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	40.445	2478.339	61.28	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	34.76	2501.664	71.97	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	41.865	2500.76	59.73	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	34.578	2412.738	69.78	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	44.393	2391.032	53.86	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	34.372	2416.178	70.29	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	33.187	2521.826	75.99	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	34.309	2502.595	72.94	V

11.5.4 Verifica carico limite verticale – Pali di fondazione

- Nodo : Numerazione del nodo;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
- Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
- Wpd : Peso del palo di calcolo;
- Eff. : Efficienza palificata;
- ζ : Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate;
- QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
- QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
- QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	455.999	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.00	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	441.854	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.66	V
Nodo 20 - Tip_Palo -	SLV	CC13	Impalcato 0	402.16	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.59	V

Palo 1												
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	335.915	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.09	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	257.348	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.79	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	176.692	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.36	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	109.944	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.68	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	69.81	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.25	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	59.351	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	86.23	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.012	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	84.77	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.09	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.24	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.23	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.24	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	257.53	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.77	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.021	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.14	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	394.424	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.98	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	438.568	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.82	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.681	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	41.92	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.306	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.18	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	675.586	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.36	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.489	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.35	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	332.994	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.25	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.408	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.35	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	675.969	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.34	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.494	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.25	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	32.33	V

Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	33.23	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	36.25	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	42.75	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	54.79	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	68.30	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	100.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	87.44	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	79.24	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	89.71	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	100.00	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	67.59	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	54.78	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	43.11	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	36.80	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	33.44	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	21.18	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	24.30	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	39.50	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.26	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	51822.854	0.00	51822.854	63.06	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	70.07	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	39.49	V
Nodo 64 -	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	24.37	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.507	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.21	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.532	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	60.87	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.345	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	62.78	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.049	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.31	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	252.871	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	71.07	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.285	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.69	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.113	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	82.00	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	65.955	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.61	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	54.875	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	86.66	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.602	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	85.17	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.257	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	81.56	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.376	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	76.53	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.051	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	71.06	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.611	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.39	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.649	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	63.17	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.634	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.00	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.525	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	41.95	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.307	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.20	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.455	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.40	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.513	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.39	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.855	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	66.32	V
Nodo 60 - Tip_Palo -	SLD	CC11	Impalcato 0	426.431	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	61.40	V

Palo 1												
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.813	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	51.38	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.486	848.23	1.00	1.70	56329.189	21930.189	78259.378	44.27	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)												
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	ζ	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC3	Impalcato 0	455.999	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.25	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	441.854	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.63	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	402.16	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.73	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	335.915	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.73	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC15	Impalcato 0	257.348	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.41	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	176.692	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.59	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	109.944	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.63	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	69.81	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.66	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	59.351	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	49.23	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	75.012	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.39	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	115.09	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.38	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	178.23	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.52	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	257.53	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.40	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	335.021	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.76	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	394.424	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.95	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	438.568	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.72	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	1018.681	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	23.93	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC13	Impalcato 0	923.306	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.22	V
Nodo 54 -	SLV	CC13	Impalcato 0	675.586	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.32	V

Tip_Palo - Palo 1												
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC7	Impalcato 0	427.489	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.02	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC5	Impalcato 0	332.994	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.82	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC11	Impalcato 0	427.408	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.02	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC9	Impalcato 0	675.969	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.31	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLV	CC1	Impalcato 0	920.494	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.26	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1317.913	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	18.46	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1252.527	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	18.97	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1056.116	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	20.69	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	727.751	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	24.41	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.547	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	31.28	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	43.162	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	38.99	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-403.138	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	59.82	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-602.356	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	40.03	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-664.735	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	36.28	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-587.113	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	41.07	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-377.746	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	63.84	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	55.136	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	38.59	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	325.857	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	31.27	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	712.676	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	24.61	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1023.801	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	21.01	V
Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	1237.841	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	19.09	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2592.899	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	12.09	V

Palo 1												
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2117.973	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	13.87	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	878.387	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	22.55	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	11.106	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.11	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	-835.208	848.23	1.00	1.70	23265.803	0.00	23265.803	28.87	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC1	Impalcato 0	14.107	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.00	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	878.989	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	22.54	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLU	CC4	Impalcato 0	2109.143	1102.699	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	13.91	V
Nodo 18 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC3	Impalcato 0	451.507	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.37	V
Nodo 19 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	437.532	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.75	V
Nodo 20 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	398.345	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.84	V
Nodo 21 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	332.049	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.85	V
Nodo 22 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC15	Impalcato 0	252.871	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.57	V
Nodo 23 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	172.285	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.78	V
Nodo 24 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	106.113	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.81	V
Nodo 25 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	65.955	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.87	V
Nodo 26 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	54.875	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	49.47	V
Nodo 27 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	70.602	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	48.62	V
Nodo 28 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	111.257	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	46.56	V
Nodo 29 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	174.376	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	43.69	V
Nodo 30 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	253.051	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	40.57	V
Nodo 31 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	330.611	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.90	V
Nodo 32 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	390.649	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	36.06	V

Nodo 33 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	434.634	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	34.83	V
Nodo 50 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	1017.525	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	23.95	V
Nodo 52 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	922.307	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.23	V
Nodo 54 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC13	Impalcato 0	674.455	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.34	V
Nodo 56 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC7	Impalcato 0	426.513	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.05	V
Nodo 58 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC5	Impalcato 0	331.855	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	37.86	V
Nodo 60 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC11	Impalcato 0	426.431	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	35.05	V
Nodo 62 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC9	Impalcato 0	674.813	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	29.33	V
Nodo 64 - Tip_Palo - Palo 1	SLD	CC1	Impalcato 0	919.486	848.23	1.00	1.70	25288.916	19387.191	44676.107	25.27	V

11.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 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;
 σ : Tensione di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Bt (Verifica della combinazione di carico A1 a breve termine)										
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ	S	Esito	
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	2.4609	1.3672	0.0628	21.78	V	
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	2.4847	1.3804	0.0591	23.35	V	
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	2.4899	1.3833	0.0509	27.20	V	
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	2.453	1.3628	0.0387	35.23	V	
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-	SLV	CC1	551.00	250.00	2.4542	1.3635	0.0628	21.70	V	

92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)									
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	2.4613	1.0701	0.1277	8.38	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	2.485	1.0804	0.126	8.58	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	2.4902	1.0827	0.1106	9.79	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	2.4533	1.0667	0.0811	13.16	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	2.4545	1.0672	0.1265	8.44	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	2.4609	1.3672	0.0628	21.78	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	2.4847	1.3804	0.0591	23.37	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	2.4899	1.3833	0.0508	27.24	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	2.453	1.3628	0.0385	35.37	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	2.4542	1.3635	0.0628	21.70	V

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σt	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	841.90	250.00	3.5515	1.9731	0.0628	31.43	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLV	CC9	1148.00	250.00	4.2664	2.3702	0.0591	40.10	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLV	CC9	1454.10	250.00	4.9567	2.7537	0.0509	54.14	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLV	CC9	1913.40	250.00	5.8232	3.2351	0.0387	83.63	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLV	CC1	551.00	250.00	2.946	1.6367	0.0628	26.04	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	841.90	250.00	3.6771	1.5987	0.1277	12.52	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLU	CC4	1148.00	250.00	4.4411	1.9309	0.126	15.33	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLU	CC4	1454.10	250.00	5.18	2.2522	0.1106	20.37	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLU	CC4	1913.40	250.00	6.1107	2.6568	0.0811	32.78	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLU	CC4	551.00	250.00	3.0289	1.3169	0.1265	10.41	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	841.90	250.00	3.5515	1.9731	0.0628	31.44	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLD	CC9	1148.00	250.00	4.2664	2.3702	0.0591	40.13	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLD	CC9	1454.10	250.00	4.9567	2.7537	0.0508	54.22	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLD	CC9	1913.40	250.00	5.8232	3.2351	0.0385	83.97	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLD	CC1	551.00	250.00	2.946	1.6367	0.0628	26.05	V

11.5.6 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra** : Numerazione della piastra;
SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
Istant. : Cedimento istantaneo;
Consol. : Cedimento di consolidamento;
Tot. : Cedimento totale;
Diff. : Cedimento differenziale;
Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
S : Coefficiente di sicurezza;
Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-2-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	957.50	0.0021	0.2511	0.2532	0.1832	0.3518	0.535	0.2818	(4‰ x Dist.) 3.83	13.59	V
Gruppo 2 (piastre: 17-18-32-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21-20-19)	SLE Car.	-	1275.0302	0.00	0.2499	0.2499	0.1799	0.35	0.53	0.2801	(4‰ x Dist.) 5.1001	18.21	V
Gruppo 3 (piastre: 33-34-48-47-46-45-44-43-42-41-40-39-38-37-36-35)	SLE Car.	-	1533.9562	0.00	0.2499	0.2499	0.1576	0.3376	0.4951	0.2452	(4‰ x Dist.) 6.1358	25.02	V
Gruppo 4 (piastre: 49-50-64-63-62-61-60-59-58-57-56-55-54-53-52-51)	SLE Car.	-	1838.0162	0.004	0.2521	0.2561	0.1159	0.3144	0.4303	0.1742	(4‰ x Dist.) 7.3521	42.22	V
Gruppo 5 (piastre: 65-66-81-80-96-79-95-78-94-77-93-76-92-75-91-74-90-73-89-72-88-71-87-70-86-69-85-68-84-67-83-82)	SLE Car.	-	720.00	0.0206	0.2613	0.2819	0.182	0.3512	0.5331	0.2512	(4‰ x Dist.) 2.88	11.46	V

12 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AREA BESS

12.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

12.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
E_c	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
E_{ct}/E_c	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo platea

Nome	Classe	ν	ps	αT	E_c	$\gamma_{m,c}$	E_{ct}/E_c	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cl _s _C30/37	C30/37	0.15	25.00	1E-05	32836.568	1.50	0.50	30.00	17.00	1.352	25.50	2.028	2.028	2.896	0.20	0.35

12.1.2 Acciaio per c.a.

Nome	: Nome del materiale;
Tipo	: Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
γ_m	: Coefficiente parziale per le resistenze;
Es	: Modulo elastico del materiale;
fyk	: Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
ftk	: Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
fd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fd SLE	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
k	: Rapporto di sovraresistenza ($ftk / fyk > 1$ per modello incrudente)
ϵ_{ud}	: Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	fyk N/mm ²	ftk N/mm ²	fd SLU N/mm ²	fd SLD N/mm ²	fd SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

12.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

12.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi BESS;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione. Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

12.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.0$ (Classe d'uso II §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 50$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	30
SLD	63	50
SLV	10	475

SLC	5	975
-----	---	-----

12.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{VR} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.451452

Longitudine (ED50): 11°.575462

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
25835	42°.4692	11°.5920
26056	42°.4181	11°.5259
26057	42°.4192	11°.5936
25834	42°.4680	11°.5243

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	475	975	50	30
Accelerazione sismica [g]	0.083	0.101	0.04	0.033
Coefficiente Fo	2.656	2.68	2.584	2.565
Periodo T _C *[sec]	0.29	0.299	0.24	0.211

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F₀ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

	Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.136	0.14	0.117	0.106
$T_C[sec]$	0.409	0.419	0.351	0.317
$T_D[sec]$	1.932	2.004	1.76	1.732
C_c	1.41	1.40	1.46	1.50

12.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1.20	1.50
SLD	1.20	1.46
SLV	1.20	1.41
SLC	1.20	1.40

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

12.3.4 Carichi BESS

Per la valutazione dei carichi trasmessi alle strutture di fondazione, dai Battery Energy Storage Systems, si è fatto riferimento alla documentazione tecnica di prodotto.

12.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

12.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

12.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Sabbia limo argillosa con ghiaia

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;
 φ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : Inclinazione dello strato;
 c' : Coesione drenata del terreno;
 c_u' : Coesione non drenata del terreno;
 E : Modulo elastico del terreno;
 G : Modulo di taglio del terreno;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	cu' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	vt°	Eed [N/mm ²]
Strato I	500.00	18.00	19.00	5.00	31.00	20.67	0.00	0.01	-	1.40	40.164	0.35	7.34

12.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

12.5.1 Verifica flessione SLU – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input;

Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)

Dir. : Direzione locale di verifica;

As : Valore dell'area puntuale di armature longitudinali;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

Nsd : Sforzo normale sollecitante;

Msd : Valore del momento sollecitante;

Azioni Resistenti

Nrd : Sforzo normale resistente;

Mrd : Valore del momento resistente;
 S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos.	Dir.	As [mm ²]	SL	CdC	Azioni Sollecitanti		Azioni Resistenti		S	Esito
						Nsd [kN/m]	Msd [kNm/m]	Nrd [kN/m]	Mrd [kNm/m]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	Base	1	1.23	SLU	CC4	0.00	15.72	0.00	75.28	4.79	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	Base	2	1.23	SLU	CC4	0.00	20.74	0.00	75.28	3.63	V

12.5.2 Taglio-Punzonamento SLU – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input
 Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Vsd : Valore del Taglio sollecitante di calcolo fuori dal piano della piastra;
 vRd,c : Taglio resistente unitario del calcestruzzo;
 vRd,cs : Taglio resistente unitario delle armature da punzonamento;
 VRd : Valore del Taglio resistente di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos.	SL	CdC	Vsd [kN/m]	vRd,c [kN/m]	vRd,cs [kN/m]	VRd [kN/m]	S	Esito

12.5.3 Stato tensionale SLE – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input
 Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)
 Dir. : Direzione locale di verifica;

- SL : stato limite della combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Azioni Sollecitanti
- NSd : Sforzo normale sollecitante;
- MSd : valore del momento sollecitante;
- Tensioni massime
- σ MaxCls : tensione massima di compressione sul calcestruzzo;
- σ MaxAcc : tensione massima di trazione sulle barre da armatura;
- Tensioni limite
- σ LimCls : tensione limite di compressione del calcestruzzo;
- σ LimAcc : tensione limite di trazione delle barre da armatura;
- S : valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos	Dir.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti		Tensioni massime		Tensioni limite		S	Esito
					Nsd [kN/m]	MSd [kNm/m]	σ MaxCls [N/mm ²]	σ MaxAcc [N/mm ²]	σ LimCls [N/mm ²]	σ LimAcc [N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	Base	1	SLE Car.	CC4	0.00	6.76	0.947	-54.548	18.00	360.00	6.60	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	Base	2	SLE Car.	CC4	0.00	13.82	1.25	-71.95	18.00	360.00	5.00	V

12.5.4 Fessurazione – Piastra di fondazione

- Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input
- Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)
- Dir. : Direzione locale di verifica;
- SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
- CdC : Combinazione di carico più gravosa;
- Azioni Sollecitanti
- NSd : Sforzo normale sollecitante;
- MSd : Valore del momento sollecitante;

Fessurazione

Wk Max : Massima apertura delle fessure;

Wk Lim : Valore limite dell'apertura delle fessure;

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos.	Dir.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti		Fessurazione		S	Esito
					Nsd [kN/m]	Msd [kNm/m]	Wk Max [cm]	Wk Lim [cm]		
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	Base	1	SLE Frequenti	CC1	0.00	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	Base	2	SLE Frequenti	CC1	0.00	0.00	0.00	0.04	100.00	V

12.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

Piastra : Numerazione della piastra;

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;

σ : 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)									
Piastra	SL	CdC	Bd [cm]	D [cm]	qlim [N/mm ²]	qlimd [N/mm ²]	σ [N/mm ²]	S	Esito
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLV	CC1	3699.90	30.00	5.9236	3.2909	0.0197	100.00	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLU	CC4	3699.90	30.00	6.3311	2.7526	0.0551	49.94	V
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLD	CC1	3699.90	30.00	5.9236	3.2909	0.0197	100.00	V

35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

12.5.6 Verifica allo Sato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
- SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
- CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
- Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
- Istant. : Cedimento istantaneo;
- Consol. : Cedimento di consolidamento;
- Tot. : Cedimento totale;
- Diff. : Cedimento differenziale;
- Lim. : Cedimento limite ($\% \times \text{Dist.}$);
- S : Coefficiente di sicurezza;
- Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-2-21-22-41-42-43-23-44-24-45-25-46-26-47-27-48-28-49-29-50-30-51-31-52-32-53-33-54-34-55-35-56-36-57-37-58-38-59-39-60-40-62-63-61-20-19-18-17-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3)	SLE Car.	-	1332.0921	0.0542	0.4808	0.535	0.0762	0.5947	0.6708	0.1358	(4‰ x Dist.) 5.3284	39.23	V

Dalle tabelle relative al cedimento differenziale limite delle fondazioni, si evince che i cedimenti differenziali massimi stimati risultano compatibili con la funzionalità dei lavori in oggetto.

13 CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE – AREA SSEU

13.1 Materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza.

13.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
E_c	: Modulo elastico del materiale;
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
E_{ct}/E_c	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Calcestruzzo platea

Nome	Classe	ν	ps	αT	E_c	$\gamma_{m,c}$	E_{ct}/E_c	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cl _s _C30/37	C30/37	0.15	25.00	1E-05	32836.568	1.50	0.50	30.00	17.00	1.352	25.50	2.028	2.028	2.896	0.20	0.35

13.1.2 Acciaio per c.a.

Nome	: Nome del materiale;
Tipo	: Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
γ_m	: Coefficiente parziale per le resistenze;
Es	: Modulo elastico del materiale;
fyk	: Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
ftk	: Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
fd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fd SLE	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
k	: Rapporto di sovraresistenza ($ftk / fyk > 1$ per modello incrudente)
ϵ_{ud}	: Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	Es N/mm ²	fyk N/mm ²	ftk N/mm ²	fd SLU N/mm ²	fd SLD N/mm ²	fd SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Acc_B450C	B450C	1.15	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

13.2 Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali. La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni effettive.

13.3 Azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura in esame sono state valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018.

In particolare, sono state analizzate le seguenti azioni:

- Azione sismica;
- Carichi SSEU;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;

Le azioni considerate sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio nel prosieguo della relazione. Da queste sono stati determinati i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegarsi successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

13.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.0$ (Classe d'uso II §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 50$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	30
SLD	63	50
SLV	10	475

SLC	5	975
-----	---	-----

13.3.2 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{VR} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.

Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42°.4530

Longitudine (ED50): 11°.5754

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
25835	42°.4692	11°.5920
26056	42°.4181	11°.5259
26057	42°.4192	11°.5936
25834	42°.4680	11°.5243

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	475	975	50	30
Accelerazione sismica [g]	0.083	0.102	0.04	0.033
Coefficiente F_0	2.654	2.677	2.583	2.564
Periodo T_C^* [sec]	0.29	0.299	0.24	0.211

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

	Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.136	0.14	0.117	0.106
$T_C[sec]$	0.409	0.419	0.351	0.317
$T_D[sec]$	1.932	2.008	1.76	1.732
C_c	1.41	1.40	1.46	1.50

13.3.3 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria B), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1.20	1.50
SLD	1.20	1.46
SLV	1.20	1.41
SLC	1.20	1.40

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente.

Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, nel caso in esame, considerato un comportamento non dissipativo, è stato assunto un valore pari a 1.5.

13.3.4 Carichi SSEU

Per la valutazione dei carichi trasmessi alle strutture di fondazione, dai trasformatori di distribuzione ed ai locali quadri BT e MT, si è fatto riferimento alla documentazione tecnica di prodotto.

13.3.5 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

13.3.6 Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Le verifiche strutturali e geotecniche sono state effettuate in conformità agli approcci previsti dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalle specifiche verifiche.

13.4 Stratigrafia del terreno

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Nel caso oggetto di studio 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	Strato I	Sabbia limo argillosa con ghiaia

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;
 φ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : Inclinazione dello strato;
 c' : Coesione drenata del terreno;
 c_u' : Coesione non drenata del terreno;
 E : Modulo elastico del terreno;
 G : Modulo di taglio del terreno;
 ν° : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;

Strato	Spess. [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso sat. [kN/m ³]	NSPT	ϕ [°]	δ [°]	α [°]	c' [N/mm ²]	c_u' [N/mm ²]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	vt°	Eed [N/mm ²]
Strato I	500.00	18.00	19.00	5.00	31.00	20.67	0.00	0.01	0.00	1.40	40.164	0.35	7.34

13.5 Sintesi risultati verifiche

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono state 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;

Le verifiche sono state 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 **Ed** è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e **Rd** è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

13.5.1 Verifica flessione SLU – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input;

Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)

Dir. : Direzione locale di verifica;

As : Valore dell'area puntuale di armature longitudinali;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

Nsd : Sforzo normale sollecitante;

Msd : Valore del momento sollecitante;

Azioni Resistenti

Nrd : Sforzo normale resistente;

Mrd : Valore del momento resistente;
 S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos.	Dir.	As [mm ²]	SL	CdC	Azioni Sollecitanti		Azioni Resistenti		S	Esito
						Nsd [kN/m]	Msd [kNm/m]	Nrd [kN/m]	Mrd [kNm/m]		
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	1	1.23	SLU	CC1	0.00	21.47	0.00	75.28	3.51	V
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	2	1.23	SLU	CC1	0.00	-21.41	0.00	-75.28	3.52	V

13.5.2 Taglio-Punzonamento SLU – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input
 Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Vsd : Valore del Taglio sollecitante di calcolo fuori dal piano della piastra;
 vRd,c : Taglio resistente unitario del calcestruzzo;
 vRd,cs : Taglio resistente unitario delle armature da punzonamento;
 VRd : Valore del Taglio resistente di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos.	SL	CdC	Vsd [kN/m]	vRd,c [kN/m]	vRd,cs [kN/m]	VRd [kN/m]	S	Esito
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	SLU	CC1	0.053	0.446	0.00	0.446	8.39	V

13.5.3 Stato tensionale SLE – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input
 Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)
 Dir. : Direzione locale di verifica;
 SL : stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Azioni Sollecitanti

NSd : Sforzo normale sollecitante;

MSd : valore del momento sollecitante;

Tensioni massime

σ MaxCls : tensione massima di compressione sul calcestruzzo;

σ MaxAcc : tensione massima di trazione sulle barre da armatura;

Tensioni limite

σ LimCls : tensione limite di compressione del calcestruzzo;

σ LimAcc : tensione limite di trazione delle barre da armatura;

S : valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos	Dir.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti		Tensioni massime		Tensioni limite		S	Esito
					Nsd [kN/m]	Msd [kNm/m]	σ MaxCls [N/mm ²]	σ MaxAcc [N/mm ²]	σ LimCls [N/mm ²]	σ LimAcc [N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	1	SLE Car.	CC1	0.00	14.31	1.294	-74.484	18.00	360.00	4.83	V
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	2	SLE Car.	CC1	0.00	-14.27	1.291	-74.299	18.00	360.00	4.85	V

13.5.4 Fessurazione – Piastra di fondazione

Piastra di fondazione : Piastra di fondazione di input

Pos. : Posizione del punto di verifica (Base = armature di base ; Raff. = zona di raffittimento)

Dir. : Direzione locale di verifica;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

NSd : Sforzo normale sollecitante;

MSd : Valore del momento sollecitante;

Fessurazione

Wk Max : Massima apertura delle fessure;

Wk Lim : Valore limite dell'apertura delle fessure;

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Piastra di fondazione	Pos.	Dir.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti		Fessurazione		S	Esito
					Nsd [kN/m]	Msd [kNm/m]	Wk Max [cm]	Wk Lim [cm]		
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	1	SLE Frequenti	CC1	0.00	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	Base	2	SLE Frequenti	CC1	0.00	0.00	0.00	0.04	100.00	V

13.5.5 Verifica capacità portante – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 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;
 σ : 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)									
Piastra	SL	CdC	Bd	D	qlim	qlimd	σ	S	Esito
			[cm]	[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	SLV	CC9	13000.00	30.00	19.7163	10.9535	0.0777	100.00	V
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	SLU	CC1	13000.00	30.00	21.1394	9.191	0.1487	61.79	V
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	SLD	CC9	13000.00	30.00	19.7163	10.9535	0.0777	100.00	V

13.5.6 Verifica allo Sato Limite d'Esercizio – Piastra di fondazione

- Piastra : Numerazione della piastra;
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
 Dist. : Distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
 Istant. : Cedimento istantaneo;
 Consol. : Cedimento di consolidamento;
 Tot. : Cedimento totale;
 Diff. : Cedimento differenziale;
 Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
 S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Piastra	SL	CdC	Dist. [cm]	Min			Max			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
Gruppo 1 (piastre: 1-3-9-7-8-6-2-5-4)	SLE Car.	-	1129.8158	0.0232	0.2476	0.2708	0.195	1.1914	1.3864	1.1156	(4‰ x Dist.) 4.5193	4.05	V

Dalle tabelle relative al cedimento differenziale limite delle fondazioni, si evince che i cedimenti differenziali massimi stimati risultano compatibili con la funzionalità dei lavori in oggetto.

14 CONCLUSIONI

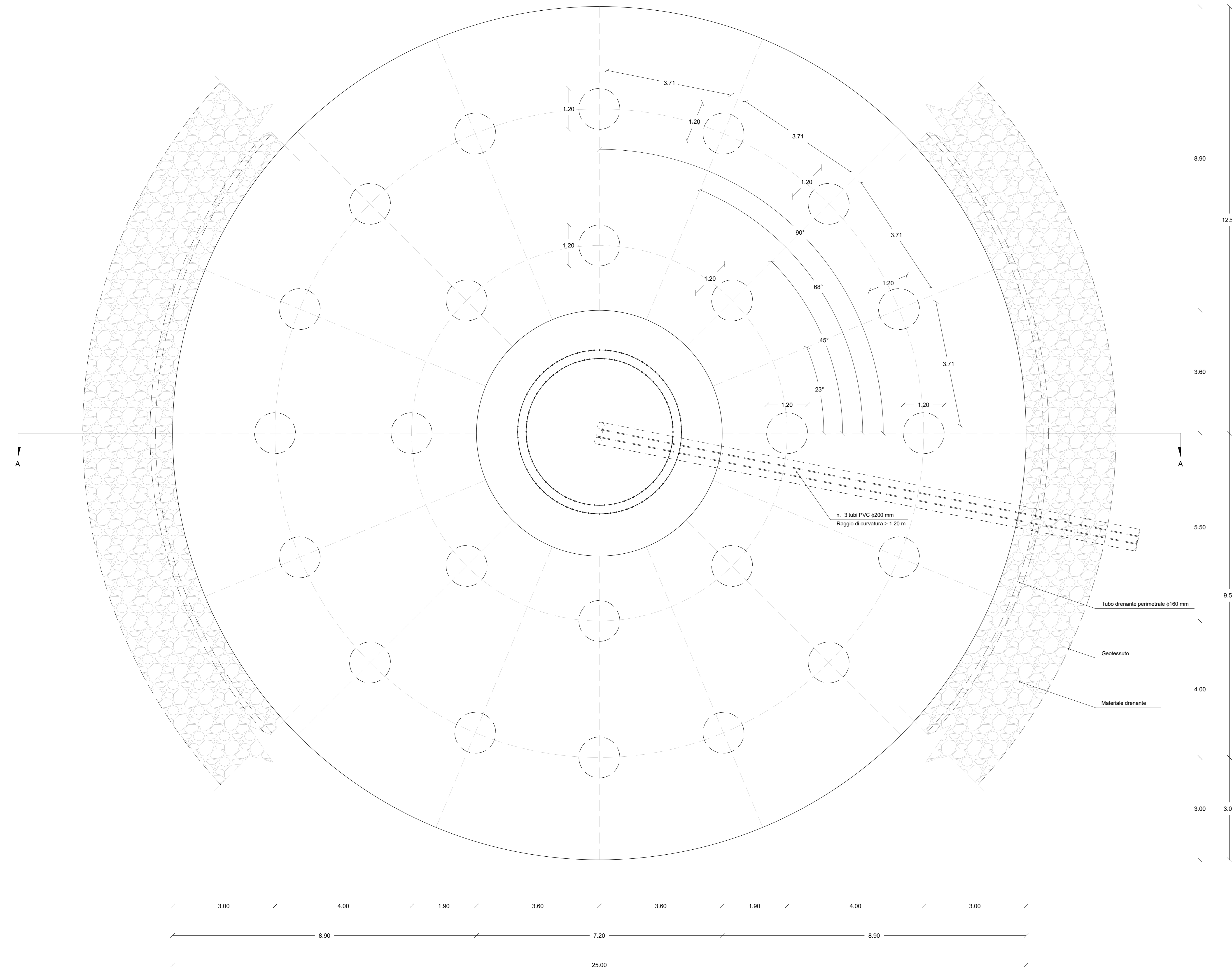
Le elaborazioni di calcolo sono state eseguite secondo i requisiti prestazionali richiesti dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018, con l'ausilio del Software "FaTA Next" prodotto e distribuito da Stacec srl e concesso in licenza al responsabile dei calcoli stessi.

Sono stati analizzati gli aspetti relativi al comportamento statico e dinamico delle fondazioni sulla scorta delle documentazioni tecniche (Studio geologico, Schede tecniche di prodotto etc.) disponibili per tale fase preliminare di progettazione.

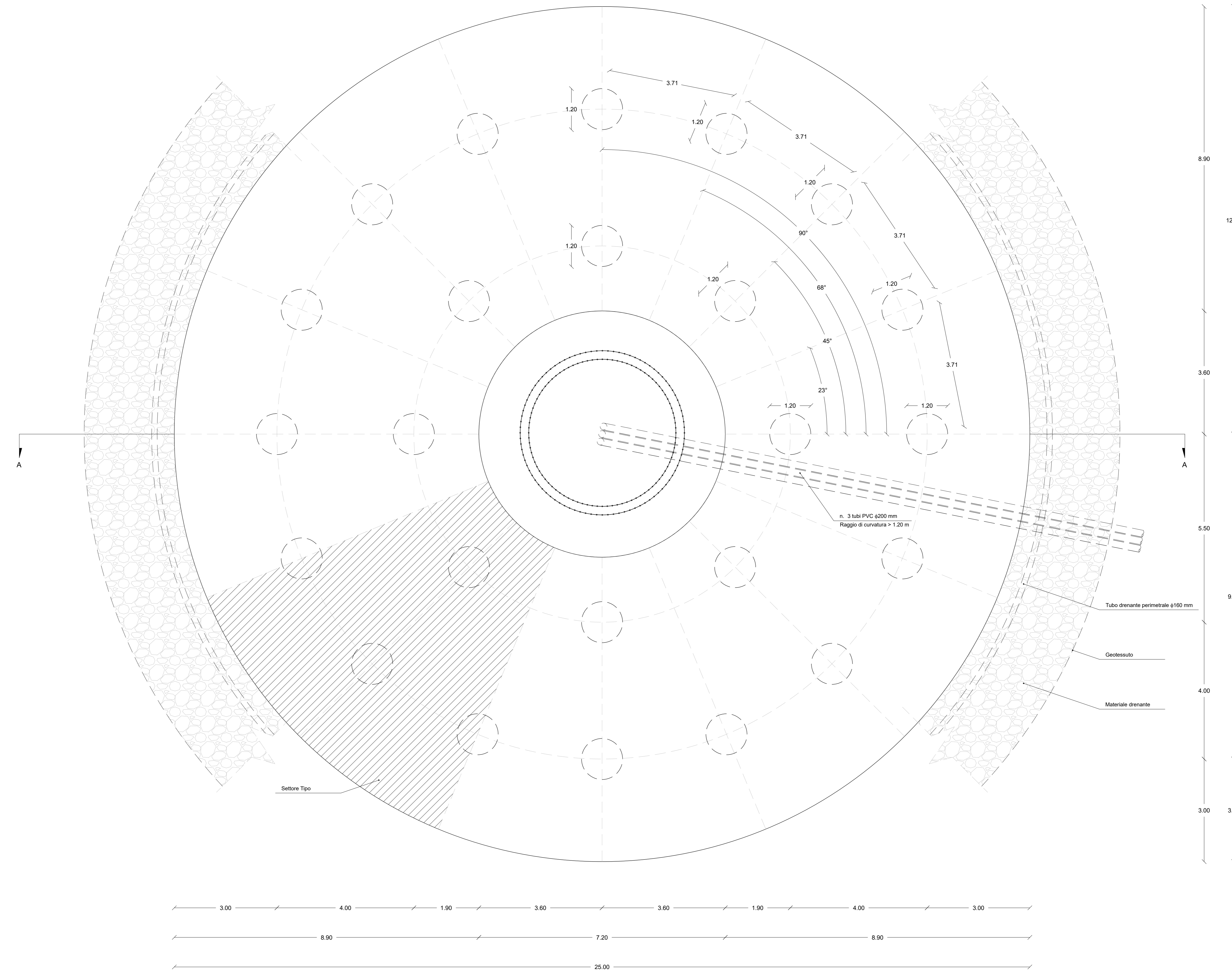
Ulteriori e più approfondite valutazioni dovranno essere attenzionate nella successiva fase di progettazione esecutiva per l'acquisizione del titolo sismico, sulla scorta di studi e documentazioni tecnico-specialistiche di maggiore dettaglio.

ALLEGATO: Tavola grafica preliminare.

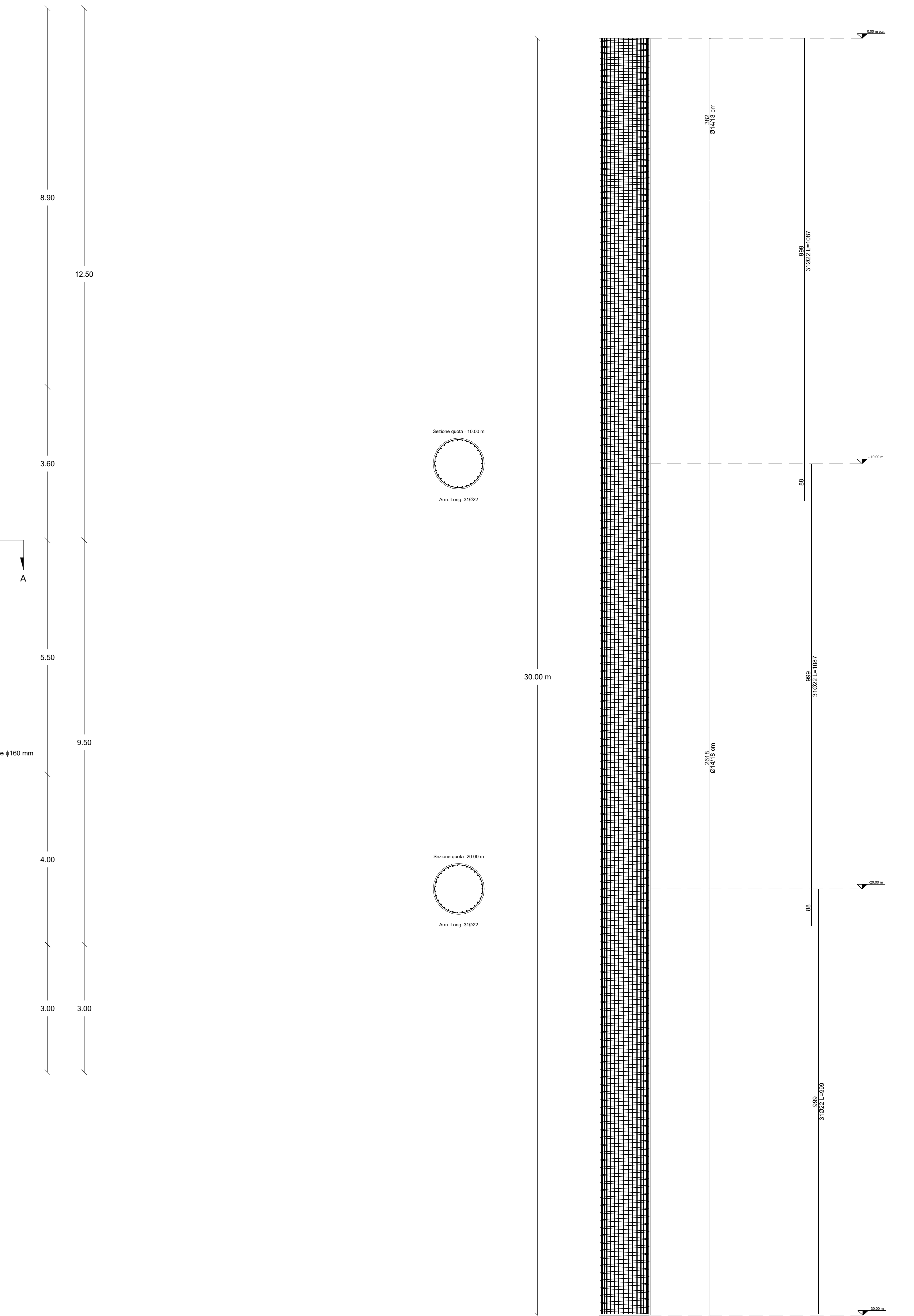
PIANTA PRELIMINARE DI FONDAZIONE
scala 1:50



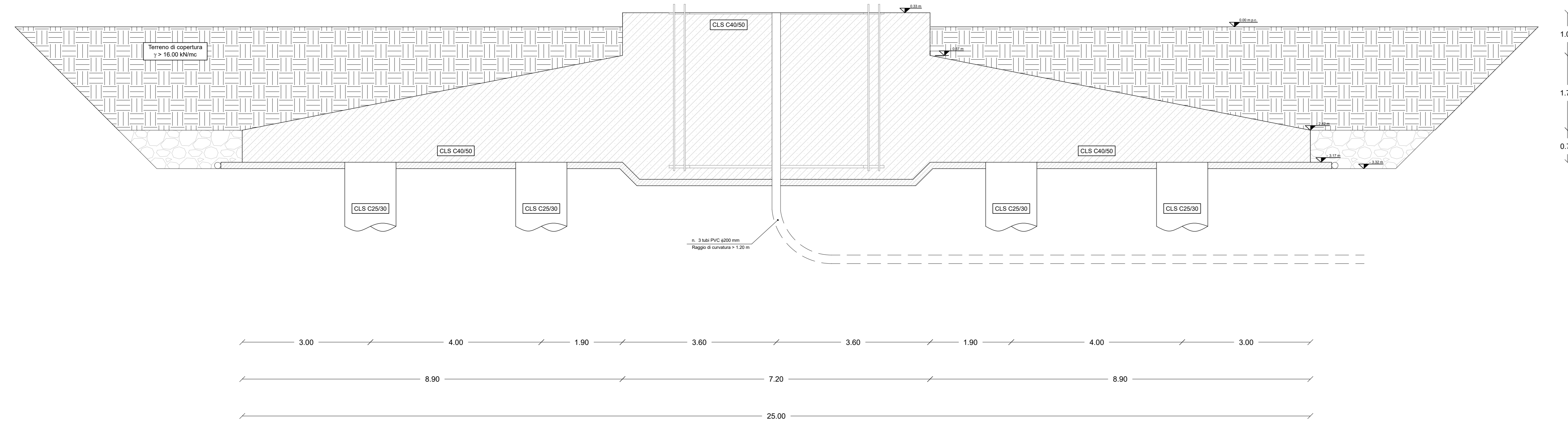
PIANTA PRELIMINARE DI FONDAZIONE
scala 1:50



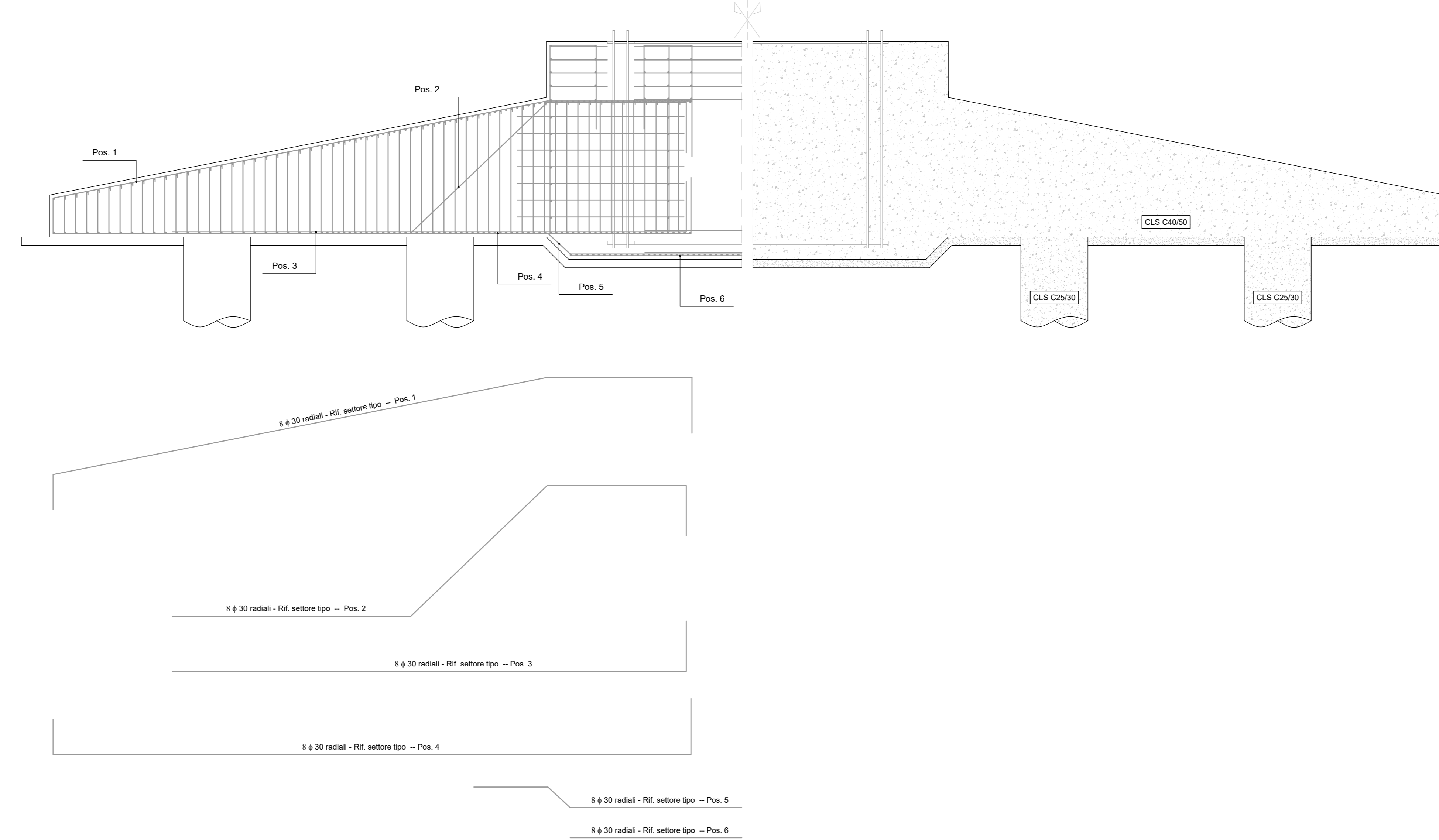
ARMATURA PRELIMINARE - PALO
scala 1:50



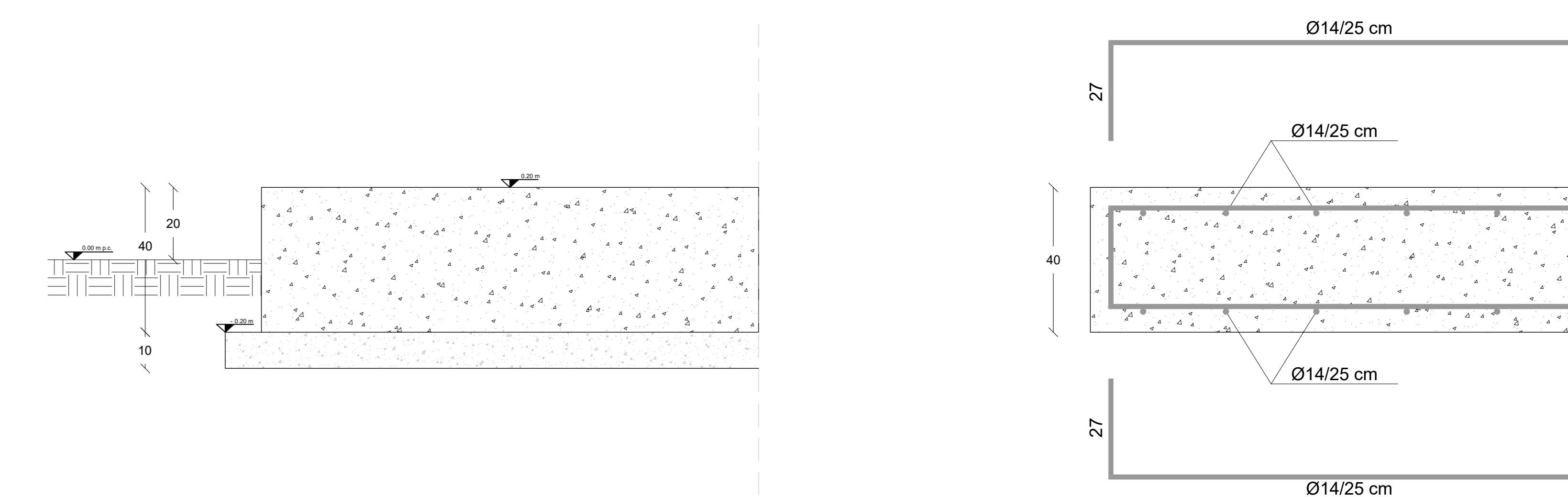
SEZIONE A-A
scala 1:50



ARMATURA PRELIMINARE - SETTORE TIPO
scala 1:50



PARTICOLARE ARMATURA PRELIMINARE - PLATEA AREA BESS ED AREA SSEU
scala 1:10



CARATTERISTICHE MATERIALI - PLINTO DI FONDAZIONE	
CLC C40/50	
R _{ck} = 50 MPa	f _{tk} = 40 MPa
f _{yk, nom} [MPa]	450
f _{l, nom} [MPa]	540
f _{yk} [MPa]	≥ f _{yk, nom}
f _{tk} [MPa]	≥ f _{tk, nom}
(f _{yk} /f _{yk, nom}) _k	≥ 1.15 < 1.35
(f _{yk} /f _{yk, nom}) _{0.95}	≥ 1.25
(A _{sp}) _k [%]	≥ 7.5 %

CARATTERISTICHE MATERIALI - PALI DI FONDAZIONE	
CLC C25/30	
R _{ck} = 30 MPa	f _{tk} = 25 MPa
f _{yk, nom} [MPa]	450
f _{l, nom} [MPa]	540
f _{yk} [MPa]	≥ f _{yk, nom}
f _{tk} [MPa]	≥ f _{tk, nom}
(f _{yk} /f _{yk, nom}) _k	≥ 1.15 < 1.35
(f _{yk} /f _{yk, nom}) _{0.95}	≥ 1.25
(A _{sp}) _k [%]	≥ 7.5 %

CARATTERISTICHE MATERIALI - PLATEA BESS	
CLC C30/37	
R _{ck} = 37 MPa	f _{tk} = 30 MPa
f _{yk, nom} [MPa]	450
f _{l, nom} [MPa]	540
f _{yk} [MPa]	≥ f _{yk, nom}
f _{tk} [MPa]	≥ f _{tk, nom}
(f _{yk} /f _{yk, nom}) _k	≥ 1.15 < 1.35
(f _{yk} /f _{yk, nom}) _{0.95}	≥ 1.25
(A _{sp}) _k [%]	≥ 7.5 %