

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H03000180008

DIREZIONE TECNICA
U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA DI 2^ FASE

NPP 0258 - GRONDA MERCI DI ROMA

GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD

VI07 – VIADOTTO VAL D'ALA

Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N R 4 E 2 1 R 0 9 R G V I 0 7 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	Emissione esecutiva	<i>Di Spigno</i>	Luglio/21	<i>Di Spigno</i>	Luglio/21	<i>T. Proietti</i>	Luglio/21	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ingeg. Angelo Strozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A207835	

File:NR4E21R09RGVI0700001A.doc

n.Elaborazione

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2.1	VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI ADOTTATE	6
3	ANALISI DEI CARICHI.....	7
3.1	PESO IMPALCATI (G1).....	7
3.2	PESO SOTTOSTRUTTURE (PULVINO, PILA, PLINTO).....	7
3.3	AZIONI VARIABILI.....	7
3.3.1	<i>Treni di carico</i>	7
3.3.2	<i>Forza centrifuga</i>	8
3.3.3	<i>Serpeggio</i>	9
3.3.4	<i>Avviamento e frenatura</i>	9
3.4	AZIONI DINAMICHE.....	10
3.5	AZIONI CLIMATICHE.....	10
3.5.1	<i>Vento</i>	10
3.6	AZIONE SISMICA (E).....	10
3.6.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità</i>	10
4	GRUPPI DI CARICO E COMBINAZIONI.....	14
5	NORME E RIFERIMENTI	16
6	MODALITA' E CRITERI DI ANALISI.....	16
7	AZIONI E SOLLECITAZIONI.....	17
7.1	FONDAZIONI PILA P1.....	17
7.1.1	<i>Sollecitazioni</i>	23
7.2	SPICCATO FUSTO PILA P1	23

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	2 di 28

7.2.1	<i>Sollecitazioni</i>	25
8	VERIFICHE.....	25
8.1	SPICCATO FUSTO PILA P1	26

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento relativa al VI07 - Viadotto Val d'Ala, nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico-economica della chiusura dell'anello nord di Roma. In particolare, la relazione in oggetto fornisce una descrizione delle opere strutturali in progetto, nonché un elenco delle norme tecniche e dei documenti di riferimento per la progettazione strutturale.

Saranno infine fornite le ipotesi e le analisi preliminari per la valutazione delle azioni in fondazione necessaria alle verifiche geotecniche delle stesse effettuate sulla base della caratterizzazione geotecnica.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto VI07 è compreso approssimativamente fra la pk 3+890.00 e la pk 4+010.00. Il viadotto ferroviario, a singolo binario, è costituito da travate in acciaio-calcestruzzo.

Il viadotto ha uno sviluppo complessivo di 120 m ed è costituito da travate isostatiche, in relazione alle esigenze plano altimetriche dettate dal tracciato. Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle principali caratteristiche geometriche e costruttive del viadotto.

La prima campata trova appoggio sul manufatto GA02 – Galleria artificiale Val d'Ala, per il quale si rimanda alle specifiche relazioni del presente progetto.

n. opera	Nome	Tipo	L_campate		H_pile	Fondazione	BxLxH	L_impalcato	L_Viadotto
VI07	Viadotto Val d'Ala	-		-	0	-	-	-	120
			40	P1	5	9 pali	12x12x2,5	40	
			40	P2	5	9 pali	12x12x2,5	40	
			40	SPB	4	9 pali	12x12x2,5	40	

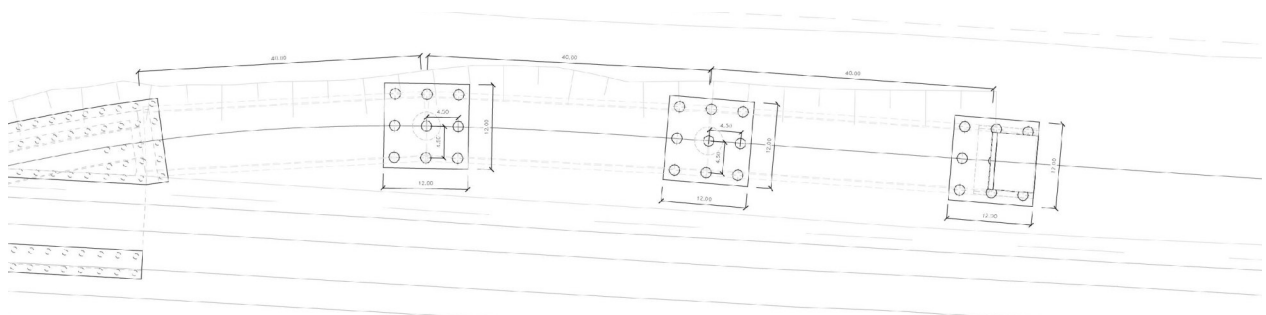


Figura 1: Inquadramento viadotto VI07 all'interno dell'area di intervento 1/2

Il viadotto corre parallelamente a Via Val d'Ala, in prossimità del fascio binari esistente. Il posizionamento delle pile e delle relative fondazioni è stato dettato da considerazioni legate all'inserimento del viadotto nel contesto urbano, all'ottimizzazione delle luci in funzione della tipologia costruttiva scelta per l'impalcato e alla riduzione dell'interferenza delle fasi realizzative con il territorio e l'esercizio ferroviario.

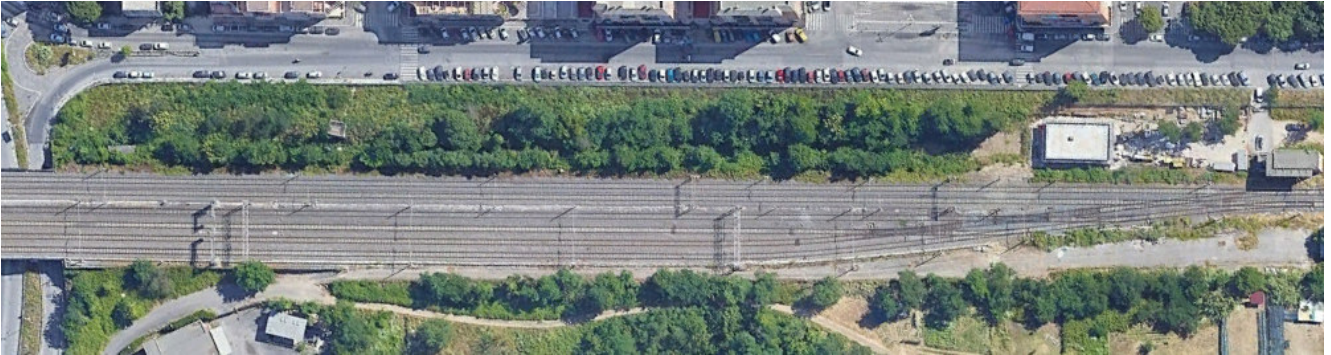


Figura 2: Inquadramento viadotto VI07- via Val d'Ala

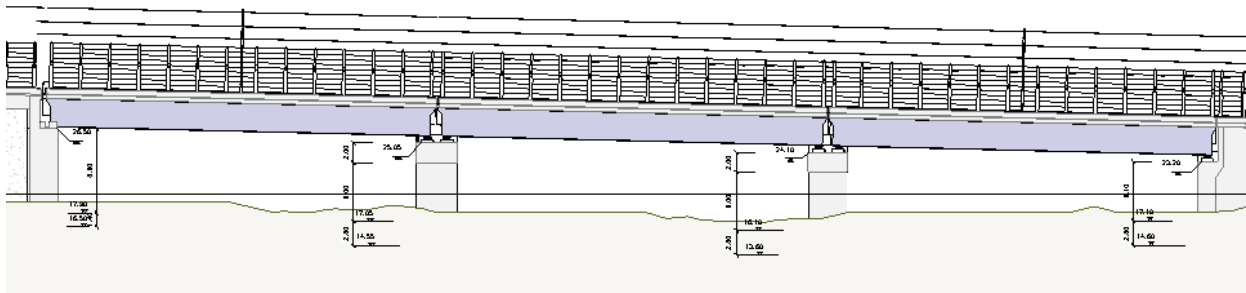


Figura 10. Profilo longitudinale

Le pile sono realizzate in c.a. Esse presentano un fusto a sezione circolare piena $\varnothing 4.0\text{m}$. Le fondazioni sono costituite da 9 pali trivellati $\varnothing 1500$ collegati in testa da un plinto in c.a.

Si riportano a seguire le immagini della carpenteria della tipologia in oggetto; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

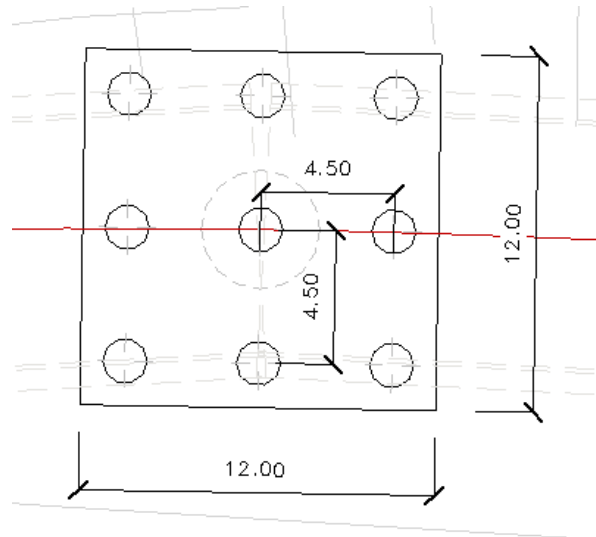


Figura 3: carpenteria pila e fondazioni

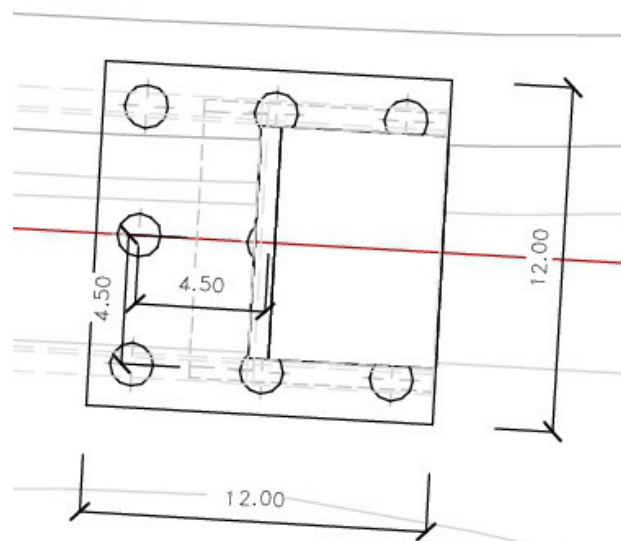


Figura 11. Pianta fondazioni spalla

La spalla é realizzata in c.a. con fondazione su 9 pali $\varnothing 1500$.

La sezione trasversale prevede una larghezza di 9,70 m e consente l'istallazione di barriere tipologiche standard, ove previste. La sezione è completata da velette in c.a., previste per ridurre l'impatto delle strutture nel contesto urbano. La sezione di impalcato utilizzata è una soluzione tipologica standard comunemente adottata per le luci del viadotto in oggetto.

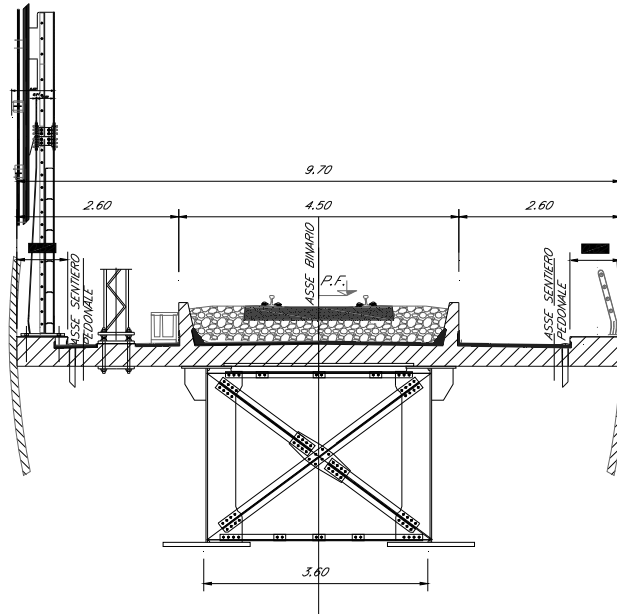


Figura 12. Sezione tipo - Impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo a singolo binario



Figura 12. Vista prospettica - Ponte a struttura mista acciaio calcestruzzo a singolo binario

2.1 Valutazione delle soluzioni progettuali adottate

L'intervento oggetto del presente documento si sviluppa in un contesto fortemente urbanizzato e caratterizzato da numerosi vincoli legati, tra gli altri, alla viabilità preesistente e alla presenza di edifici, opere d'arte e sottoservizi. Le soluzioni progettuali adottate sono state orientate a minimizzare l'impatto sulle attività preesistenti, per quanto possibile. In questo senso l'impiego, ove possibile, di viadotti ad impalcato continuo (col conseguente aumento delle luci, a parità di altre condizioni) è orientata ad ottimizzare il numero di pile riducendo quindi l'impatto sul territorio sia in fase di esecuzione che a lungo termine.

In alcuni casi l'impiego di viadotti continui si è rivelata scelta obbligata al fine di ottenere un adeguato franco nei confronti delle viabilità esistenti, tenuto conto dei vincoli legati al tracciato ferroviario.

In considerazione di quanto sopra, gli impalcati a sezione mista acciaio-calcestruzzo sono stati ritenuti la soluzione ottimale in relazione ai costi, allo schema statico ipotizzato e alle masse strutturali, con la conseguente riduzione delle dimensioni delle opere di fondazione.

Le sezioni sono predisposte per l'impiego di barriere antirumore, ove necessario, al fine di ottenere il rispetto dei vincoli di norma su recettori presenti.

Infine, rispetto ad altre soluzioni, gli impalcati a sezione mista acciaio-calcestruzzo presentano vantaggi dal punto di vista della flessibilità in fase di realizzazione, essendo idonei sia al varo di punta che a soluzioni che prevedono il sollevamento dal basso, in configurazione preassemblata per conci di grandi dimensioni. Tale condizione consente di ottimizzare anche i tempi di realizzazione, elemento fondamentale per minimizzare l'impatto della realizzazione in un contesto fortemente urbanizzato come quello in essere.

3 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi considerati nelle valutazioni effettuate, rimandando ai successivi § del presente documento per la valutazione delle azioni.

3.1 Peso impalcati (G1)

Il peso degli impalcati viene considerato coerentemente con la tipologia costruttiva e differenziato sulla base delle luci di calcolo. In particolare, si considerano i seguenti carichi, comprensivi del peso proprio e di tutti i permanenti portati.

$$q = 26 \text{ t/m per } L=40 \text{ m SB}$$

3.2 Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc. Di seguito si riporta la stima dei pesi propri considerati.

3.3 Azioni variabili

3.3.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente " α " che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " α "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Tabella 1 – coefficienti α per modelli di carico

Non si considera il modello di carico SW/0 perché l'impalcato non è continuo.

3.3.1.1 Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.

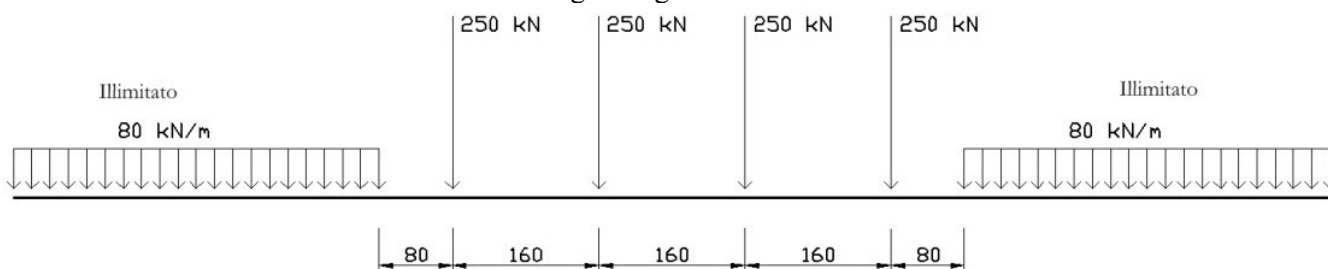


Figura 4 – Treno di carico LM71

3.3.1.2 Treno di carico SW/2-SW/0

Il Treno di carico SW/2-SW/0 è schematizzato nella figura seguente.



Figura 5 – Treno di carico SW

Tipo di carico	Qvk [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

Tabella 2 – caratterizzazione treni di carico SW

Nel presente documento, si è considerato solo il modello di carico SW/2.

3.3.2 Forza centrifuga

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F.

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo le seguenti espressioni:

$$Q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo quanto riportato nella seguente tabella.

Valore di α	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	α	f		
SW/2	≥ 100	100	1	1	1 x 1 x SW/2	Φ x 1 x SW/2
	< 100	V	1	1	1 x 1 x SW/2	
LM71 e SW/0	> 120	V	1	f	1 x f x (LM71''+"SW/0)	Φ x 1 x 1 x (LM71''+"SW/0)
		120	α	1	α x 1 x (LM71''+"SW/0)	Φ x α x 1 x (LM71''+"SW/0)
	≤ 120	V	α	1	α x 1 x (LM71''+"SW/0)	

Tabella 3 – Parametri per determinazione della forza centrifuga

Nella valutazione delle azioni centrifughe sono state considerate velocità e raggi di curvatura coerenti con i vincoli di tracciato.

3.3.3 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a $Q_{sk}=100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α , ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

3.3.4 Avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento si considera come azione agente sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso, come carico uniformemente distribuito. A vantaggio di sicurezza si trascurano gli effetti di interazione binario struttura.

Si considerano i seguenti valori delle azioni:

Avviamento

$$Q_{la} = 33 \times L < 1000 \text{ kN} \quad \text{per LM71 e SW/2}$$

Frenatura

$$Q_{lb} = 20 \times L < 6000 \text{ kN} \quad \text{per LM71}$$

$$Q_{lb} = 35 \times L \quad \text{per SW/2}$$

Come previsto dalla normativa, si considerano due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura. Le azioni di frenatura ed avviamento si combinano con i relativi carichi da traffico verticali.

3.4 Azioni dinamiche

Le valutazioni effettuate nel presente documento si riferiscono alle sottostrutture (pile e fondazioni). Le azioni dinamiche sono state pertanto trascurate.

3.5 Azioni climatiche

3.5.1 Vento

Si assume convenzionalmente e cautelativamente una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2.50 kN/mq.

3.6 Azione Sismica (E)

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

3.6.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica conduce alla determinazione delle azioni sismiche di progetto da applicare sulla struttura in esame.

A tal fine è necessario definire la localizzazione geografica del sito, la classe d'uso e la vita nominale dell'opera strutturale (VN), quest'ultima intesa come il numero di anni nel quale la struttura, soggetta ad una manutenzione ordinaria, assolva alla funzione per la quale è stata progettata.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $VN = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità

$V < 250$ Km/h") ed una classe d'uso IV a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u =$

2.0.

I parametri di pericolosità sismica vengono valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R calcolato come il prodotto tra la vita nominale V_n ed il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 2.0 = 150$ anni

Altri parametri che concorrono alla valutazione delle azioni sismiche sono riportati di seguito:

- Categoria sottosuolo **C**
- Categoria topografica **T1**

Si rimanda alle successive fasi di progettazione una valutazione più accurata della risposta sismica locale.

In questa fase, al fine di semplificare il dimensionamento delle fondazioni, stata condotta una valutazione della variabilità dei parametri sismici in corrispondenza delle opere analoghe a quella oggetto del presente documento, per lo SLV. Come prevedibile, si è riscontrata una sostanziale omogeneità dei parametri caratterizzanti l'azione sismica al variare della posizione delle opere. Si riporta di seguito una sintesi del confronto.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Opera	VI01	VI02	VI04	VI05	VI06	VI07	VI08	VI09
Lat.rif.	41,951182	41,942087	41,943127	41,941602	41,943548	41,943012	41,943616	41,943006
Long.rif.	12,482794	12,502391	12,500542	12,505840	12,512381	12,515050	12,509654	12,513967
STATO LIMITE	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV
Cat.Sottosuolo	C	C	C	C	C	C	C	C
Cat.Topogr.	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1
a_g	0,136	0,139	0,139	0,140	0,142	0,142	0,140	0,143
F_0	2,711	2,694	2,693	2,689	2,687	2,684	2,689	2,682
F_V	1,350	1,356	1,355	1,358	1,367	1,365	1,358	1,369
$S_{(orizzontale)}$	1,479	1,475	1,475	1,474	1,471	1,471	1,474	1,470
$S_{(verticale)}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$S_T (h/H=1)$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$q_{orizzontale}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$q_{verticale}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

$S_{(orizzontale)}$	1,479	1,475	1,475	1,474	1,471	1,471	1,474	1,470
$S_{(verticale)}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta = 1/q_{orizzontale}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta = 1/q_{verticale}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$a_{g,0}$	0,201	0,205	0,205	0,206	0,209	0,209	0,206	0,210
$a_{g,0,max}$	0,545	0,552	0,552	0,555	0,561	0,561	0,555	0,564
$a_{g,V}$	0,136	0,139	0,139	0,140	0,142	0,142	0,140	0,143
$a_{g,V,max}$	0,184	0,188	0,188	0,190	0,194	0,194	0,190	0,196

Tabella 4 – Confronto Parametri per determinazione dell'azione sismica

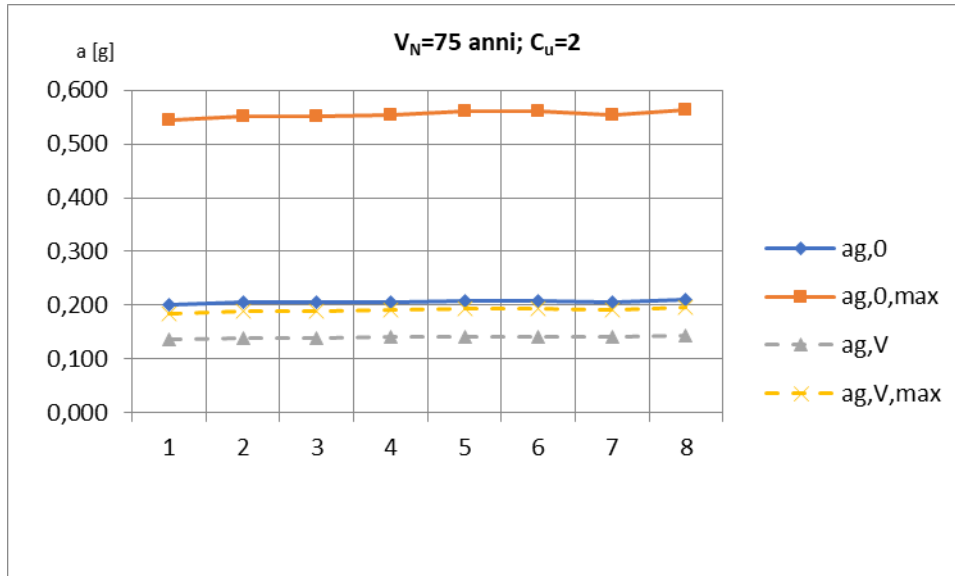
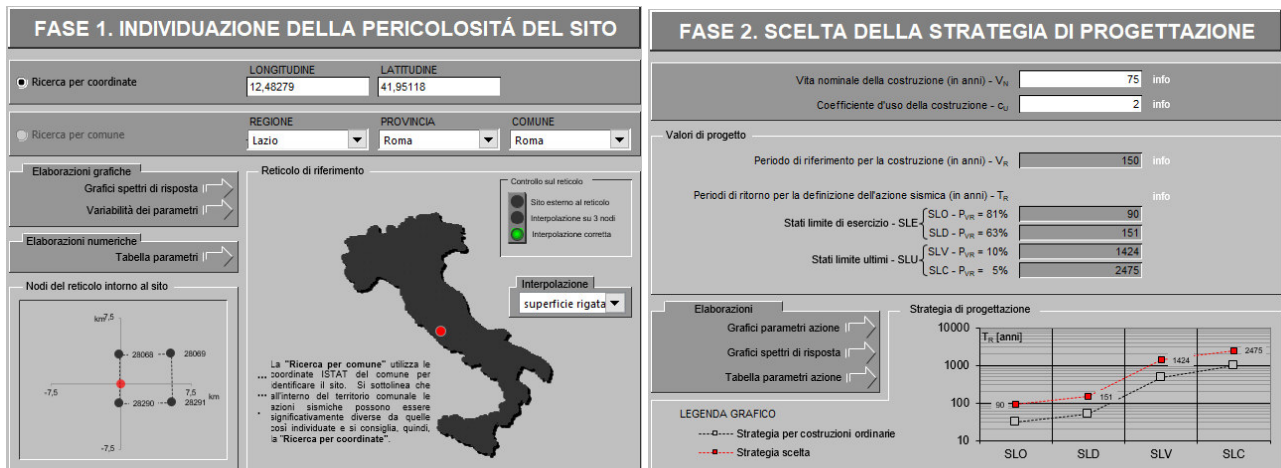


Figura 6 – Azione Sismica – Confronto Accelerazioni

Si riporta di seguito la valutazione degli spettri effettuata per uno dei siti considerati.


 I valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono riportati in Tabella 5:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0,061	2,574	0,285
SLD	151	0,071	2,597	0,295
SLV	1424	0,130	2,752	0,343
SLC	2475	0,147	2,792	0,355

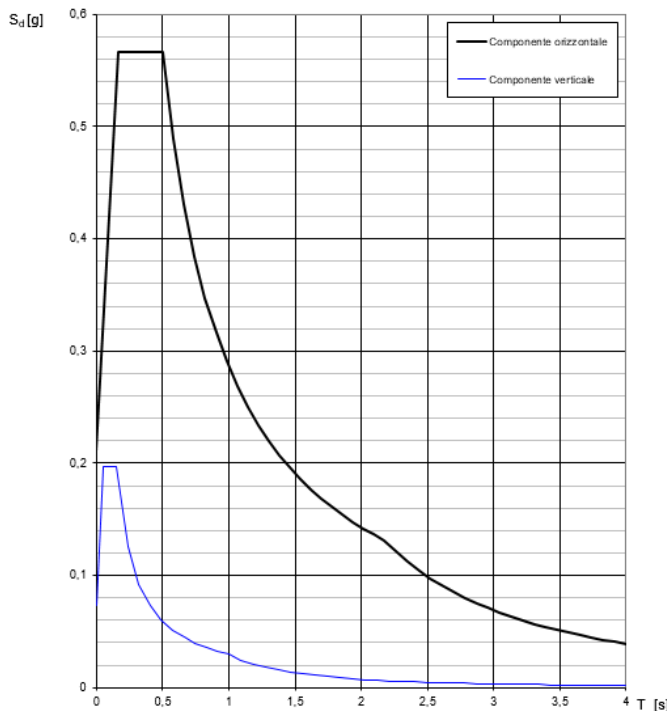
Tabella 5: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica

In cui:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno al piano campagna, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 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;
- S coefficiente che contempla l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

In Tabella 6 si riportano i valori dei funzionali e le coordinate dei punti del solo spettro di risposta sismica relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a_g	0,130 g
F_0	2,752
T_C^*	0,343 s
S_{C_0}	1,486
C_{C_0}	1,494
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti	
S	1,486
η	1,000
T_B	0,171 s
T_C	0,513 s
T_D	2,118 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10} \cdot (S - 0.55) \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C^* / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_{C_0} \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con η/q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S _d [g]
0,000	0,193
0,171	0,530
0,513	0,530
0,589	0,461
0,666	0,408
0,742	0,366
0,819	0,332
0,895	0,304
0,972	0,280
1,048	0,259
1,125	0,242
1,201	0,226
1,277	0,213
1,354	0,201
1,430	0,190
1,507	0,180
1,583	0,172
1,660	0,164
1,736	0,157
1,813	0,150
1,889	0,144
1,965	0,138
2,042	0,133
2,118	0,128
2,208	0,118
2,298	0,109
2,387	0,101
2,477	0,094
2,566	0,087
2,656	0,082
2,746	0,076
2,835	0,072
2,925	0,067
3,014	0,063
3,104	0,060
3,194	0,056
3,283	0,053
3,373	0,051
3,462	0,048
3,552	0,046
3,642	0,044
3,731	0,041
3,821	0,039
3,910	0,038
4,000	0,036

Tabella 6: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV

La valutazione delle sollecitazioni è stata svolta con il metodo pseudo statico, eseguendo un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura **1.0 per le fondazioni**. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Alla luce di quanto sopra, la valutazione delle azioni sismiche è stata condotta con riferimento a pseudo-accellerazioni costanti in direzione orizzontale e verticale rispettivamente pari a 0,57g e 0,20g.

4 GRUPPI DI CARICO E COMBINAZIONI

Le analisi sono state condotte, in via semplificata, in riferimento ai gruppi di carico e alle combinazioni di carico previste dalla normativa. In particolare, sono stati considerati i gruppi di carico 1 e 3 per la massimizzazione delle azioni verticali, laterali e longitudinali.

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

Tabella 7: Coefficienti per la Valutazione carichi da traffico

Si riporta di seguito una tabella di sintesi relativa ai coefficienti considerati per la definizione delle combinazioni SLU e SLV.

	Permanenti	Traffico Gruppo 1	Traffico Gruppo 3	Vento	Sisma x	Sisma y	Sisma z
SLU	Comb.1	1,35	0	0	0	0	0
	Comb.2	1,35	1,45	0	0	0	0
	Comb.3	1,35	0	1,45	0	0	0
	Comb.4	1,35	1,45	0	0,9	0	0
	Comb.5	1,35	0	1,45	0,9	0	0
	Comb.6	1,35	1,16	0	1,5	0	0
	Comb.7	1,35	0	1,16	1,5	0	0
SLV	Comb.8	1	0	0	1	0,3	0,3
	Comb.9	1	0	0	0,3	1	0,3
	Comb.10	1	0	0	0	0,3	1
	Comb.11	1	0	0	0	1	-0,3
	Comb.12	1	0	0	0	0,3	-0,3
	Comb.13	1	0	0	0	0,3	-1
	Comb.14	1	0,2	0	0	1	0,3
	Comb.15	1	0,2	0	0	0,3	1
	Comb.16	1	0,2	0	0	0,3	1

	Permanenti	Traffico Gruppo 1	Traffico Gruppo 3	Vento	Sisma x	Sisma y	Sisma z
Comb.17	1	0,2	0	0	1	0,3	-0,3
Comb.18	1	0,2	0	0	0,3	1	-0,3
Comb.19	1	0,2	0	0	0,3	0,3	-1
Comb.20	1	0	0,2	0	1	0,3	0,3
Comb.21	1	0	0,2	0	0,3	1	0,3
Comb.22	1	0	0,2	0	0,3	0,3	1
Comb.23	1	0	0,2	0	1	0,3	-0,3
Comb.24	1	0	0,2	0	0,3	1	-0,3
Comb.25	1	0	0,2	0	0,3	0,3	-1
Comb.26	1	1	0	0	1	0	0
Comb.27	1	1	0	0	0	1	0
Comb.28	1	1	0	0	0	0	1

Tabella 8: Combinazioni SLU/SLV

5 NORME E RIFERIMENTI

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

- [N1] Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica.
- [N2] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [N3] CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N4] RFI DTC SIPS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N5] RFI DTC SI SP IFS 001 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N6] Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.

6 MODALITA' E CRITERI DI ANALISI

Le analisi strutturali sono state condotte con approccio semplificato. Le azioni statiche sono state considerate in riferimento alle effettive condizioni di vincolo degli impalcati e ai relativi schemi statici. La valutazione delle azioni e delle sollecitazioni sismiche, come detto è stata effettuata con il metodo pseudo statico, considerando le masse e l’effettiva geometria del viadotto. Sono stati individuati i casi più critici e rappresentativi delle soluzioni di progetto adottate; per tali casi è stata effettuata la valutazione delle sollecitazioni in fondazione, per consentire le opportune verifiche strutturali.

In questo caso è stato individuato 1 caso tipo, corrispondente alla pila P1, corrispondenti alle situazioni più severe rispettivamente per gli impalcati continui e per quelli isostatici.

Opera	schema statico	Luci			Pila	h _{pila}	caso	Famiglia Pila/Fond	Numero pali	v	R
-	-	m	m	m	-	m	-	-	-	km/h	m
VI07	Appoggio	40	40	0	P1	5	10	G	9	60	250

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	18 di 28

flettente			Tagliante			flettente			Tagliante		
m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	m	kNm	kN	m	kNm	kN
35	106,26	110,06	35	101,45	114,33	35	138,37	140,33	40	129,78	136,38
40	103,25	106,51	40	100,89	112,63	40	129,78	136,38			

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2	
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN	
1	40	107	0	0	0	0	0	0	
2	40	107	0	0	1	4280	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	
80						4280	0	0	
						Qmax	6888	3990	7500
						α	1,1	1,1	1
						4708	0	0	

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2	
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN	
1	40	107	0	0	0,5	2140	0	0	
2	40	107	0	0	0,5	2140	0	0	
						4280	0	0	
						α	1,1	1,1	1
						4708	0	0	

Forza Centrifuga

Tipo	treno	Q _{vk}	q _{vk}	V	R	f	Q _{tk}	q _{tk}
		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	0	107	60	250	1	0,0	12,1
2	SW/0	0	0	60	250	1	0,0	0,0
3	SW/2	0	0	60	250	1	0,0	0,0

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	19 di 28

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN
1	40	12,1	0,0	0,0	0,5	243	0	0
2	40	12,1	0,0	0,0	0,5	243	0	0
						485	0	0
α						1,1	1,1	1
						534	0	0

Serpeggio

	Qsk-LM71	Qsk-SW0	Qsk-SW2
	kN	kN	kN
	100	0	0
α	1,1	1,1	1
	110	0	0

Avviamento

Campata	Luce	$q_{ia,k}$	$Q^*_{ia,k}$
-	m	kN/m	kN
1	40	33	1320
2	40	33	1320
3	0	33	0
			2640

$Q_{ia,k}$	1000	kN
α	1,1	-
	1100	kN

Frenatura

LM71 - SW/0

Campata	Luce	incidenza	$q_{lb,k}$	$Q^*_{lb,k}$
-	m	-	kN/m	kN
1	40	0	20	0
2	40	1	20	800
3	0	0	20	0

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	20 di 28

800

$Q_{lb,k,LM71-SW0,max}$	6000	kN
$Q_{lb,k,LM71-SW0}$	800	kN
α	1,1	-
	880	kN

SW/2

Campata	Luce	$q_{lb,k}$	$Q^*_{lb,k}$
-	m	kN/m	kN
1	40	35	1400
2	40	35	1400
3	0	35	0
			2800

$Q_{lb,k,SW2,max}$ 1995 kN (35x(25+7+25))

$Q_{lb,k,LM71-SW0}$ 1995 kN

Effetti dinamici

Campata	Luce
-	m
1	40
2	40
3	0
	80

n 3

L_ϕ 26,66667 m

ϕ_3 1,165 per effetti globali

Vento

q_{wk} 2,5 kN/mq

Carico Orizzontale su Pila

MODELLO DI CARICO	CO
LM71	
SW/0	

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	21 di 28

Campata	Luce	h	q _{wk}	incidenza	Q _{hw}
-	m	m	kN/m	-	kN
1	40	9	2,5	0,5	450
2	40	9	2,5	0,5	450
					900

Gruppi di Carico

Carico	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}	gruppo 1			gruppo 3				
				coeff.	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}	coeff.	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN
LM71 binario 1	4708	0	0	1,0	4708	0	0	1,0	4708	0	0
LM71/SW0/SW2 binario 2	0	0	0	1,0	0	0	0	1,0	0	0	0
Frenatura	0	1995	0	0,5	0	998	0	1,0	0	1995	0
Avviamento	0	0	0	0,5	0	0	0	1,0	0	0	0
Centrifuga	0	0	1068	1,0	0	0	1068	0,5	0	0	534
Serpeggio	0	0	220	1,0	0	0	220	0,5	0	0	110
					4708	998	1288		4708	1995	644

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.

0,53 g

Massa per carichi da traffico (totale)

1883 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

10400 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	10400	0	5512	0
carichi da traffico	1883	0	998	0

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	22 di 28

Pulvino	1978	0	1048	0
Fusto pila	1884	0	999	0
Plinto	9000	0	4770	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,53 g

Massa per carichi da traffico (totale)

1883 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Trasversale Impalcato

10400 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	10400	0	0	5512
carichi da traffico	1883	0	0	998
Pulvino	1978	0	0	1048
Fusto pila	1884	0	0	999
Plinto	9000	0	0	4770

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,17 g

Massa per carichi da traffico (totale)

942 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Verticale Impalcato

10400 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	10400	1768	0	0
carichi da traffico	942	160	0	0
Pulvino	1978	336	0	0
Fusto pila	1884	320	0	0
Plinto	9000	1530	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$ 2,0 m

$h_{impalcato}$ 4,0 m

$h_{pulgino}$ 2,0 m

h_{pila} 6,00 m
 h_{plinto} 2,5 m
 $h_{b.a.}$ 5,0 m

7.1.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose, Per le verifiche delle fondazioni si rimanda al corrispondente elaborato di dettaglio.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	38230	31404	38230	31404	36865	31404	38230	31404	36865	31404
$R_{Long.}$	kN	1446	0	2974	0	1292	0	2974	0	1292	0
$R_{Trasv.}$	kN	1867	0	1744	0	2844	0	1744	0	2844	0
$M_{Long.}$	kN-m	20972	0	43160	0	18803	0	43160	0	18803	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	30169	0	27234	0	44385	0	27234	0	44385	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	30555	20677	27970	27970	27970	27970	27970	27970	27970	27970
$R_{Long.}$	kN	998	2567	9554	998	998	9554	9554	998	998	9554
$R_{Trasv.}$	kN	1288	2567	1288	9845	9845	1288	1288	9845	9845	1288
$M_{Long.}$	kN-m	14464	30246	115283	14464	14464	115283	115283	14464	14464	115283
$M_{Trasv.}$	kN-m	20806	30246	20806	121626	121626	20806	20806	121626	121626	20806

7.2 Spiccato fusto pila P1

La valutazione delle azioni è identica a quella riportata per le fondazioni (e verrà pertanto omessa), con l'eccezione delle azioni sismiche. Queste ultime sono state valutate in riferimento a un coeff. $q=1,5$. Si riporta di seguito la valutazione delle azioni sismiche.

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long. 0,353333 g

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0700001	A	24 di 28

Massa per carichi da traffico (totale)

1883

kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Longitudinale Impalcato

10400

kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	10400	0	3675	0
carichi da traffico	1883	0	665	0
Pulvino	1978	0	699	0
Fusto pila	1884	0	666	0
Plinto	0	0	0	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,353333

g

Massa per carichi da traffico (totale)

1883

kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Trasversale Impalcato

10400

kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	10400	0	0	3675
carichi da traffico	1883	0	0	665
Pulvino	1978	0	0	699
Fusto pila	1884	0	0	666
Plinto	0	0	0	0

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,17

g

Massa per carichi da traffico (totale)

942

kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Verticale Impalcato

10400

kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	10400	1768	0	0
carichi da traffico	942	160	0	0
Pulvino	1978	336	0	0
Fusto pila	1884	320	0	0
Plinto	0	0	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	4,0 m
$h_{pulsino}$	2,0 m
h_{pila}	6,00 m
h_{plinto}	0,0 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

7.2.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	26080	19254	26080	19254	24715	19254	26080	19254	24715	19254
$R_{Long.}$	kN	1446	0	2974	0	1292	0	2974	0	1292	0
$R_{Trasv.}$	kN	1867	0	1744	0	2844	0	1744	0	2844	0
$M_{Long.}$	kN-m	17357	0	35726	0	15573	0	35726	0	15573	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	25501	0	22876	0	37276	0	22876	0	37276	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	21555	11677	18970	18970	18970	18970	18970	18970	18970	15037
$R_{Long.}$	kN	998	1711	6702	998	998	6702	6702	998	998	5705
$R_{Trasv.}$	kN	1288	1711	1288	6992	6992	1288	1288	6992	6992	1711
$M_{Long.}$	kN-m	11970	15885	64922	11970	11970	64922	64922	11970	11970	52952
$M_{Trasv.}$	kN-m	17587	15885	17587	70538	70538	17587	17587	70538	70538	15885

8 VERIFICHE

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione relative alle sezioni di spiccato delle pile. Le verifiche sono state effettuate con l'ausilio del software Presfle+ v.5.33. Per le verifiche dei pali di fondazione si rimanda alla relazione geotecnica. Nella presente fase progettuale, la sezione oggetto di verifica è stata considerata costante per tutti i casi considerati, rimandando alle fasi successive eventuali ottimizzazioni dell'armatura.

La sezione considerata è quella riportata negli elaborati grafici, realizzata con calcestruzzo C32/40 e armata con barre $\phi 30$. La geometria e la disposizione delle armature considerata è riportata nella figura seguente.

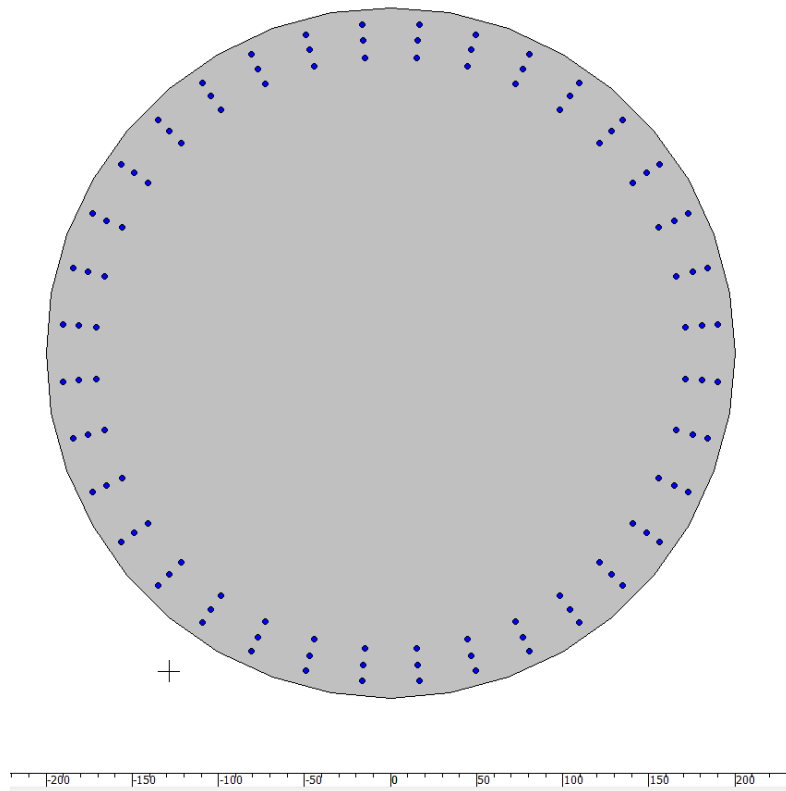


Figura 7: Sezione trasversale pila e armatura

8.1 Spiccatto fusto pila P1

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche effettuate per le combinazioni più severe in forma tabellare e grafica.

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
1	255011111.8	173565000	-2608030	3.978171	2.660204
2	158854568	158854568	-1167738.8	4.775961	2.89512
3	175869732.3	649215226.7	-1897000	1.149631	1.100311
4	705384959	119700000	-1897000	1.053336	1.036553

