

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DI 2° FASE

RADDOPPIO DECIMOMANNU - VILLAMASSARGIA

Lotto 2

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO STRUTTURALE CAVALCAFERROVIA


SCALA:

-

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

RR0P 02 R 14 RH IV0000 002 B


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	CFCSL	Feb. 2023	F. Mingrone	Mar. 2023	T. Paoletti	Mar. 2023	Ing. G. Ingresso Lug. 2023
B	Emissione Esecutiva	M. Gerbasio <i>Melissa Gerbasio</i>	Lug. 2023	F. Mingrone <i>[Signature]</i>	Lug. 2023	T. Paoletti <i>[Signature]</i>	Lug. 2023	<small>ITALFERR S.p.A. COORDINAMENTO DI SISTEMA PER IL RADDOPPIO DELLA LINEA DECIMOMANNU - VILLAMASSARGIA ENTE: RFI - Gruppo Ferrovie dello Stato</small>
File: RR0P02R14RHIV0000002B								n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	2 di 42

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 Descrizione dell'intervento	4
1.2 Oggetto del documento	5
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1 Normative	6
2.2 Elaborati di riferimento.....	6
3. MATERIALI	7
3.1 Calcestruzzo per soletta impalcato	7
3.2 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino	7
3.3 Calcestruzzo per fondazioni	8
3.4 Acciaio per barre di armature	9
3.1 Acciaio per carpenteria metallica	9
4. IPOTESI E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.....	10
4.1 Impalcato.....	10
4.2 Pile.....	10
4.3 Fondazioni	11
5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA	11
5.1 Modello di analisi	11
5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura	11
6. CARICHI	13
6.1 Analisi dei carichi	13
6.1.1 <i>Permanenti strutturali e non (G1 e G2)</i>	13
6.1.2 <i>Carichi da traffico verticali (Q1)</i>	13
6.1.2.1 Definizione delle corsie	13
6.1.2.2 Schemi di carico	15
6.1.2.3 Disposizione dei carichi.....	16
6.1.3 <i>Carichi da traffico orizzontali</i>	16
6.1.3.1 Azione di frenamento o accelerazione (Q3).....	16
6.1.3.2 Azione centrifuga (Q4)	16
6.1.4 <i>Azione del vento (Q5)</i>	17
6.1.5 <i>Resistenze parassite dei vincoli (Q8)</i>	18
6.1.6 <i>Azione sismica (E)</i>	18
6.1.6.1 Inquadramento sismico	18
6.1.6.2 Definizione della domanda sismica.....	19
6.1.6.3 Calcolo dell'azione sismica	20

6.1.7	Urti da traffico ferroviario (A).....	20
6.2	Combinazioni di carico	21
7.	TIPOLOGICO A	23
7.1	Geometria.....	23
7.2	Riepilogo azioni elementari.....	24
7.3	Sollecitazione base pila	25
7.4	Verifica allo spiccato del fusto	26
7.4.1	Verifica a presso flessione.....	26
8.	TIPOLOGICO B.....	28
8.1	Geometria.....	28
8.2	Riepilogo azioni elementari.....	29
8.3	Sollecitazione base pila	30
8.4	Verifica allo spiccato del fusto	31
8.4.1	Verifica a presso flessione.....	31
9.	TIPOLOGICO C.....	33
9.1	Geometria.....	33
9.2	Riepilogo azioni elementari.....	34
9.3	Sollecitazione base pila	35
9.4	Verifica allo spiccato del fusto	36
9.4.1	Verifica a presso flessione.....	36
10.	TIPOLOGICO D.....	38
10.1	Geometria.....	38
10.2	Riepilogo azioni elementari.....	39
10.3	Sollecitazione base pila	40
10.4	Verifica allo spiccato del fusto	41
10.4.1	Verifica a presso flessione.....	41

	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R14	DOCUMENTO RHIV0000002	REV. B	FOGLIO 4 di 42

1. PREMESSA

1.1 Descrizione dell'intervento

Il raddoppio della tratta Decimomannu-Villamassargia si inserisce all'interno della linea sulla quale confluiscono i servizi Cagliari-Iglesias e Cagliari-Carbonia. L'intervento, previsto nell'ambito dell'Accordo Quadro TPL tra RFI e Regione Sardegna, si estende per circa 30 km e prevede la realizzazione del raddoppio di binario tra le due località di servizio e la soppressione dei passaggi a livello esistenti, creando le condizioni per il potenziamento del servizio ferroviario e per l'incremento dei livelli qualitativi del servizio e di regolarità.

L'intervento di raddoppio tra la stazione di Decimomannu e la stazione di Villamassargia è stato suddiviso in n°4 lotti funzionali.



Figura 1 – Raddoppio Decimomannu – Villamassargia – Suddivisione in tratte

Oggetto della presente relazione è il progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) del Lotto 2 che rientra tra le opere finanziate con i fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. L'intervento consiste nel raddoppio in stretto affiancamento rispetto alla linea esistente tra le località di Villaspeciosa-Uta e Siliqua (stazione esclusa) per uno sviluppo complessivo di circa 5,5 km.

Il Lotto 2 è il primo lotto ad essere attivato e pertanto il progetto realizza il collegamento con la Linea Storica sia in direzione Decimomannu che in direzione Villamassargia mediante degli scambi posti ad inizio e fine tracciato, che consentono il passaggio dal nuovo doppio binario al

singolo binario esistente. Il presente progetto di raddoppio risulta compatibile con la futura elettrificazione della linea prevista in altro appalto.

La successiva fase funzionale prevede la realizzazione del Lotto 1, che permetterà il raddoppio tra la stazione esistente di Decimomannu e la nuova fermata di Villaspeciosa-Uta. La realizzazione del lotto 1 e del lotto 2 consentirà il raddoppio ferroviario per uno sviluppo complessivo di circa 9 km.




Figura 2 – Raddoppio Decimomannu – Villamassargia – Lotto 1 e 2

1.2 Oggetto del documento

La presente relazione è relativa al predimensionamento strutturale del cavalcaferrovia stradale IV01 previsto nell’ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica “Raddoppio Decimomannu - Villamassargia” Lotto 2.

Il cavalcaferrovia IV01 ha campate di luce costante pari a 30 m, con impalcato in misto acciaio-cls, pile di forma sub-rettangolare arrotondata a sezione piena. Nella parte finale del cavalcaferrovia si produce un allargamento della sezione dell’impalcato per motivi di visibilità e sicurezza stradale. Dal punto di vista del dimensionamento delle pile, si sono identificate 4 pile tipologiche, una per ogni geometria del fusto: 1 sezione tipo per le prime campate di larghezza normale e 3 sezioni allargate per le campate di larghezza allargata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	6 di 42

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- [2] *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018;*
- [3] *RFI DTC SI PS MA IFS 001 F - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II – Sezione 2 - Ponti e Strutture (30 Dicembre 2022);*
- [4] *RFI DTC SI CS MA IFS 001 F - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale (30 Dicembre 2022);*
- [5] *RFI DTC SI PS SP IFS 001 F - Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio (30 Dicembre 2022);*
- [6] *RFI DTC SI PS SP IFS 002 F- Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili. Parte II -Sezione 12 – Ponti, Viadotti, Sottovia e Cavalcavia (30 Dicembre 2022);*
- [7] *UNI EN 206-1:2016 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;*
- [8] *UNI 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”;*
- [9] *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.*

2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

3. MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per soletta impalcato

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	N/mm^2	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	N/mm^2	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	N/mm^2	Resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.38 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.02	N/mm^2	Resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} =$	2.12	N/mm^2	Resistenza caratteristica a trazione
$E_c =$	33346	N/mm^2	Modulo elastico
$f_{cd} =$	18.81	N/mm^2	Resistenza di progetto
$\gamma =$	25	kN/mm^2	Peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18.01	N/mm^2	Resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} =$	1.69	N/mm^2	Resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

$\sigma_{c,r} = 0.55 \cdot f_{ck} =$	17.60	N/mm^2	Tensione limite in combinazione caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.40 \cdot f_{ck} =$	12.8	N/mm^2	Tensione limite in combinazione quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm}/1.2 =$	2.52	N/mm^2	Tensione limite di fessurazione (trazione)

3.2 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	N/mm^2	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	N/mm^2	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	N/mm^2	Resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.38 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.02	N/mm^2	Resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} =$	2.12	N/mm^2	Resistenza caratteristica a trazione

$E_c =$	33346	N/mm ²	Modulo elastico
$f_{cd} =$	18.81	N/mm ²	Resistenza di progetto
$\gamma =$	25	kN/mm ²	Peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18.01	N/mm ²	Resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} =$	1.69	N/mm ²	Resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

$\sigma_{c,r} = 0.55 \cdot f_{ck} =$	17.60	N/mm ²	Tensione limite in combinazione caratteristica (rara)
$\sigma_{c,t} = 0.40 \cdot f_{ck} =$	12.8	N/mm ²	Tensione limite in combinazione quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm}/1.2 =$	2.52	N/mm ²	Tensione limite di fessurazione (trazione)

3.3 Calcestruzzo per fondazioni

Classe C25/30

$R_{ck} =$	30.00	N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	25	N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	33	N/mm ²	Resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.38 f_{ck}^{(2/3)} =$	2.56	N/mm ²	Resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} =$	1.79	N/mm ²	Resistenza caratteristica a trazione
$E_c =$	31447	N/mm ²	Modulo elastico
$\gamma =$	25	kN/mm ²	Peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	14.11	N/mm ²	Resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} =$	1.19	N/mm ²	Resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

$\sigma_{c,r} = 0.55 \cdot f_{ck} =$	13.70	N/mm ²	Tensione limite in combinazione caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.40 \cdot f_{ck} =$	11.21	N/mm ²	Tensione limite in combinazione quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm}/1.2 =$	2.13	N/mm ²	Tensione limite di fessurazione (trazione)

3.4 Acciaio per barre di armature

B450C

$f_{yk} =$	450	N/mm ²	Resistenza caratteristica di snervamento
$f_{yk} =$	540	N/mm ²	Resistenza caratteristica a rottura
$E_s =$	210000	N/mm ²	Modulo elastico

3.1 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio S355JO, secondo UNI EN 10025 per profilati e lamiera.

Acciaio S355J2, secondo UNI EN 10025 per travi ed elementi saldati

$f_{yk} =$	355.0 N/mm ²	Resistenza di calcolo ($t \leq 40$ mm)
$f_{yk} =$	335.0 N/mm ²	Resistenza di calcolo ($t > 40$ mm)
$E_s =$	210000 N/mm ²	modulo elastico

4. IPOTESI E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

4.1 Impalcato

Nella definizione dell'opera si è utilizzata una tipologia consolidata con riferimento al Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 F), facendo anche riferimento a soluzioni strutturali sviluppate in progetti simili.

Nel cavalcaferrovia IV01 oggetto di questo documento, con campate da 30 m, l'impalcato è misto con quattro travi in acciaio e soletta in cls gettato in opera su predalles. L'interasse delle travi è pari a 2 m nella sezione tipo, presente nelle prime 5 campate, con larghezza della soletta pari a 9.60 m; e aumenta fino a 3.10 m nelle campate allargate, con larghezza massima della soletta di 14.50 m.

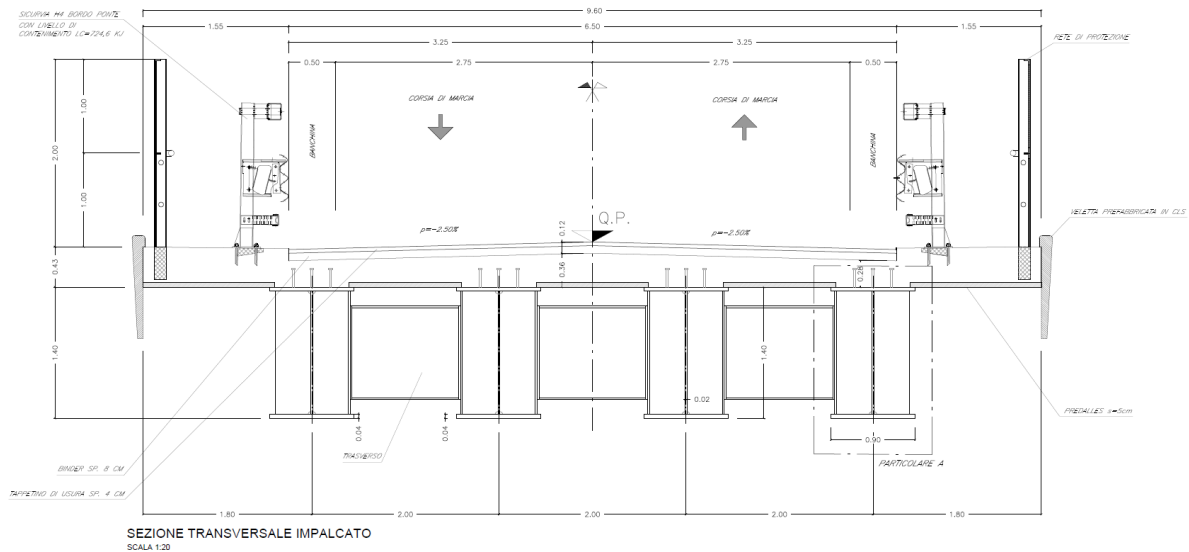



Figura 3 – Sezione trasversale impalcato per campata tipo da 30 m e larghezza piattaforma stradale 9.60m.

4.2 Pile

Dal punto di vista del dimensionamento delle pile, tramite un censimento sulle tipologie strutturali e dimensioni di impalcato e delle varie altezze del fusto pila presenti lungo l'intero viadotto, si sono identificate 4 pile tipologiche, riassunte in tabella:

Tipo pila	Viadotto	Pile	Corsie	Impalcato	H _{pila} + H _{pulvino} (2.00 m)
A	IV01	P1-P5	2	Misto 30 m	7.40 m – 11.50 m
B	IV01	P6	2	Misto 30 m	10.80 m
C	IV01	P7	2	Misto 30 m	9.00 m
D	IV01	P8	2	Misto 30 m	7.20 m

Tab. 1. Tipologie di pile.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	11 di 42

4.3 Fondazioni

Le opere di fondazione non sono oggetto di questa relazione di calcolo: per il predimensionamento e la verifica si rimanda all'elaborato di riferimento.

5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA

5.1 Modello di analisi

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio, alle quali sono state combinate le azioni determinate dalle azioni indotte dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Il modello a mensola della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali fusto pila e plinto.

5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato, positivo nel senso dei Pk crescenti.
- Asse Y parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Z verticale, positivo verso il basso
- Lunghezze: [m]; forze: [kN]

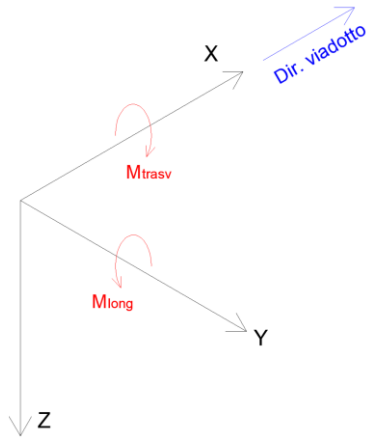



Figura 4 – Sistema di riferimento per le azioni.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	13 di 42

6. CARICHI

6.1 Analisi dei carichi

6.1.1 *Permanenti strutturali e non (G1 e G2)*

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25.0 kN/m^3 , e dell'acciaio pari a 78.5 kN/m^3 . Risulta, per la sezione tipo, un peso della soletta pari a 85 kN/m e della carpenteria metallica pari a 30 kN/m .

Per la pavimentazione stradale, di spessore 12 cm , si considera un peso di volume pari a 23 kN/m^3 .

Si considerano anche, come carichi permanenti non strutturali, due barriere di sicurezza stradale da 3 kN/m ognuna e due parapetti di protezione da 1 kN/m ognuno.

6.1.2 *Carichi da traffico verticali (Q1)*


L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico stradale, secondo il par. 5.1.3.3. delle NTC-2018. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

6.1.2.1 Definizione delle corsie

Le larghezze w_1 delle corsie convenzionali sulla superficie carrabile ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto seguente.

Se non diversamente specificato, qualora la piattaforma di un impalcato da ponte sia divisa in due parti separate da una zona spartitraffico centrale, si distinguono i casi seguenti:

- Se le parti sono separate da una barriera di sicurezza fissa, ciascuna parte, incluse tutte le corsie di emergenza e le banchine, è autonomamente divisa in corsie convenzionali.
- Se le parti sono separate da barriere di sicurezza mobili o da altro dispositivo di ritenuta, l'intera carreggiata, inclusa la zona spartitraffico centrale, è divisa in corsie convenzionali.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	14 di 42

il caso corrispondente alla struttura analizzata è quello di una struttura senza separazione tra corsie, per cui vale la situazione descritta in b.

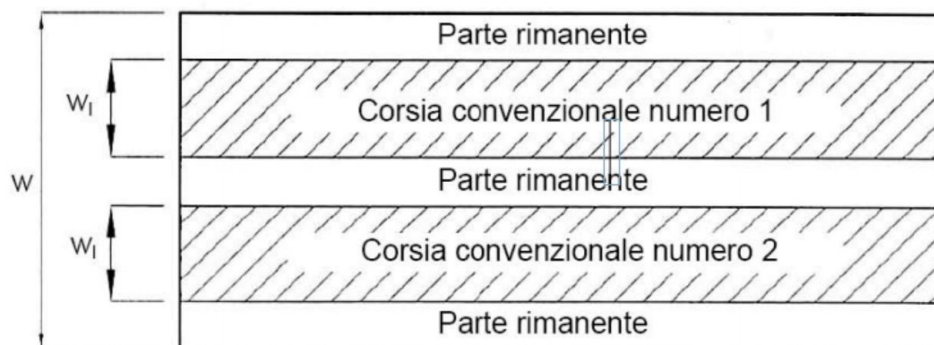


Figura 5. Esempio di numerazione delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_1 = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_1 = 2$	$w/2$	0
$6,0$ m $\leq w$	$n_1 = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_1)$

Tab. 2. Numero e larghezza delle corsie

La disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla superficie carrabile e la loro numerazione vanno scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli. La corsia che, caricata, dà l'effetto più sfavorevole è numerata come corsia Numero 1; la corsia che dà il successivo effetto più sfavorevole è numerata come corsia Numero 2 ecc.

Nell'applicazione dei vari modelli di carico, sia per la determinazione degli effetti globali che degli effetti locali, si terrà conto dell'eccentricità geometrica dei carichi rispetto all'asse della struttura.

6.1.2.2 Schemi di carico

Per il calcolo dell'azione verticale del traffico si considera lo schema di carico 1 definito nelle NTC-18. Questo schema è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m, e da carichi uniformemente distribuiti. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

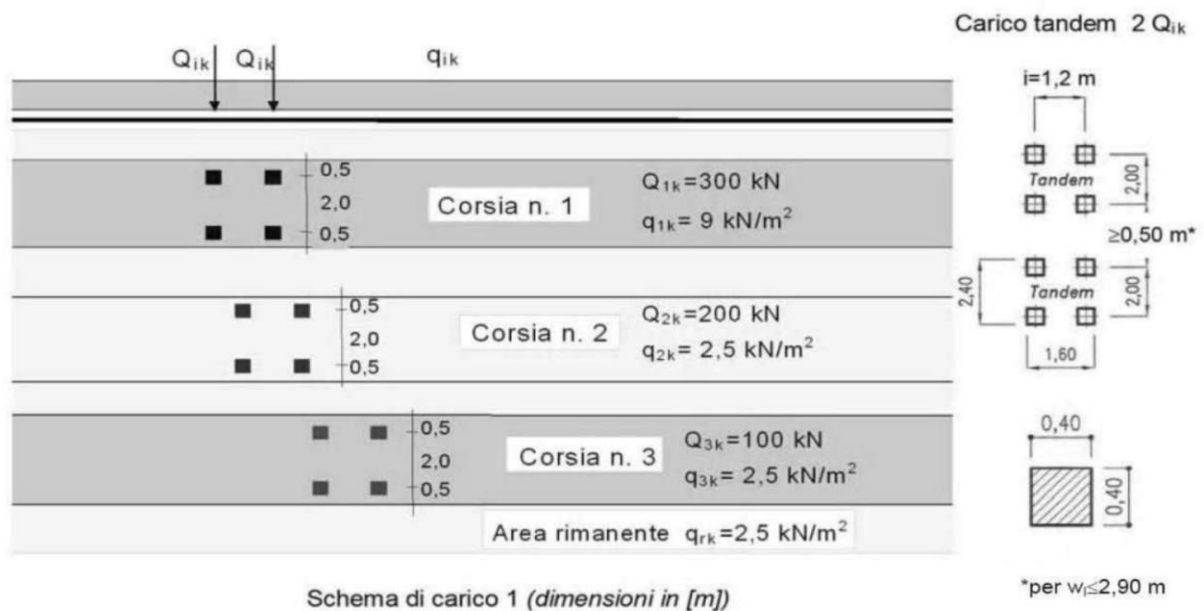



Figura 6. Schema di carico 1.

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Tab. 3. Carichi da considerare nello schema di carico 1.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R14	DOCUMENTO RHIV0000002	REV. B	FOGLIO 16 di 42

6.1.2.3 Disposizione dei carichi

La disposizione dei carichi da traffico è stata individuata per ottenere le seguenti massime sollecitazioni:

- ✓ **Sforzo assiale:** tutte le corsie sono caricate in entrambe le campate adiacenti alla pila considerata.
- ✓ **Momento longitudinale:** tutte le corsie sono caricate nella campata più lunga adiacente alla pila considerata.
- ✓ **Momento trasversale:** parte delle corsie sono caricate in entrambe le campate adiacenti alla pila considerata, in modo tale di massimizzare il momento trasversale.

6.1.3 *Carichi da traffico orizzontali*

6.1.3.1 Azione di frenamento o accelerazione (Q3)

La forza di frenamento o di accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata. La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

6.1.3.2 Azione centrifuga (Q4)

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri) l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in Tab. 5.1.III delle NTC-18, essendo $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$ il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Raggio di curvatura [m]	q_4 [kN]
$R < 200$	$0,2 Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 Q_v/R$
$1500 \leq R$	0

Tab. 4. Valori caratteristici delle forze centrifughe.

Il carico concentrato q_4 , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte. Nelle prime campate, di larghezza tipo, il raggio minimo è pari a 300 m, mentre per le 3 ultime campate il raggio minimo è pari a 120 m.

6.1.4 Azione del vento (Q5)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, ivi compresi parapetti e barriere di sicurezza stradale. Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua. Nel caso di carichi transitanti sul ponte, la superficie dei carichi mobili esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il calcolo dell'azione del vento è stato condotto secondo quanto indicato nella sezione 3.3 delle NTC. Si riportano di seguito i principali parametri di calcolo:

a_s	Altitudine s.l.m. sito	10 m
-	Zona geografica	5 -
	Vel. base rif. livello mare	
$v_{b,0}$	[Tab.3.3.I]	28 m/s
a_0	[Tab.3.3.I]	750 m
k_s	[Tab.3.3.I]	0.40 -
c_a	Coeff. altitudine	1.00 -
v_b	Velocità base di riferimento	28.0 m/s

c_u	Coeff. d'uso	1.00 -
T_R	Periodo di ritorno	50 anni
c_r	Coeff. ritorno	1.00 -
v_r	Velocità di riferimento	28.0 m/s

ρ	Densità dell'aria	1.25 kg/m ³
q_r	Pressione cinetica di riferimento	0.49 kN/m²

-	Classe rugosità terreno	B -
-	Distanza dal mare	20 km
-	Categoria di esposizione	III -
k_r	[Tab.3.3.II]	0.20 -
z_0	[Tab.3.3.II]	0.10 m
z_{min}	[Tab.3.3.II]	5 m

c_t	Coeff. di topografia	1.00	-
z	Altezza sul suolo	13	m
z_{calc}	Altezza per calcolo di c_e	13	m
c_e	Coeff. di esposizione	2.31	-
c_p	Coeff. di pressione	1.40	-
c_d	Coeff. dinamico	1.00	-

p	Pressione del vento	1.59	kN/m²
----------	----------------------------	-------------	-------------------------

Per le travi interne, il valore della pressione su ogni trave sarà pari a quello sulla trave precedente moltiplicato per un coefficiente di riduzione $\mu = 0.2$.

L'azione del vento sulla pila e sul pulvino è stata trascurata, in quanto tale azione non risulta dimensionante né per la struttura della pila né per le fondazioni, sia per le combinazioni in cui il vento è azione principale e sia per quelle in cui il vento è azione secondaria.

6.1.5 *Resistenze parassite dei vincoli (Q8)*

Gli effetti dell'attrito, che sono stati valutati associando, in corrispondenza degli appoggi scorrevoli, alle reazioni verticali dovute a carichi permanenti (V_G) e quelle dovute a carichi accidentali (V_Q) le forze orizzontali in direzione longitudinale, sono stati trascurati perché non dimensionanti.


6.1.6 *Azione sismica (E)*

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

6.1.6.1 Inquadramento sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale V_N e la classe d'uso c_u . Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	19 di 42

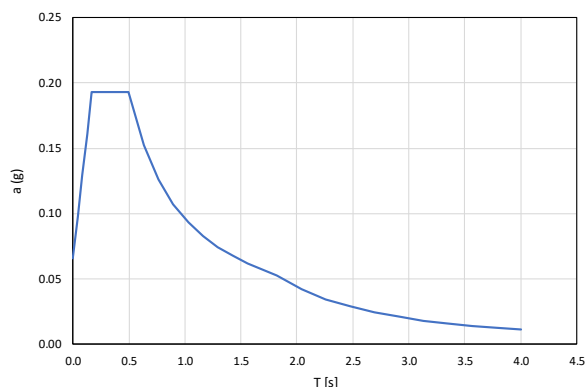
Vita nominale	Classe d'uso	Coeff. d'uso
75	II	1.00

Tab. 5. Parametri identificativi dell'opera per l'inquadramento sismico.

6.1.6.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC2018 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Secondo l'informazione geotecnica disponibile, i terreni in esame si considerano di tipo B con inclinazioni medie non maggiori di 15°, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

Progetto:		PTE Raddoppio Decimomannu-Villamassargia Lotto 2	
Situazione:		Decimomannu, Sardegna	
ID sismica:		Sardegna, Tabella 2 (senza ID)	
NTC18 §2.4.1	Vita nominale	V _N [anni]	75
NTC18 §2.4.1	Classe d'uso	-	II
NTC18 §2.4.2	Coefficiente d'uso	C _U	1.00
NTC18 §2.4.3	Periodo di riferimento	V _R [anni]	75
NTC18 §3.2.1	Stato limite di salvaguarda de la vita	Stato lim.	SLV
	Probabilità di eccedenza	P _{VR}	10%
	Periodo di ritorno	TR [anni]	712
D.M. 14/01/08 n.29 All. A e B - Tab 1 e 2	Accelerazione orizzontale massima terreno	a _g [g/10]	0.55
	Valore massimo amplificazione spettro	F ₀	2.93
	Periodo inizio tratto velocità costante spettro	T* _c [s]	0.37
NTC18 §3.2.3	Categoria sottosuolo	Cat	B
	Categoria topografica	Cat	T1
	Coeff. di smorzamento	ξ	5%
	Fattore alterazione per smorzamento	η	1.000
	Coeff. amplificazione stratigrafica	S _S	1.200
	Coeff. amplificazione topografica	S _T	1.000
	Coeff. amplificazione	S	1.200
Coeff. per categoria di sottosuolo	C _C	1.341	



	T [s]	a (g)
T ₀	0.000	0.066
T _B	0.166	0.193
T _C	0.498	0.193
T _D	1.824	0.053

Figura 7 – Spettro di risposta orizzontale allo SLV

Il calcolo dello spettro di risposta elastico verticale è analogo, ma usando i parametri indicati nel cap. 3.2.3.2.2 delle NTC-18. Si ottiene:

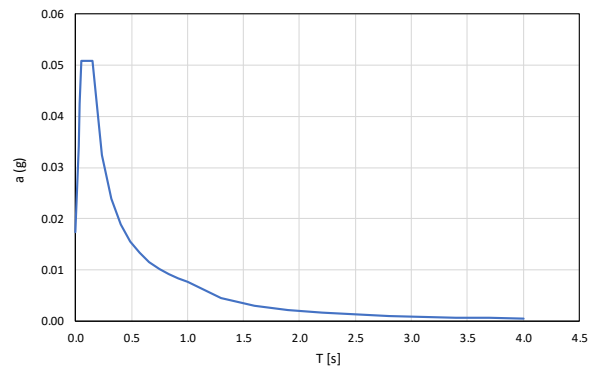
Progetto:	PTE Raddoppio Decimomannu-Villamassargia Lotto 2		
Situazione:	Decimomannu, Sardegna		
ID sismica:	Sardegna, Tabella 2 (senza ID)		

NTC18 §2.4.1	Vita nominale	V_N [anni]	75
NTC18 §2.4.1	Classe d'uso	-	II
NTC18 §2.4.2	Coefficiente d'uso	C_U	1.00
NTC18 §2.4.3	Periodo di riferimento	V_R [anni]	75

NTC18 §3.2.1	Stato limite di salvaguarda de la vita	Stato lim.	SLV
	Probabilità di eccedenza	P_{VR}	10%
	Periodo di ritorno	TR [anni]	712

D.M. 14/01/08 n.29 All. A e B - Tab 1 e 2	Accelerazione orizzontale massima terreno	a_g [g/10]	0.55
	Valore massimo applicazione spettro verticale	F_0	2.93
	Periodo inizio tratto velocità costante spettro	T^*_c [s]	0.36
	Valore massimo applicazione spettro verticale	F_0	0.93

NTC18 §3.2.3	Categoria topografica	Cat	T1
	Coeff. di smorzamento	ξ	5%
	Fattore alterazione per smorzamento	η	1.000
	Coeff. amplificazione stratigrafica	S_s	1.000
	Coeff. amplificazione topografica	S_T	1.000
	Coeff. amplificazione	S	1.000



	T [s]	a (g)
T_0	0.000	0.017
T_B	0.050	0.051
T_C	0.150	0.051
T_D	1.000	0.008

Figura 8 – Spettro di risposta verticale allo SLV

6.1.6.3 Calcolo dell'azione sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle NTC 2018.

A favore di sicurezza, i calcoli sono stati effettuati in campo elastico al fine di determinare gli scarichi a base pila utili per il dimensionamento delle fondazioni che verranno analizzate negli elaborati di geotecnica di riferimento.


In accordo a quanto stabilito nel par. 7.9.2. delle NTC2018 per le strutture di fondazione, il fattore di comportamento è stato pertanto posto pari a $q = 1.00$.

L'accelerazione di progetto viene ricavata, a partire dallo spettro di risposta, in funzione dei periodi di vibrazione della pila nelle tre differenti direzioni (longitudinale, trasversale e verticale).

6.1.7 Urti da traffico ferroviario (A)

Al verificarsi di un deragliamento può esservi il rischio di collisione fra i veicoli deragliati e le strutture adiacenti la ferrovia.

In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza degli elementi esposti dall'asse del binario (NTC18 par. 3.6.3.4):

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	21 di 42

✓ per $d \leq 5$ m:

- 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;

✓ per $5 \text{ m} < d \leq 15$ m:

- 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;

✓ per $d > 15$ m pari a zero in entrambe le direzioni.

Queste forze dovranno essere applicate a 1.80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

Nel caso in esame (pile tipologico A) viene applicata la seconda condizione, per cui la forza agente sulla pila in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari (direzione trasversale al CVF) è pari a 2000 kN e in direzione perpendicolare (direzione longitudinale del CVF) è pari a 750 kN applicate a 1.80 m dal piano ferro, non agenti simultaneamente.

6.2 Combinazioni di carico

Le sollecitazioni dovute ai carichi descritti nei paragrafi precedenti sono state combinate in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3 e 5.1.3.14. Si riportano di seguito tutte le combinazioni considerate, e i valori dei coefficienti assunti per le singole condizioni di carico elementari.

COMBO	Permanenti		Traffico vert.			Traff. orizz.		Amb.	Sisma			Urto traf. ferr.	
	G1	G2	Distr.	Tand.	Marcia piedi	Fren.	Centr.	Vento	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.
SLU-gr1-Vert-A	1.350	1.500	1.350	1.350	0.675	0.000	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr1-Vert-B	1.350	1.500	1.350	1.350	0.675	0.000	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr1-Vert-C	1.350	1.500	1.350	1.350	0.675	0.000	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr2a-Fren-A	1.350	1.500	0.540	1.013	0.000	1.350	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr2a-Fren-B	1.350	1.500	0.540	1.013	0.000	1.350	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr2a-Fren-C	1.350	1.500	0.540	1.013	0.000	1.350	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr2b-Cent-A	1.350	1.500	0.540	1.013	0.000	0.000	1.350	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr2b-Cent-B	1.350	1.500	0.540	1.013	0.000	0.000	1.350	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr2b-Cent-C	1.350	1.500	0.540	1.013	0.000	0.000	1.350	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr1+vento-A	1.350	1.500	0.540	1.013	0.270	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr1+vento-B	1.350	1.500	0.540	1.013	0.270	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-gr1+vento-C	1.350	1.500	0.540	1.013	0.270	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLU-vento-scarico	1.350	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SLV-sisma-long	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.300	0.300	0.000	0.000
SLV-sisma-tran	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	1.000	0.300	0.000	0.000
SLV-sisma-vert	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	0.300	1.000	0.000	0.000
A-urto-long	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
A-urto-trasv	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Tab. 6. Combinazioni di carico.

In particolar modo, sia in condizioni statiche (SLU) che in condizioni sismiche (SLV) sono state scelte 3 combinazioni di carico, in modo da massimizzare lo sforzo normale, il momento flettente in direzione longitudinale e quello in direzione trasversale, come descritto in precedenza. Le sollecitazioni sono state calcolate alla base del fusto pila.

7. TIPOLOGICO A

7.1 Geometria

La pila in esame, su cui poggiano due impalcati a struttura mista a travi, di lunghezza 30.0 m, presenta un fusto a sezione piena in c.a. di forma sub-rettangolare arrotondata, di dimensioni esterne pari a 5.00 m x 2.00 m, su cui grava un pulvino di altezza pari a 2.00 m e pianta rettangolare di dimensioni 9.60 m x 3.20 m. Riconducibili a tale tipologia, valida per altezze del fusto comprese fra 5.40 m e 9.50 m, sono presenti 5 pile nel viadotto IV01 (pile P1, P2, P3, P4 e P5).

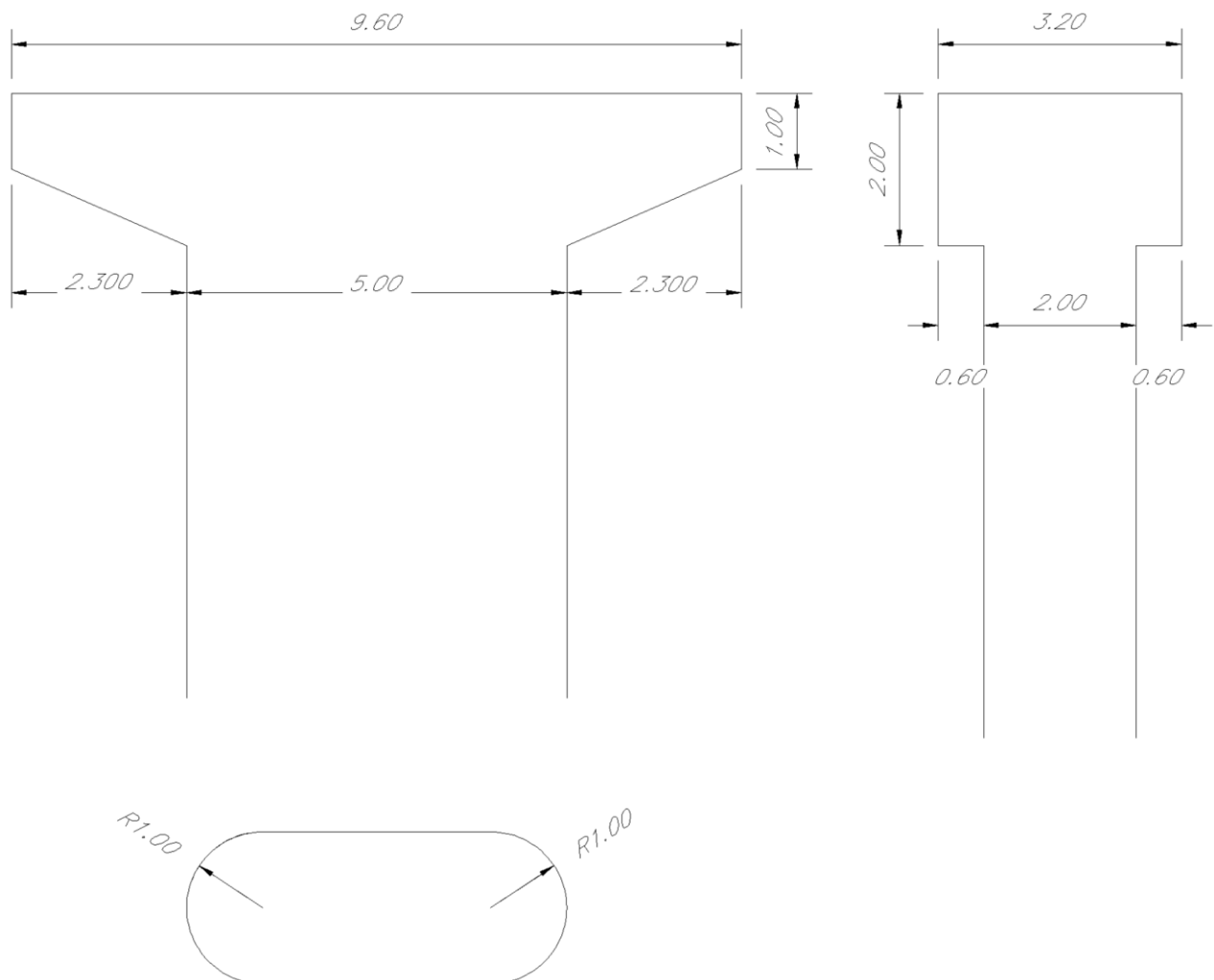



Figura 9 – Geometria pile P1 a P5.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	24 di 42

7.2 Riepilogo azioni elementari

Si riportano di seguito le azioni elementari in testa pila per le pile di questa tipologia, calcolati come descritto nella sezione “6. CARICHI”.

Carico	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
G1 Perm. Strutturale	3450			0	
G2 Perm. Non Strutturale	778			0	
Q1A Traff. Vert. Distr. Max N	1073			0	1024
Q1B Traff. Ver. Distr. Max Mlong	536			590	512
Q1C Traff. Ver. Distr. Max Mtrasv	810			0	2749
Q1A Traff. Ver. Tandem. Max N	1000			1100	550
Q1B Traff. Ver. Tandem. Max Mlong	1000			1100	1062
Q1C Traff. Ver. Tandem. Max Mtrasv	600			660	2468
Q1A Traff. Vert. Folla. Max N	465			0	0
Q1B Traff. Ver. Folla. Mlong	233			256	0
Q1C Traff. Ver. Folla Mtrasv	233			0	936
Q3A Fren.\Acc. Max N		441		970	
Q3B Fren.\Acc. Max Mlong		401		881	
Q3C Fren.\Acc. Max Mtrasv		441		970	
Q4 F.Cent.			80		176
Q5.1 Vento trasv. Carico			247		568
Q5.2 Vento trasv. Scarico			104		91
E Azione sismica vert.	-216				
E Azione sismica long.		816		1224	
E Azione sismica trasv.			816		1224
A Urto traff. ferroviario*		750	2000	2700	7200

* Azioni da urto da traffico ferroviario calcolate a base pila.


Tab. 7. Azioni elementari in testa pila.

7.3 Sollecitazione base pila

Le sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico, nel caso di altezza di pila più critica si riportano nella seguente tabella.

	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
SLU-gr1-Vert-A	13691	0	222	1485	5192
SLU-gr1-Vert-B	12810	0	222	2454	5192
SLU-gr1-Vert-C	12640	0	222	891	10741
SLU-gr2a-Fren-A	12171	595	222	9270	4177
SLU-gr2a-Fren-B	11882	541	222	8840	4419
SLU-gr2a-Fren-C	11624	595	222	8825	7050
SLU-gr2b-Cent-A	12171	0	330	1114	5656
SLU-gr2b-Cent-B	11882	0	330	1432	5898
SLU-gr2b-Cent-C	11624	0	330	668	8529
SLU-gr1+vento-A	12297	0	370	1114	6222
SLU-gr1+vento-B	11944	0	370	1501	6463
SLU-gr1+vento-C	11687	0	370	668	9347
SLU-vento-scarico	10579	0	156	0	1929
SLV-sisma-long	7659	1147	344	14906	4472
SLV-sisma-tran	7659	344	1147	4472	14906
SLV-sisma-vert	7447	344	344	4472	4472
A-urto-long	7750	750	0	2700	0
A-urto-trasv	7750	0	2000	0	7200

Tab. 8. Sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	26 di 42

7.4 Verifica allo spiccato del fusto

La verifica allo SLU flessionale della sezione in oggetto viene effettuata mediante l'ausilio del programma CARSECN, sviluppato da CFCSL e usato in numerosi progetti nazionali e internazionali. Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per le combinazioni più gravose descritte nei precedenti paragrafi.

L'armatura longitudinale è costituita da $\varnothing 32/0.20$ m.

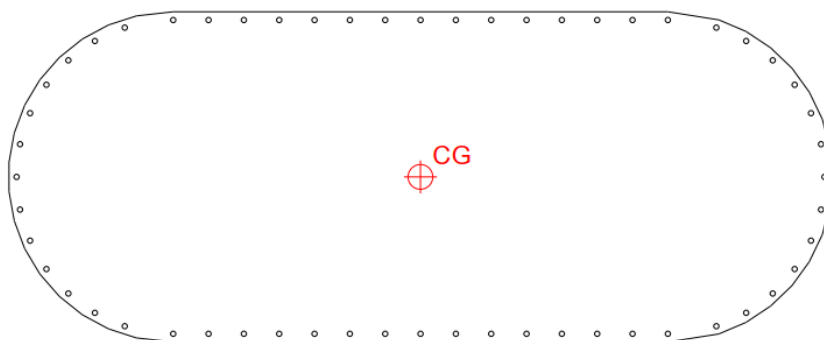


Figura 10 – Sezione di calcolo in CARSECN

7.4.1 Verifica a presso flessione

Tra le combinazioni di carico SLU e SLV riportate in precedenza, si individuano quelle con cui si ottengono le massime sollecitazioni di sforzo normale, momento longitudinale e momento trasversale.

Ipotesi		Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
1	SLU-MaxN	13691	0	222	1485	5192
2	SLU-MaxMlong	12171	595	222	9270	4177
3	SLU-MaxMtras	12640	0	222	891	10741
4	SLV-MaxN	7447	344	344	4472	4472
5	SLV-MaxMlong	7659	1147	344	14906	4472
6	SLV-MaxMtras	7659	344	1147	4472	14906
7	A-urto-long	7750	750	0	2700	0
8	A-urto-trasv	7750	0	2000	0	7200

Tab. 9. Combinazioni di carico di calcolo.

Si ottengono i seguenti risultati:

Ipotesi	N [kN]	Mx [mkN]	My [mkN]	Mxu [mkN]	Myu [mkN]	Coef.
1	-13691.00	1485.00	5192.00	15817.59	55313.13	10.65
2	-12171.00	9270.00	4177.00	25963.21	11698.25	2.80
3	-12640.00	891.00	10741.00	5096.56	61423.39	5.72
4	-7447.00	4472.00	4472.00	21237.37	21236.26	4.75
5	-7659.00	14906.00	4472.00	22533.46	6762.75	1.51
6	-7659.00	4472.00	14906.00	13723.21	45741.79	3.07
7	-7750.00	2700.00	0.00	22777.01	-	8.44
8	-7750.00	0.00	7200.00	-	53288.66	7.40

Tab. 10. Verifica sezione pila.

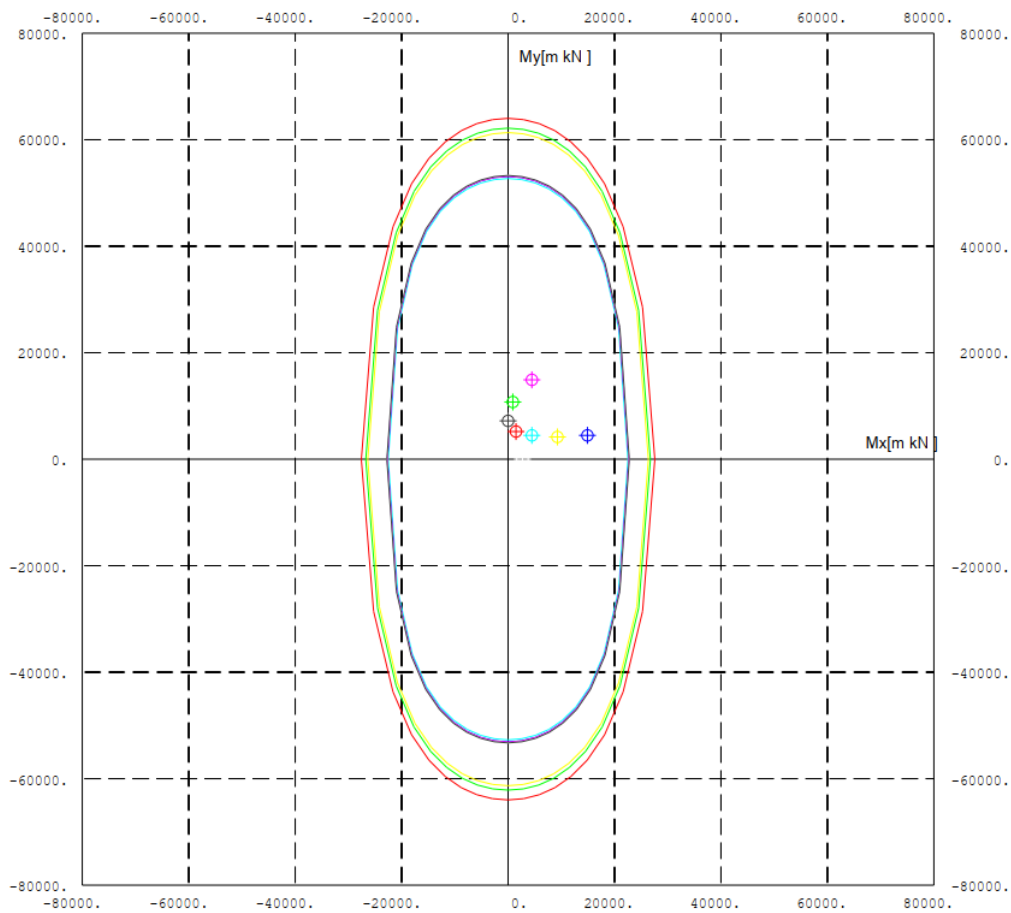


Figura 11. Diagramma momenti flettenti Mx – My [kN·m]

8. TIPOLOGICO B

8.1 Geometria

La pila in esame, su cui poggiano due impalcati a struttura mista a travi, di lunghezza 30.0 m, presenta un fusto a sezione piena in c.a. di forma sub-rettangolare arrotondata, di dimensioni esterne pari a 5.00 m x 2.00 m, su cui grava un pulvino di altezza pari a 2.00 m e pianta rettangolare di dimensioni 10.35 m x 3.20 m. Riconducibile a tale tipologia è la pila P6 del VI01, con altezza del fusto pari a 8.80 m.

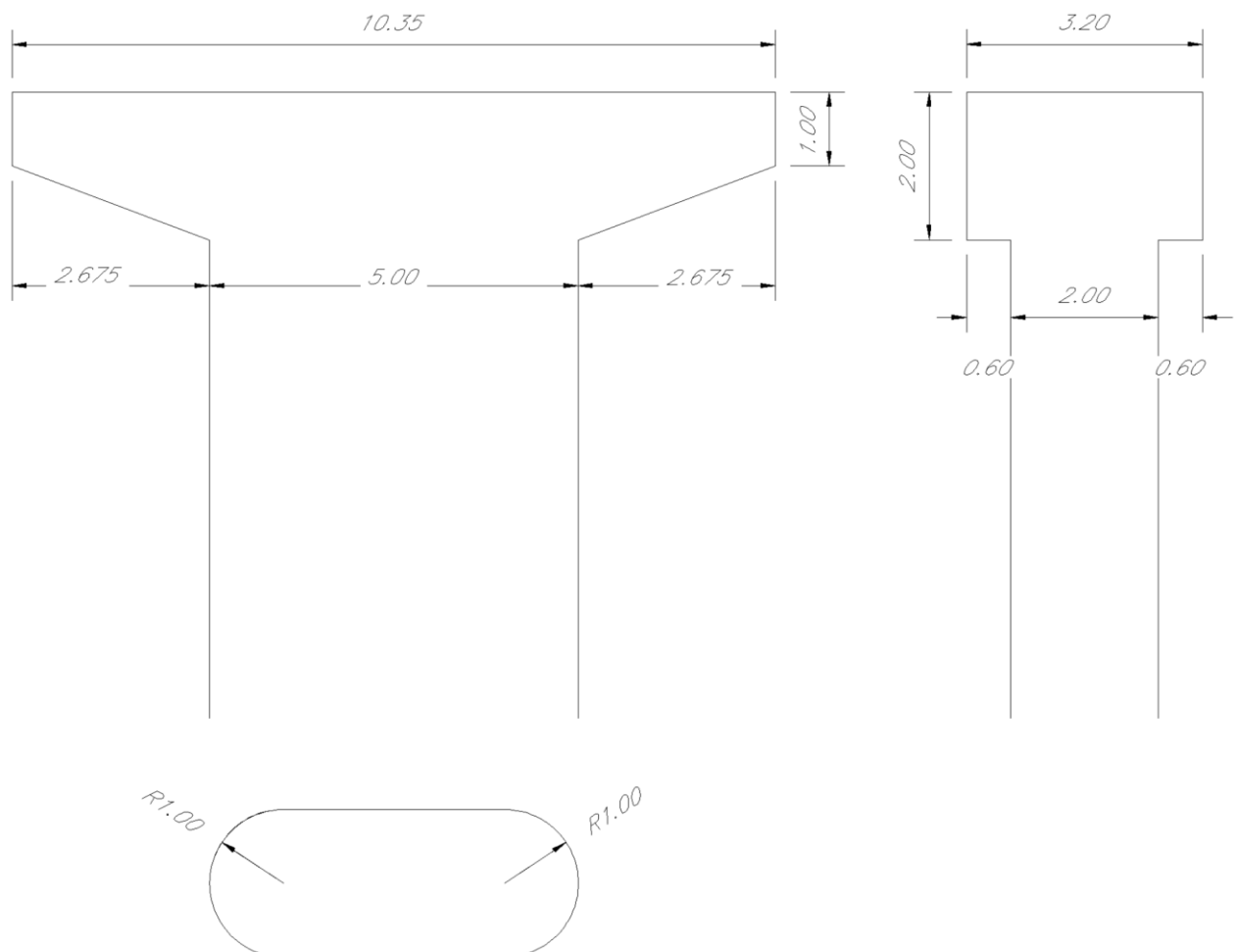


Figura 12 – Geometria pila P6.

8.2 Riepilogo azioni elementari

Si riportano di seguito le azioni elementari in testa pila per la pila di questa tipologia, calcolati come descritto nella sezione “6. CARICHI”.

Carico	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
G1 Perm. Strutturale	3635			-204	
G2 Perm. Non Strutturale	836			-64	
Q1A Traff. Vert. Distr. Max N	1125			-58	-1229
Q1B Traff. Ver. Distr. Max Mlong	589			-648	-717
Q1C Traff. Ver. Distr. Max Mtrasv	810			0	-1701
Q1A Traff. Vert. Tandem. Max N	1000			-1100	-1250
Q1B Traff. Ver. Tandem. Max Mlong	1000			-1100	-1967
Q1C Traff. Ver. Tandem. Max Mtrasv	600			-660	-3171
Q1A Traff. Vert. Folla. Max N	465			0	0
Q1B Traff. Ver. Folla. Mlong	233			-256	0
Q1C Traff. Ver. Folla Mtrasv	233			0	-1017
Q3A Fren.\Acc. Max N		-441		-970	
Q3B Fren.\Acc. Max Mlong		-401		-881	
Q3C Fren.\Acc. Max Mtrasv		-441		-970	
Q4 F.Cent.			-120		-264
Q5.1 Vento trasv. Carico			-247		-568
Q5.2 Vento trasv. Scarico			-104		-91
E Azione sismica vert.	-228				
E Azione sismica long.		-863		-1294	
E Azione sismica trasv.			-863		-1294


Tab. 11. Azioni elementari in testa pila.

8.3 Sollecitazione base pila

Le sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico si riportano nella seguente tabella:

	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
SLU-gr1-Vert-A	14313	0	-222	-1935	-6480
SLU-gr1-Vert-B	13432	0	-222	-2904	-6756
SLU-gr1-Vert-C	13191	0	-222	-1263	-10398
SLU-gr2a-Fren-A	12750	-595	-222	-9851	-5063
SLU-gr2a-Fren-B	12461	-541	-222	-9405	-5512
SLU-gr2a-Fren-C	12175	-595	-222	-9375	-7263
SLU-gr2b-Cent-A	12750	0	-384	-1517	-7331
SLU-gr2b-Cent-B	12461	0	-384	-1835	-7780
SLU-gr2b-Cent-C	12175	0	-384	-1040	-9531
SLU-gr1+vento-A	12876	0	-370	-1517	-7152
SLU-gr1+vento-B	12523	0	-370	-1904	-7601
SLU-gr1+vento-C	12238	0	-370	-1040	-9627
SLU-vento-scarico	11130	0	-156	-372	-1975
SLV-sisma-long	8056	-1213	-364	-16403	-4840
SLV-sisma-tran	8056	-364	-1213	-5109	-16135
SLV-sisma-vert	7831	-364	-364	-5109	-4840

Tab. 12. Sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	31 di 42

8.4 Verifica allo spiccato del fusto

La verifica allo SLU flessionale della sezione in oggetto viene effettuata mediante l'ausilio del programma CARSECN, sviluppato da CFCSL e usato in numerosi progetti nazionali e internazionali. Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per le combinazioni più gravose descritte nei precedenti paragrafi.

L'armatura longitudinale è costituita da $\varnothing 32/0.20$ m.

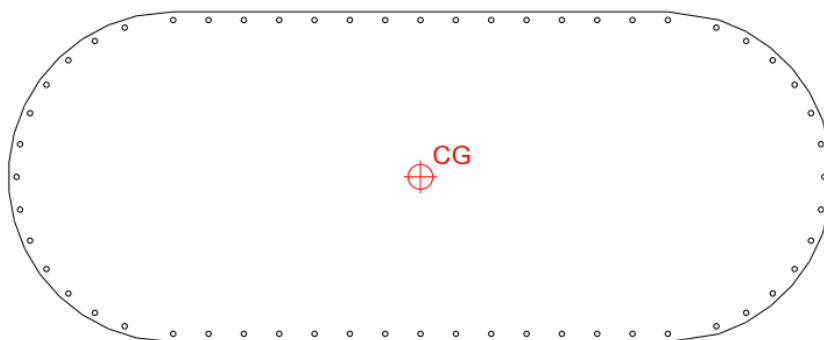


Figura 13 – Sezione di calcolo in CARSECN

8.4.1 Verifica a presso flessione

Tra le combinazioni di carico SLU e SLV riportate in precedenza, si individuano quelle con cui si ottengono le massime sollecitazioni di sforzo normale, momento longitudinale e momento trasversale.

Ipotesi	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
1 SLU-MaxN	14313	0	-222	-1935	-6480
2 SLU-MaxMlong	12750	-595	-222	-9851	-5063
3 SLU-MaxMtras	13191	0	-222	-1263	-10398
4 SLV-vert	7831	-364	-364	-5109	-4840
5 SLV-long	8056	-1213	-364	-16403	-4840
6 SLV-trasv	8056	-364	-1213	-5109	-16135

Tab. 13. Combinazioni di carico di calcolo.

Si ottengono i seguenti risultati:

Ipotesi	N [kN]	Mx [mkN]	My [mkN]	Mxu [mkN]	Myu [mkN]	Coef.
1	-14313.00	-1935.00	-6480.00	-16578.56	-55516.36	8.57
2	-12750.00	-9851.00	-5063.00	-26297.32	-13516.46	2.67
3	-13191.00	-1263.00	-10398.00	-7464.72	-61473.14	5.91
4	-7831.00	-5109.00	-4840.00	-21652.74	-20512.67	4.24
5	-8056.00	-16403.00	-4840.00	-22867.27	-6748.29	1.39
6	-8056.00	-5109.00	-16135.00	-14440.28	-45595.02	2.83

Tab. 14. Verifica sezione pila.

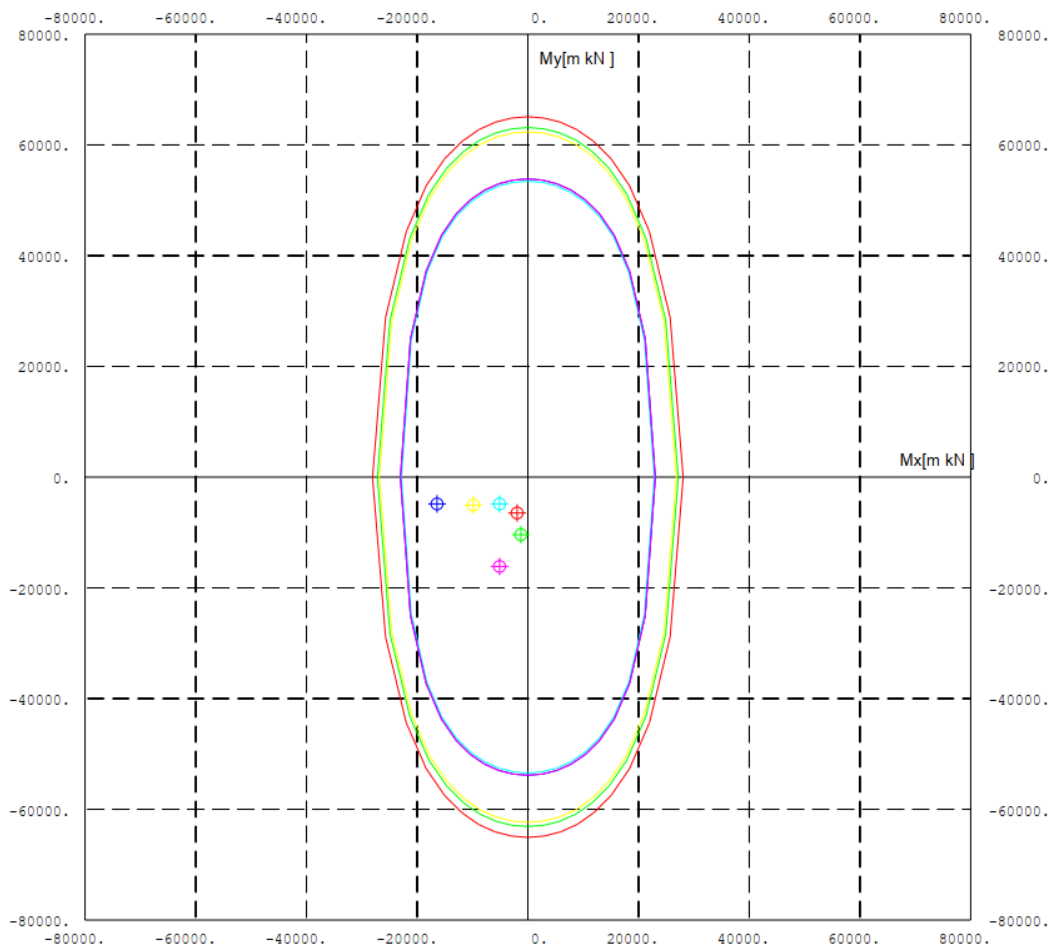



Figura 14. Diagramma momenti flettenti $M_x - M_y$ [$kN \cdot m$]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	33 di 42

9. TIPOLOGICO C

9.1 Geometria

La pila in esame, su cui poggiano due impalcati a struttura mista a travi, di lunghezza 30.0 m, presenta un fusto a sezione piena in c.a. di forma sub-rettangolare arrotondata, di dimensioni esterne pari a 6.50 m x 2.00 m, su cui grava un pulvino di altezza pari a 2.00 m e pianta rettangolare di dimensioni 12.95 m x 3.20 m. Riconducibile a tale tipologia è la pila P7 del VI01, con altezza del fusto pari a 8.50 m.

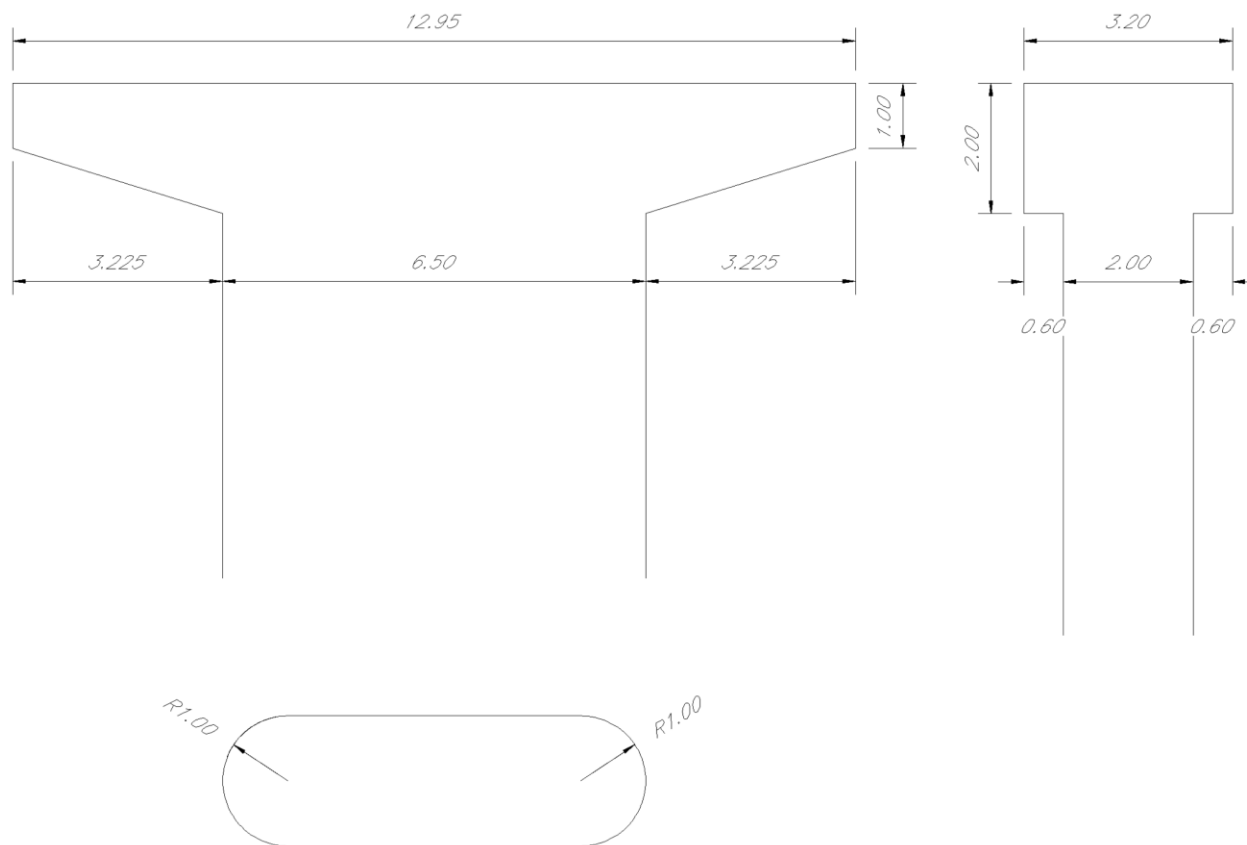



Figura 15 – Geometria pila P7.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	02	R14	RHIV0000002	B	34 di 42

9.2 Riepilogo azioni elementari

Si riportano di seguito le azioni elementari in testa pila per la pila di questa tipologia, calcolati come descritto nella sezione “6. CARICHI”.

Carico	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
G1 Perm. Strutturale	4267			-111	
G2 Perm. Non Strutturale	1033			-35	
Q1A Traff. Vert. Distr. Max N	1304			-31	-1925
Q1B Traff. Ver. Distr. Max Mlong	666			-733	-1018
Q1C Traff. Ver. Distr. Max Mtrasv	1035			0	-2730
Q1A Traff. Vert. Tandem. Max N	1200			-1320	-2280
Q1B Traff. Ver. Tandem. Max Mlong	1200			-1320	-2280
Q1C Traff. Ver. Tandem. Max Mtrasv	1000			-1100	-2280
Q1A Traff. Vert. Folla. Max N	465			0	0
Q1B Traff. Ver. Folla. Mlong	233			-256	0
Q1C Traff. Ver. Folla Mtrasv	233			0	-1294
Q3A Fren.\Acc. Max N		-441		-970	
Q3B Fren.\Acc. Max Mlong		-401		-881	
Q3C Fren.\Acc. Max Mtrasv		-441		-970	
Q4 F.Cent.			-120		-264
Q5.1 Vento trasv. Carico			-247		-568
Q5.2 Vento trasv. Scarico			-104		-91
E Azione sismica vert.	-270				
E Azione sismica long.		-1023		-1534	
E Azione sismica trasv.			-1023		-1534


Tab. 15. Azioni elementari in testa pila.

9.3 Sollecitazione base pila

Le sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico si riportano nella seguente tabella:

	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
SLU-gr1-Vert-A	16315	0	-222	-2026	-8188
SLU-gr1-Vert-B	15297	0	-222	-3145	-6964
SLU-gr1-Vert-C	15526	0	-222	-1687	-10149
SLU-gr2a-Fren-A	14540	-595	-222	-8223	-5859
SLU-gr2a-Fren-B	14196	-541	-222	-7989	-5370
SLU-gr2a-Fren-C	14193	-595	-222	-7983	-6294
SLU-gr2b-Cent-A	14540	0	-384	-1555	-7674
SLU-gr2b-Cent-B	14196	0	-384	-1934	-7184
SLU-gr2b-Cent-C	14193	0	-384	-1315	-8109
SLU-gr1+vento-A	14666	0	-370	-1555	-7534
SLU-gr1+vento-B	14259	0	-370	-2003	-7044
SLU-gr1+vento-C	14256	0	-370	-1315	-8318
SLU-vento-scarico	12621	0	-156	-202	-1539
SLV-sisma-long	9120	-1441	-432	-15277	-4539
SLV-sisma-tran	9120	-432	-1441	-4685	-15132
SLV-sisma-vert	8854	-432	-432	-4685	-4539

Tab. 16. Sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R14	DOCUMENTO RHIV0000002	REV. B	FOGLIO 36 di 42

9.4 Verifica allo spiccato del fusto

La verifica allo SLU flessionale della sezione in oggetto viene effettuata mediante l'ausilio del programma CARSECN, sviluppato da CFCSL e usato in numerosi progetti nazionali e internazionali. Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per le combinazioni più gravose descritte nei precedenti paragrafi.

L'armatura longitudinale è costituita da $\varnothing 32/0.20$ m.

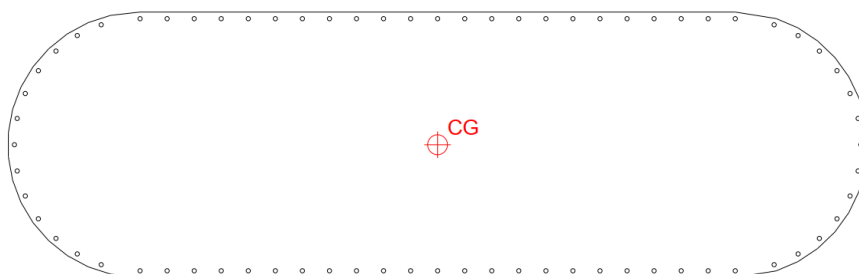


Figura 16 – Sezione di calcolo in CARSECN

9.4.1 Verifica a presso flessione

Tra le combinazioni di carico SLU e SLV riportate in precedenza, si individuano quelle con cui si ottengono le massime sollecitazioni di sforzo normale, momento longitudinale e momento trasversale.

Ipotesi		Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
1	SLU-MaxN	16315	0	-222	-2026	-8188
2	SLU-MaxMlong	14540	-595	-222	-8223	-5859
3	SLU-MaxMtras	15526	0	-222	-1687	-10149
4	SLV-MaxN	8854	-432	-432	-4685	-4539
5	SLV-MaxMlong	9120	-1441	-432	-15277	-4539
6	SLV-MaxMtras	9120	-432	-1441	-4685	-15132

Tab. 17. Combinazioni di carico di calcolo.

Si ottengono i seguenti risultati:

Ipotesi	N [kN]	Mx [mkN]	My [mkN]	Mxu [mkN]	Myu [mkN]	Coef.
1	-16315.00	-2026.00	-8188.00	-21912.30	-88575.38	10.82
2	-14540.00	-8223.00	-5859.00	-32830.71	-23397.23	3.99
3	-15526.00	-1687.00	-10149.00	-15854.02	-95386.06	9.40
4	-8854.00	-4685.00	-4539.00	-27863.25	-26991.54	5.95
5	-9120.00	-15277.00	-4539.00	-28810.97	-8561.07	1.89
6	-9120.00	-4685.00	-15132.00	-21285.41	-68731.19	4.54

Tab. 18. Verifica sezione pila.

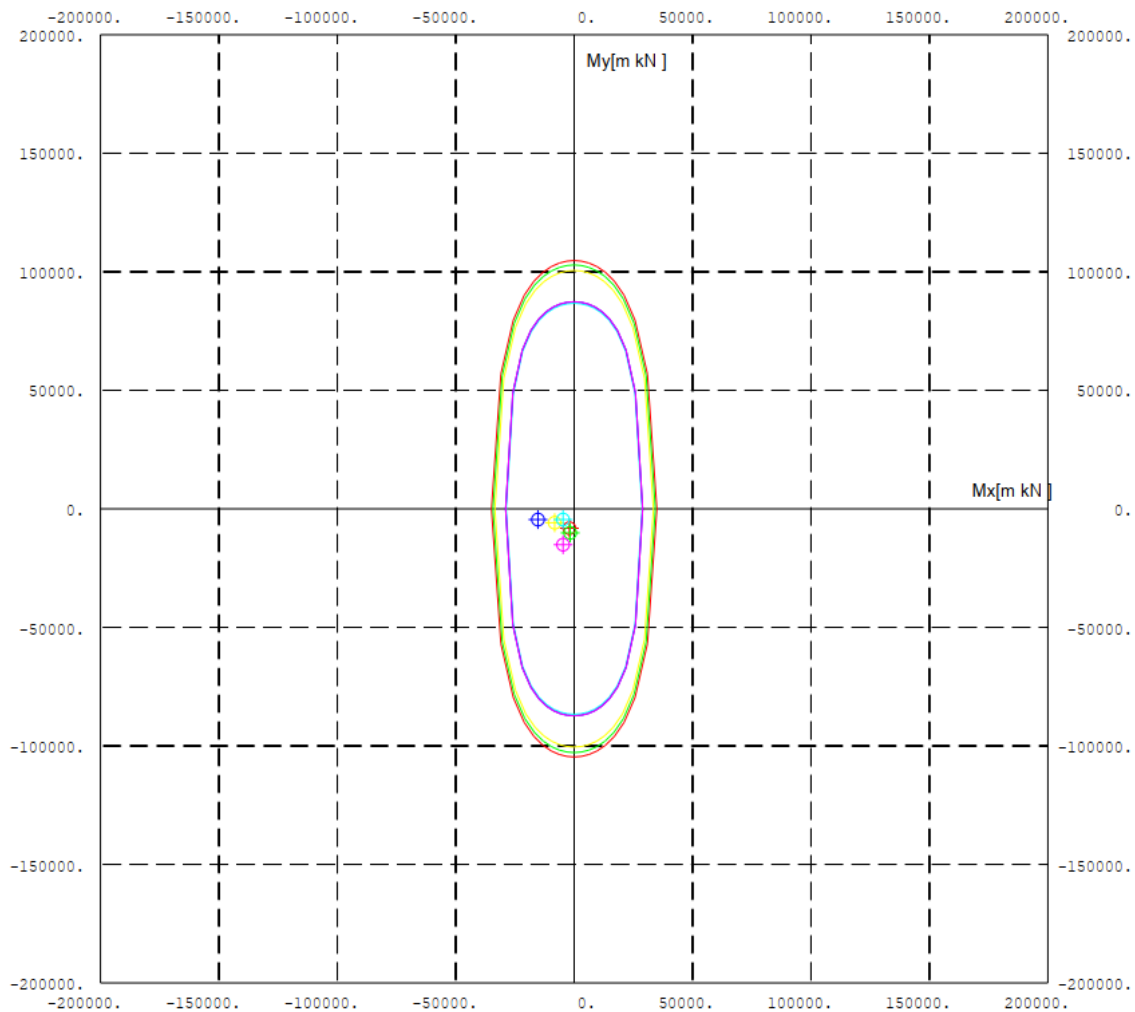


Figura 17. Diagramma momenti flettenti Mx – My [kN·m]

10. TIPOLOGICO D

10.1 Geometria

La pila in esame, su cui poggiano due impalcati a struttura mista a travi, di lunghezza 30.0 m, presenta un fusto a sezione piena in c.a. di forma sub-rettangolare arrotondata, di dimensioni esterne pari a 6.80 m x 2.00 m, su cui grava un pulvino di altezza pari a 2.00 m e pianta rettangolare di dimensioni 13.40 m x 3.20 m. Riconducibile a tale tipologia è la pila P8 del VI01, con altezza del fusto pari a 5.20 m.

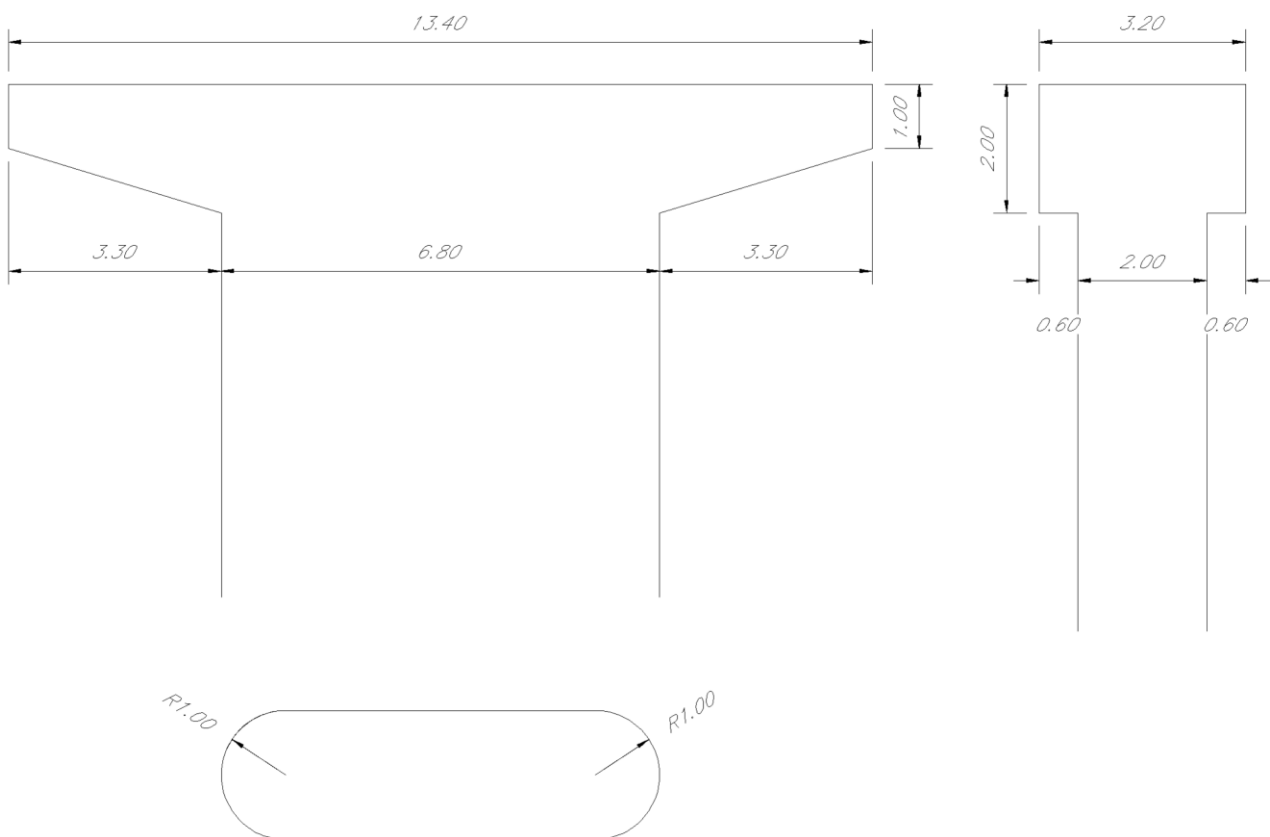


Figura 18 – Geometria pila P8.

10.2 Riepilogo azioni elementari

Si riportano di seguito le azioni elementari in testa pila per la pila di questa tipologia, calcolati come descritto nella sezione “6. CARICHI”.

Carico	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
G1 Perm. Strutturale	4480			-56	
G2 Perm. Non Strutturale	1100			-18	
Q1A Traff. Vert. Distr. Max N	1364			-16	-2159
Q1B Traff. Ver. Distr. Max Mlong	689			-758	-1108
Q1C Traff. Ver. Distr. Max Mtrasv	1035			0	-3145
Q1A Traff. Vert. Tandem. Max N	1200			-1320	-2588
Q1B Traff. Ver. Tandem. Max Mlong	1200			-1320	-2588
Q1C Traff. Ver. Tandem. Max Mtrasv	1000			-1100	-2588
Q1A Traff. Vert. Folla. Max N	465			0	0
Q1B Traff. Ver. Folla. Mlong	233			-256	0
Q1C Traff. Ver. Folla Mtrasv	233			0	-1387
Q3A Fren.\Acc. Max N		-441		-970	
Q3B Fren.\Acc. Max Mlong		-401		-881	
Q3C Fren.\Acc. Max Mtrasv		-441		-970	
Q4 F.Cent.			-120		-264
Q5.1 Vento trasv. Carico			-247		-568
Q5.2 Vento trasv. Scarico			-104		-91
E Azione sismica vert.	-285				
E Azione sismica long.		-1077		-1615	
E Azione sismica trasv.			-1077		-1615


Tab. 19. Azioni elementari in testa pila.

10.3 Sollecitazione base pila

Le sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico si riportano nella seguente tabella:

	Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
SLU-gr1-Vert-A	16047	0	-222	-1906	-8520
SLU-gr1-Vert-B	14980	0	-222	-3080	-7100
SLU-gr1-Vert-C	15177	0	-222	-1587	-10787
SLU-gr2a-Fren-A	14224	-595	-222	-7044	-5897
SLU-gr2a-Fren-B	13859	-541	-222	-6930	-5330
SLU-gr2a-Fren-C	13844	-595	-222	-6812	-6430
SLU-gr2b-Cent-A	14224	0	-384	-1447	-7420
SLU-gr2b-Cent-B	13859	0	-384	-1848	-6852
SLU-gr2b-Cent-C	13844	0	-384	-1216	-7953
SLU-gr1+vento-A	14349	0	-370	-1447	-7305
SLU-gr1+vento-B	13922	0	-370	-1917	-6737
SLU-gr1+vento-C	13907	0	-370	-1216	-8212
SLU-vento-scarico	12272	0	-156	-102	-1259
SLV-sisma-long	8851	-1478	-443	-12928	-3856
SLV-sisma-tran	8851	-443	-1478	-3930	-12854
SLV-sisma-vert	8578	-443	-443	-3930	-3856

Tab. 20. Sollecitazioni alla base della pila per ogni combinazione di carico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PTFE RADDOPPIO DECIMOMANNU – VILLAMASSARGIA					
	Lotto 2					
Relazione di predimensionamento strutturale cavalcaferrovia	COMMESSA RR0P	LOTTO 02	CODIFICA R14	DOCUMENTO RHIV0000002	REV. B	FOGLIO 41 di 42

10.4 Verifica allo spiccato del fusto

La verifica allo SLU flessionale della sezione in oggetto viene effettuata mediante l'ausilio del programma CARSECN, sviluppato da CFCSL e usato in numerosi progetti nazionali e internazionali. Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per le combinazioni più gravose descritte nei precedenti paragrafi.

L'armatura longitudinale è costituita da $\varnothing 32/0.20$ m.

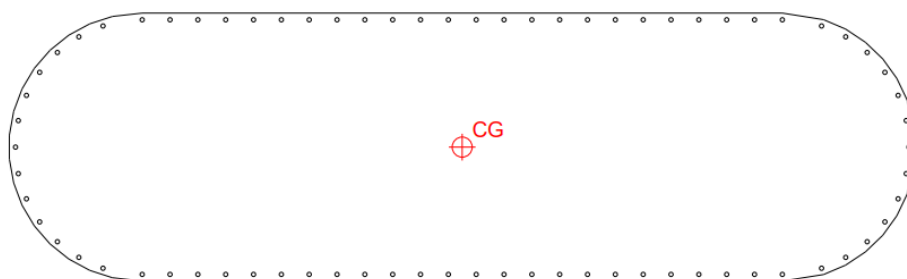


Figura 19 – Sezione di calcolo in CARSECN

10.4.1 Verifica a presso flessione

Tra le combinazioni di carico SLU e SLV riportate in precedenza, si individuano quelle con cui si ottengono le massime sollecitazioni di sforzo normale, momento longitudinale e momento trasversale.

Ipotesi		Fvert [kN]	Flong [kN]	Ftrasv [kN]	Mlong [kNm]	Mtrasv [kNm]
1	SLU-MaxN	16047	0	-222	-1906	-8520
2	SLU-MaxMlong	14224	-595	-222	-7044	-5897
3	SLU-MaxMtras	15177	0	-222	-1587	-10787
4	SLV-MaxN	8578	-443	-443	-3930	-3856
5	SLV-MaxMlong	8851	-1478	-443	-12928	-3856
6	SLV-MaxMtras	8851	-443	-1478	-3930	-12854

Tab. 21. Combinazioni di carico di calcolo.

Si ottengono i seguenti risultati:

Ipotesi	N [kN]	Mx [mkN]	My [mkN]	Mxu [mkN]	Myu [mkN]	Coef.
1	-16047.00	-1906.00	-8520.00	-21475.70	-95979.00	11.27
2	-14224.00	-7044.00	-5897.00	-33109.03	-27719.93	4.70
3	-15177.00	-1587.00	-10787.00	-15065.52	-102392.73	9.49
4	-8578.00	-3930.00	-3856.00	-28335.50	-27805.39	7.21
5	-8851.00	-12928.00	-3856.00	-29228.35	-8714.94	2.26
6	-8851.00	-3930.00	-12854.00	-22083.41	-72223.90	5.62

Tab. 22. Verifica sezione pila.

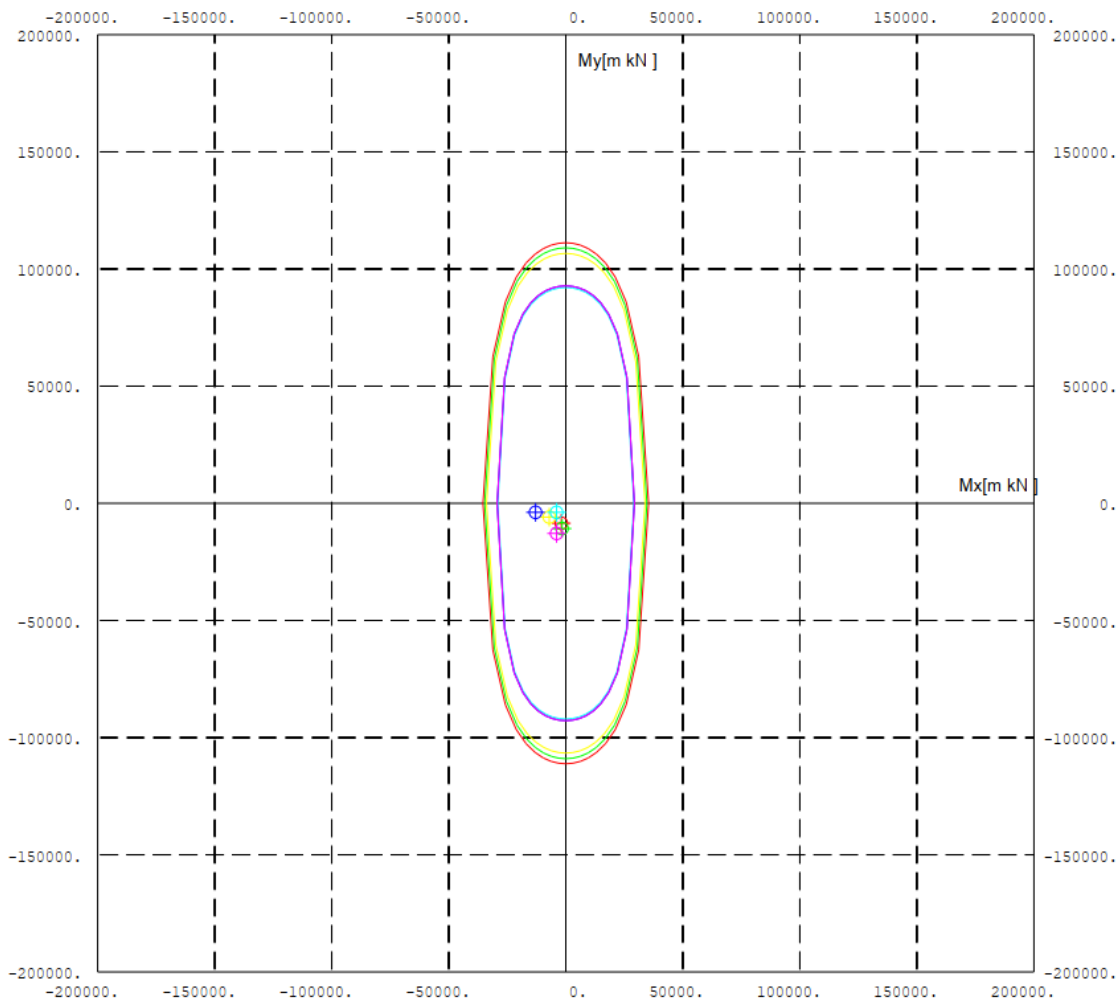


Figura 20. Diagramma momenti flettenti $M_x - M_y$ [kN·m]