

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**  
**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**  
**MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA**

**Relazione di calcolo**

*Vulnerabilità VI 07*

SCALA:


-
---

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

**I A 5 F    0 3    D    0 9    C L    V I 0 7 0 0    0 0 1    A**

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Mar. 2019	S. Di Spigno	Mar. 2019	F. Gernone	Mar. 2019	A. Ippolito	

ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Roberto Vittorini  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 N° A.20785

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	RIFERIMENTI.....	4
3	SOFTWARE.....	4
4	MATERIALI.....	5
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
5.1	Descrizione delle carpenterie e delle armature.....	9
6	ANALISI DEI CARICHI.....	13
6.1	Carichi permanenti.....	13
6.2	Carico accidentale .....	14
7	AZIONE SISMICA.....	15
8	FATTORE DI COMPORTAMENTO .....	16
9	COMBINAZIONI .....	17
9.1	Combinazione delle azioni .....	17
10	METODO DI ANALISI.....	18
11	MODELLAZIONE.....	18
11.1	Modellazione degli elementi.....	18
11.2	Modellazione dei carichi.....	23
12	RISULTATI DELLE ANALISI.....	24
13	VERIFICHE .....	27
13.1	Verifiche svolte.....	27
13.2	Verifica a pressoflessione delle pile .....	27
13.3	Verifica a taglio delle pile .....	28
13.4	Indice di rischio in resistenza delle pile.....	32
13.5	Verifica delle strutture di fondazione.....	32
13.5.1	<i>Verifica delle fondazioni su pali.....</i>	<i>33</i>
13.5.2	<i>Verifica a taglio dei pali di fondazione.....</i>	<i>37</i>
13.5.3	<i>Indice di rischio in resistenza dei pali .....</i>	<i>37</i>
13.6	Verifiche degli appoggi.....	38
14	CONCLUSIONI.....	39

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

15 ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO .....40

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

## 1 INTRODUZIONE


Oggetto della presente relazione è la definizione della vulnerabilità sismica del viadotto ferroviario “La Chiesa” appartenente alla linea Ferrandina Matera.



*Vista di un viadotto tipo della linea Ferrandina-Matera*

In particolare si valuta la vulnerabilità in termini di resistenza, relativamente alle Pile in c.a. ed alle strutture di fondazione e agli apparecchi di appoggio. Si determina quindi l'indice di rischio in resistenza  $I_R$  relativamente al meccanismo di crisi indagato, ottenuto confrontando l'accelerazione di picco al suolo che porta alla crisi dell'elemento: PGA di capacità, con l'accelerazione di picco al suolo attesa nel sito: PGA di domanda:

$$I_R = \frac{PGA_c}{PGA_d}$$


	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

## 2 RIFERIMENTI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- [2] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [3] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [4] Progetto DOC-Reluis 2005-2008 – linea 3: Valutazione e riduzione del rischio sismico di ponti esistenti – “linee guida e manuale applicativo per la valutazione della sicurezza sismica e il consolidamento dei ponti esistenti in c.a.” marzo 2009
- [5] D.M. 9 gennaio 1996 «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche».

## 3 SOFTWARE

- [1] CSPFEA, “Midas Civil v. 2018”
- [2] GEOSTRU 2011, RC-SEC
- [3] MICROSOFT, Excel 2010

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di calcolo	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

## 4 MATERIALI

Per le caratteristiche meccaniche dei materiali si demanda alla: Relazione IA5F03D09ROVI0000001A.

Riassumendo:

Resistenza del CLS pile  $f_{cd} = 17.3 \text{ N/mm}^2$

Tensione di snervamento dell'Acciaio  $f_{yd} = 313 \text{ N/mm}^2$

Tensione ultima dell'Acciaio  $f_u = 313 \text{ N/mm}^2$

Coefficienti di sicurezza per meccanismi duttili:

coeff parziale del calcestruzzo  $\gamma_c = 1$

coeff parziale dell'acciaio  $\gamma_s = 1$

Coefficienti di sicurezza per meccanismi fragili:

coeff parziale del calcestruzzo  $\gamma_c = 1.5$

coeff parziale dell'acciaio  $\gamma_s = 1.15$

Per la determinazione delle caratteristiche di rigidità del calcestruzzo si fa riferimento al DM96 §2.1.3, da cui

risulta:  $E_c = 5700 * \sqrt{R_{ck}}$

	<b>RbK [Kg/cm2]</b>	<b>Ec<sub>DM96</sub> [KN/m2]</b>
Trave cap	500	40305086.53
Trasverso	500	40305086.53
Soletta	300	31220185.78
Pulvino	300	31220185.78
Pila	250	28500000

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera oggetto delle analisi è un viadotto ferroviario appartenente alla line Ferrandina-Matera con collegamento a binario singolo. Il viadotto è costituito da impalcati in c.a.p. in semplice appoggio di lunghezza pari a 30 [m], con pile ad altezza variabile e sezione monocellulare in c.a.; le fondazioni sono costituite da plinti su pali, di dimensioni variabili in relazione al numero degli stessi. Le spalle sono costituite da strutture in c.a. (muro frontale di spessore 2.00 [m], muri andatori di spessore

variabile 1/0.5 [m], zattera di fondazione di spessore 2.00 [m]) con fondazione su pali di diametro  $\phi = 1.2$  [m] .

Di seguito delle tabelle riassuntive dei dati del viadotto in esame:

Viadotto "La Chiesa"					
n° Pila	H Pila [m]	Fondazione	Dimensioni plinto	n° pali	L viadotto [m]
1	5.7	su pali	10.2 x 7.4 X 2.5	6	
2	7.1	su pali	10.2 x 7.4 X 2.5	6	
3	6.35	su pali	10.2 x 7.4 x 2.5	6	
4	6	su pali	10.2 x 7.4 x 2.5	6	
					150

VIADOTTO		SPALLA A												
		Terreno	Campate	H <sub>min</sub>	H <sub>max</sub>	Fondazione	T <sub>fond</sub>	T <sub>pulv</sub>	F	H	Dimensioni	$\phi$	Pali	
VI07	La Chiesa	E	5	5.7	7.1	P			5.4		11.5	9.2	1200	9
		SPALLA B												
		Fondazione	T <sub>fond</sub>	T <sub>pulv</sub>	F	H	Dimensioni	$\phi$	Pali					
		P										1200		

Gli appoggi prevedono uno schema di tipo fisso-mobile, in particolare con la configurazione di 3 appoggi fissi (cerniera) e 3 appoggi mobili unidirezionali (carrello) del tipo come mostrato nelle figg. seguenti:

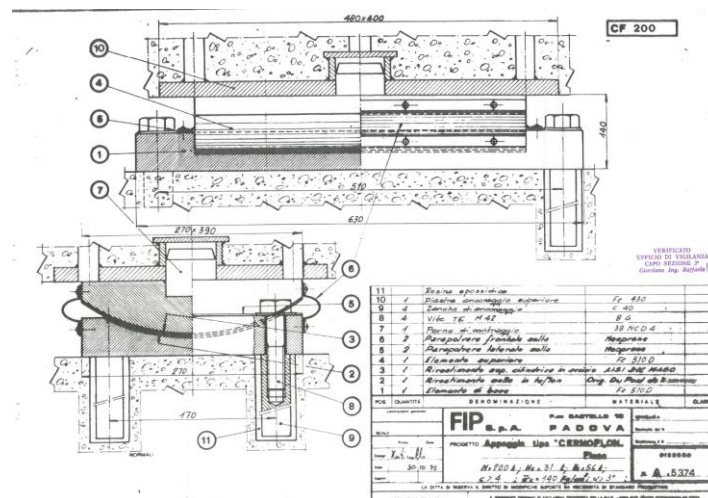


Figura 1 – Apparecchio di appoggio di tipo "fisso"

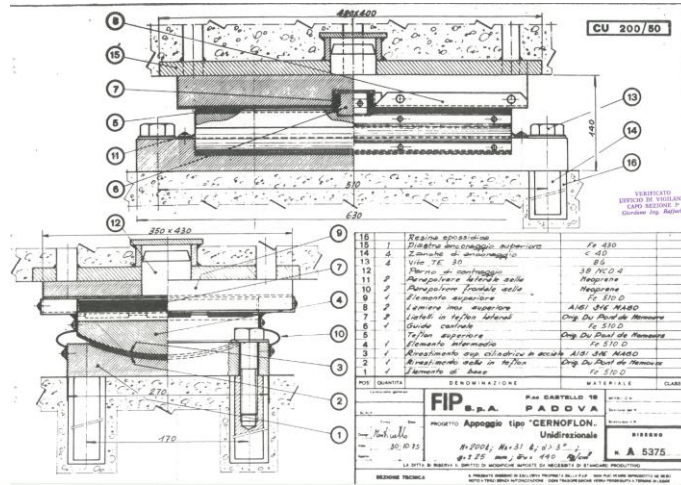


Figura 2 – Apparecchio di appoggio di tipo "mobile"

Nelle figure seguenti alcuni estratti degli elaborati di progetto originali:

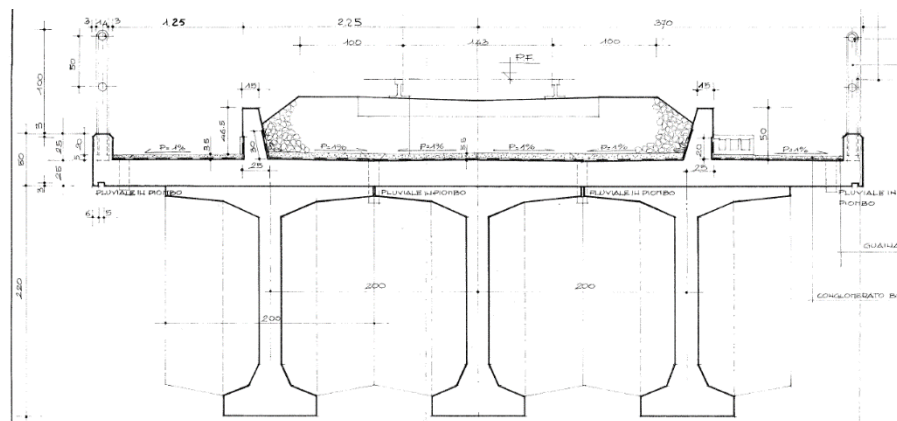


Figura 3 - Sezione trasversale impalcato



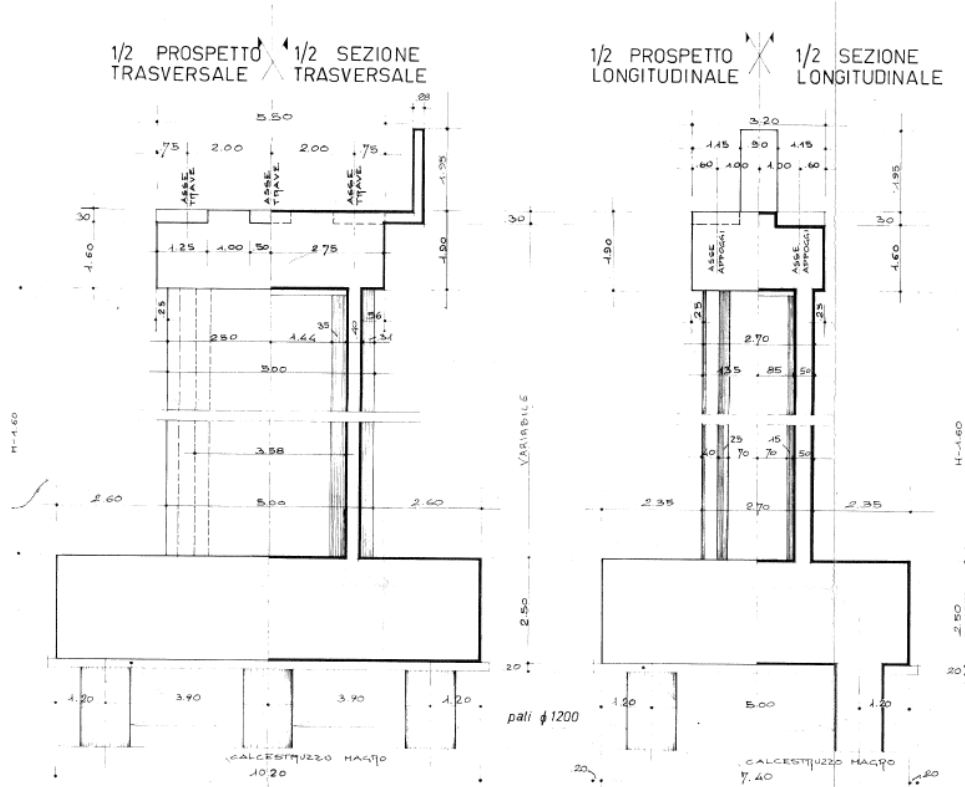


Figura 4 – Prospetto Longitudinale e Trasversale Pila

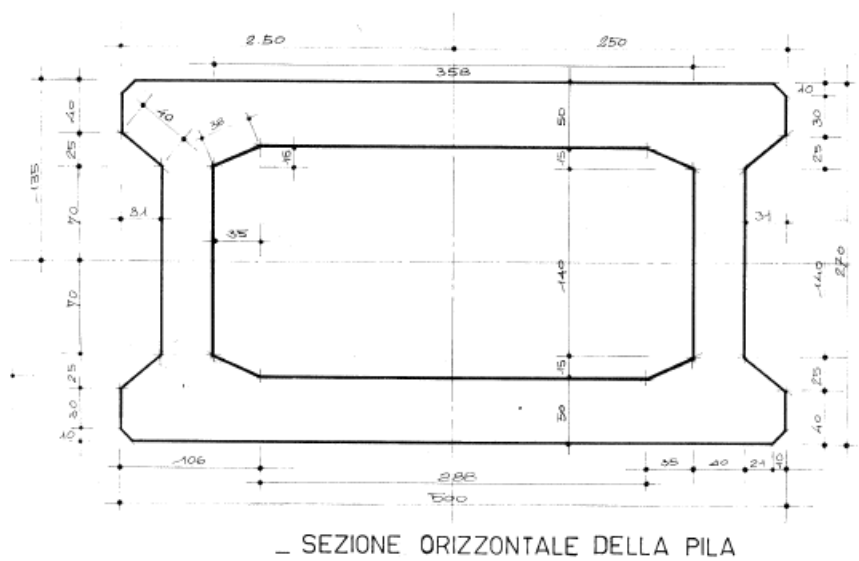


Figura 5 – Sezione della Pila

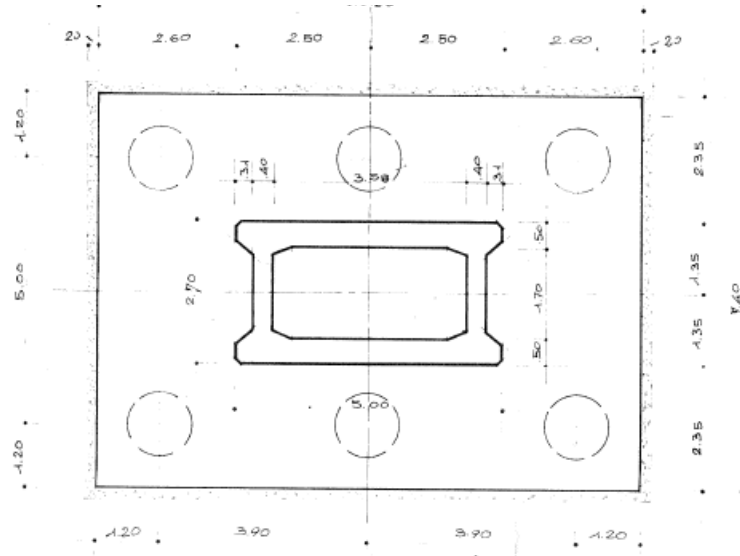


Figura 6 – Pianta della fondazione con indicazione dei pali, 6 pali

## 5.1 Descrizione delle carpenterie e delle armature

Dagli elaborati del progetto originale si evince la configurazione delle carpenterie e delle armature relative ai vari elementi strutturali; confermate dalle indagini realizzate sull'opera di cui alla relazione IA5F03D09ROVI0000001. In particolare, per le analisi di interesse della presente relazione, si riporta il dettaglio delle armature delle pile, suddivise in due famiglie a seconda dell'altezza  $H$  delle stesse:

<i>Pile</i> (quote da testa/pulvino)	<i>Armatura sezione di base</i>	<i>Armatura sezione <math>H &gt; 13</math> [m]</i>
Pile con $H < 13$ [m]	116 $\phi$ 16	-

<i>Armatura</i>	<i>Armatura sezione di base</i>	<i>Armatura sezione <math>b &gt; 1</math> [m]</i> ( $b$ = quota da spiccato fondazione)
Armatura a taglio	$\phi$ 14/125	$\phi$ 14/250

Di seguito il dettaglio delle tavole di progetto:

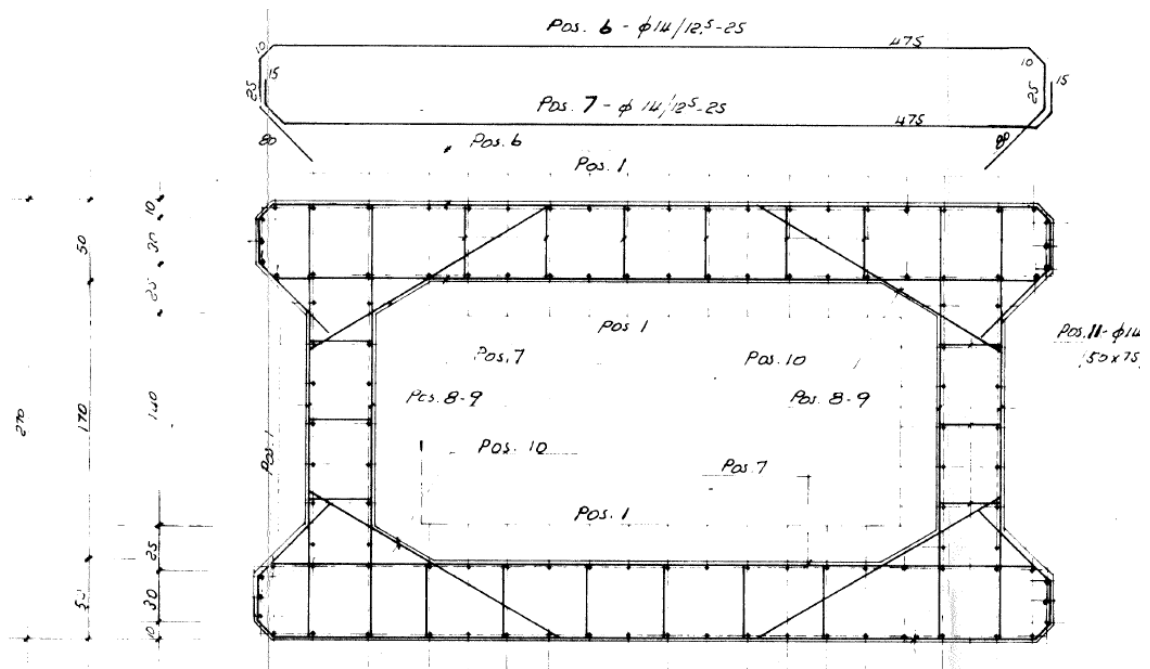


Figura 7 – Sezione della pila - 116fi16

I pali di fondazione, in numero di 6, hanno diametro  $d=1.2$  [m] e armatura costituita da: 18  $\phi 20$  e spirale  $\phi 8/125$ , per le gabbie superiori; 18  $\phi 18$  e spirale  $\phi 8/250$  per le gabbie inferiori:

## ARMATURA PALI $\phi$ 1,20 m

1:50

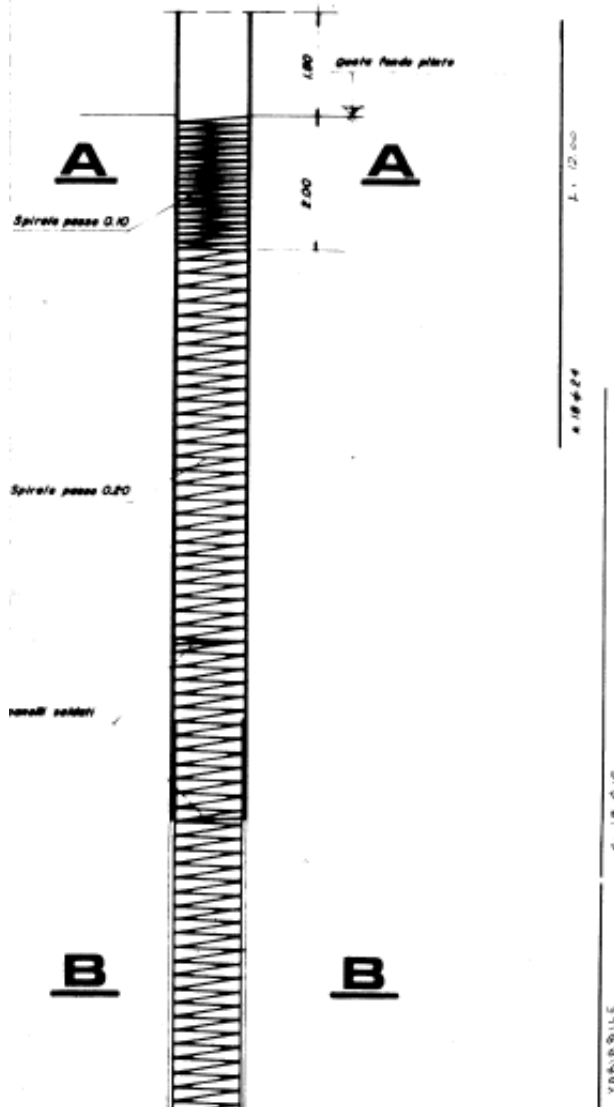
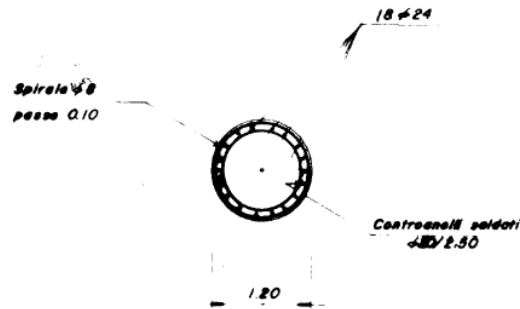


Figura 8 – Armatura del palo di fondazione

## SEZIONE A-A 1:50

GABBIA SUPERIORE



## SEZIONE B-B 1:50

GABBIE INFERIORI

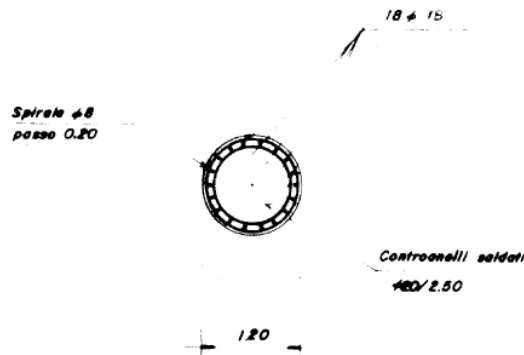


Figura 9 – Sezione del palo di fondazione

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Carichi permanenti

#### Impalcato

Area di una trave = 1.03 m<sup>2</sup>

Peso travi	1x29x3x25	2175 kN
Ringrosso in corrispondenza dei traversi	1.5x0.9x1.80x2x3x25	364 kN
Traversi di testata	1.80x5.40x0.40x2x25	194 kN
Traversi di campate	1.80x5.40x0.30x2x25	146 kN
Soletta	7.40x0.25x30x25	1388 kN
Cordoli	2x(0.20x0.25)x30x25	75 kN
Para-Ballast	2x(0.20x0.50)x30x25	150 kN
Ballast	4x0.70x30x18	1512 kN
Impermeabilizzante	7.4x30x30	666 kN
Corrimano e canalette	4x30	120 kN
Per un peso complessivo		<b>G1+G2 ~ 6800 kN</b>

#### Pulvino

Altezza netta del pulvino

Peso pulvino	1.60x3.20x5.50x25	704 kN
Ritegni	(0.9x5.5+4x1x1.15)x0.3x25	71.6kN
Per un peso complessivo		<b>G1 ~ 775 kN</b>

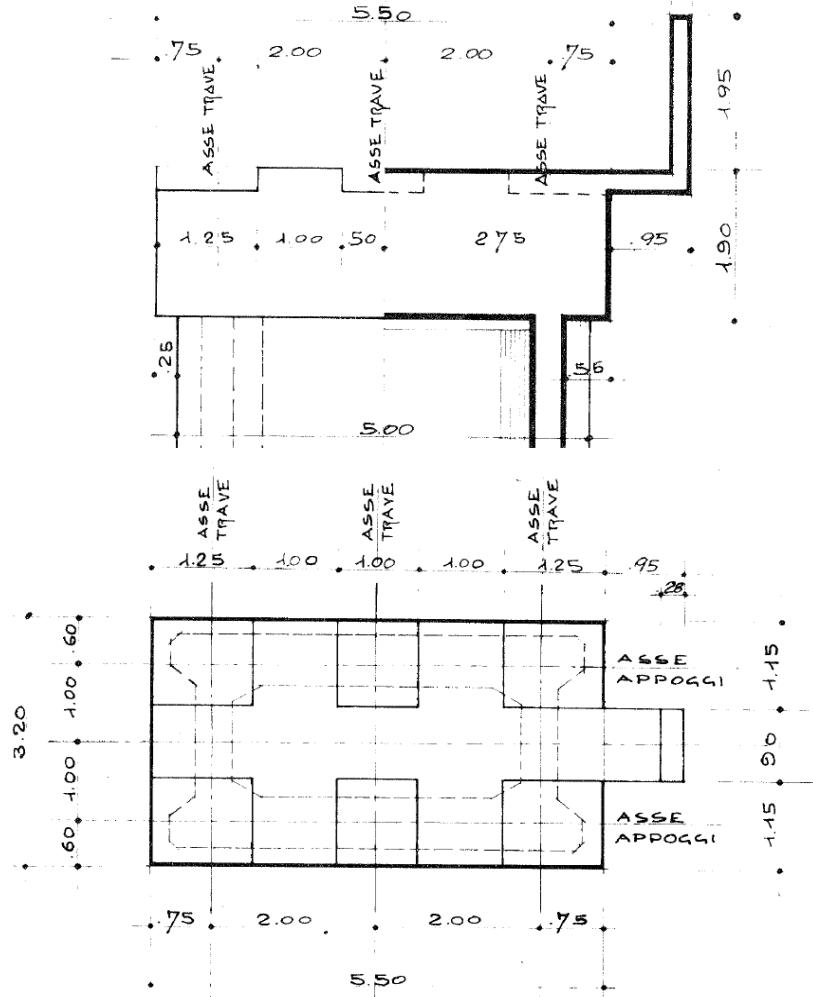


Figura 10- Pianta e prospetto pulvino

## 6.2 Carico accidentale

Il carico accidentale da traffico ferroviario è stato considerato in accordo al progetto di origine, nella fattispecie il treno di carico “A”, definito nel Manuale di Progettazione R.F.I. parte II sez. II 2.11.2.5:

Treno di tipo A

132 x 2 x 12.20+80.0 x (30-12.20 x 2)

3668 KN

**SCHEMI TRENI TIPO 1945 A e B**

**TRENO TIPO A**

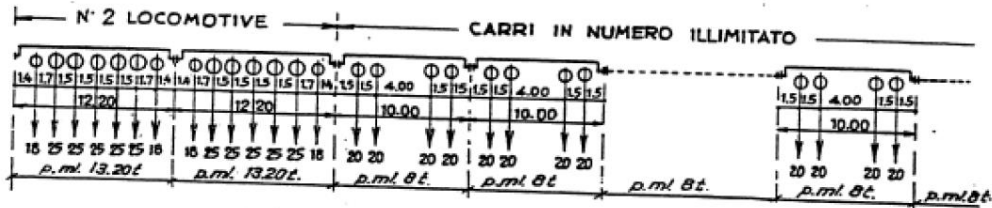


Figura 11 - Schema treno "A"

## 7 AZIONE SISMICA

Lo spettro di progetto è stato identificato nel rispetto del §2.4 e del §3.2, cioè della norma NTC 2018.

Si definiscono quindi i parametri per individuare lo spettro da utilizzare nelle analisi:

$V_N$	=	50 [anni]
Classe d'uso		II
$C_u$	=	1
$V_R$	=	$50 \times 1 = 50$ [anni]
Categoria di sottosuolo	=	E

L'azione sismica viene determinata a partire dalla definizione della pericolosità sismica di base del sito in cui ricade l'opera, definita mediante spettro di risposta elastico in accelerazione in accordo a quanto prescritto al § 3.2 NTC2018, espresso da uno spettro normalizzato riferito ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicato per il valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Per la sua determinazione si è fatto uso del software free *SPETTRI-NTC ver. 1.0.3* fornito dal MIT, del quale si riportano i passaggi essenziali, con simboli come dal punto citato delle NTC 2018 e riferimento al sito in cui è ubicata l'opera. Per la determinazione della categoria di sottosuolo si fa riferimento alla relazione IA5F03D09GEVI1000001 A.

Si riporta in *Figura* la determinazione dello spettro elastico allo SLV per il caso del viadotto in esame.



### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate: LONGITUDINE 16.55000, LATITUDINE 40.58700

Ricerca per comune: REGIONE Piemonte, PROVINCIA Torino, COMUNE Agliè

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito: km 7.5, -7.5

Reticolo di riferimento: Controllo sul reticolo (Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta)

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 50

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$ : 1

Valori di progetto: Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 50

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

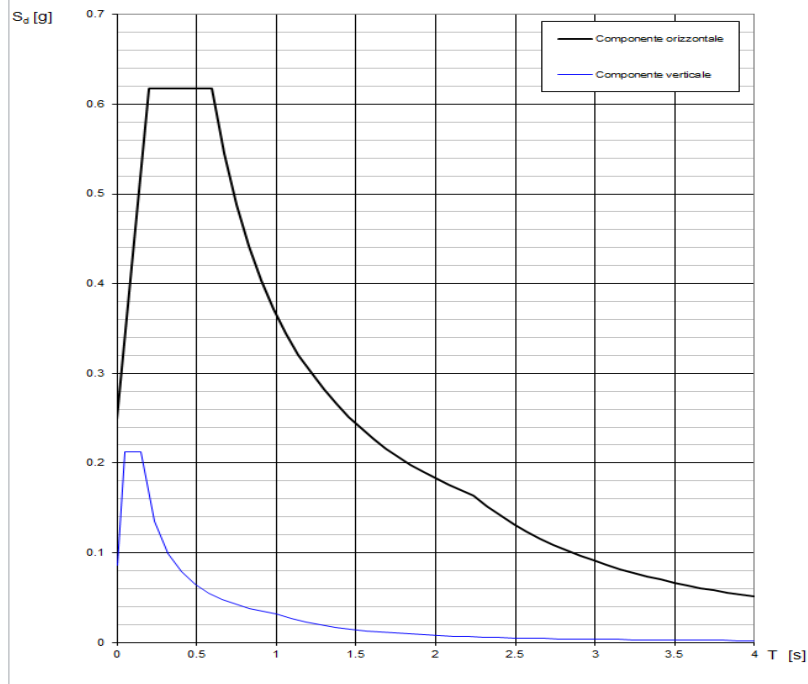
Stati limite di esercizio - SLE: SLO -  $P_{VR}$  = 81% (30), SLD -  $P_{VR}$  = 63% (50)

Stati limite ultimi - SLU: SLV -  $P_{VR}$  = 10% (475), SLC -  $P_{VR}$  = 5% (975)

Strategia di progettazione:  $T_R$  [anni] vs  $T$  [s] (SLO, SLD, SLV, SLC)

LEGENDA GRAFICO: ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie, -■- Strategia scelta

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



SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.040	2.458	0.289
SLD	50	0.055	2.496	0.303
SLV	475	0.159	2.477	0.331
SLC	975	0.205	2.497	0.334

Figura 12- Spettro elastico SLV

## 8 FATTORE DI COMPORTAMENTO

Il fattore di struttura viene utilizzato, ove non si eseguano delle analisi dinamiche in campo non lineare, secondo quanto indicato al par. 3.2.3.5 delle NTC18, quale fattore riduttivo delle forze

corrispondenti allo spettro elastico che “... tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell’incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni ...”. Per la struttura in esame viene scelto un fattore di struttura minimo pari ad 1.5, in accordo con la tab. 7.3.II delle NTC18.

## 9 COMBINAZIONI

### 9.1 Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento alla combinazione sismica:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$


Gli effetti dell’azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Le NTC 2018 prevedono l’applicazione di un’aliquota del 20% del carico ferroviario in presenza dell’azione sismica di progetto allo SLU, sia per il nuovo che per l’esistente, quindi con il relativo valore di  $\psi_2$  pari a 0.20.

Si riassumono di seguito le combinazioni di calcolo utilizzate:

	Ex	Ey	Ez	G1+G2	Treno “A”
SLV_1	1	0.3	0.3	1	0.2
SLV_2	1	0.3	-0.3	1	0.2
SLV_3	1	-0.3	0.3	1	0.2
SLV_4	1	-0.3	-0.3	1	0.2
SLV_5	-1	0.3	0.3	1	0.2
SLV_6	-1	0.3	-0.3	1	0.2
SLV_7	-1	-0.3	0.3	1	0.2
SLV_8	-1	-0.3	-0.3	1	0.2
SLV_9	0.3	1	0.3	1	0.2
SLV_10	0.3	1	-0.3	1	0.2
SLV_11	0.3	-1	0.3	1	0.2
SLV_12	0.3	-1	-0.3	1	0.2
SLV_13	-0.3	1	0.3	1	0.2
SLV_14	-0.3	1	-0.3	1	0.2
SLV_15	-0.3	-1	0.3	1	0.2
SLV_16	-0.3	-1	-0.3	1	0.2
SLV_17	0.3	0.3	1	1	0.2
SLV_18	0.3	0.3	-1	1	0.2
SLV_19	0.3	-0.3	1	1	0.2

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0700001	REV. A	FOGLIO 18 di 62

SLV_20	0.3	-0.3	-1	1	0.2
SLV_21	-0.3	0.3	1	1	0.2
SLV_22	-0.3	0.3	-1	1	0.2
SLV_23	-0.3	-0.3	1	1	0.2
SLV_24	-0.3	-0.3	-1	1	0.2

Per l'analisi sismica viene considerata una aliquota della massa da traffico ferroviario pari al 20%, considerando il treno di carico tipo A, definito in precedenza, insistente sull'intero il viadotto.

## 10 METODO DI ANALISI

Come anticipato, viene condotta una analisi dinamica lineare con spettro di risposta, il quale è opportunamente ridotto quindi, attraverso il fattore di comportamento specificato.

In prima battuta viene impiegato lo spettro di domanda (sisma atteso nel sito) definito dalla Norma per effettuare le verifiche (in resistenza delle pile e delle strutture di fondazione); successivamente viene implementata una analisi iterativa impiegando spettri via via crescenti (variando il valore del tempo di ritorno  $T_r$ ) per determinare la accelerazione di picco al suolo che porta al raggiungimento della resistenza limite, per ogni meccanismo di rottura indagato.

Si è in grado quindi di esplicitare il fattore di rischio  $I_R$  come definito in precedenza.

La determinazione del fattore di rischio in termini di capacità delle pile è dettagliatamente illustrata nella relazione specifica IA5F03D09CLVI0000001A.

## 11 MODELLAZIONE

### 11.1 Modellazione degli elementi

Per l'opera in esame è prevista l'adozione del software per analisi ad elementi finiti "Midas Civil v. 2018", con il quale si conduce una modellazione ad elementi di tipo *frame*.

In particolare si modellano tutti gli elementi costituenti il viadotto: impalcato a graticcio, pulvini e pile. Per tener conto della deformabilità delle strutture di fondazione non modellate, si considera una lunghezza incrementata dei *frame* rappresentanti le pile, in misura pari ad 1/3 dell'altezza del plinto, quindi:  $h_{agg} = 1/3 * 2.5 [m] = 0.8 [m]$

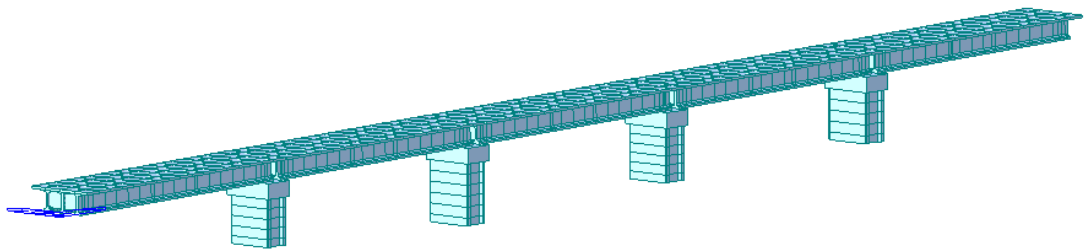


Figura 13– Modello di calcolo-vista generale

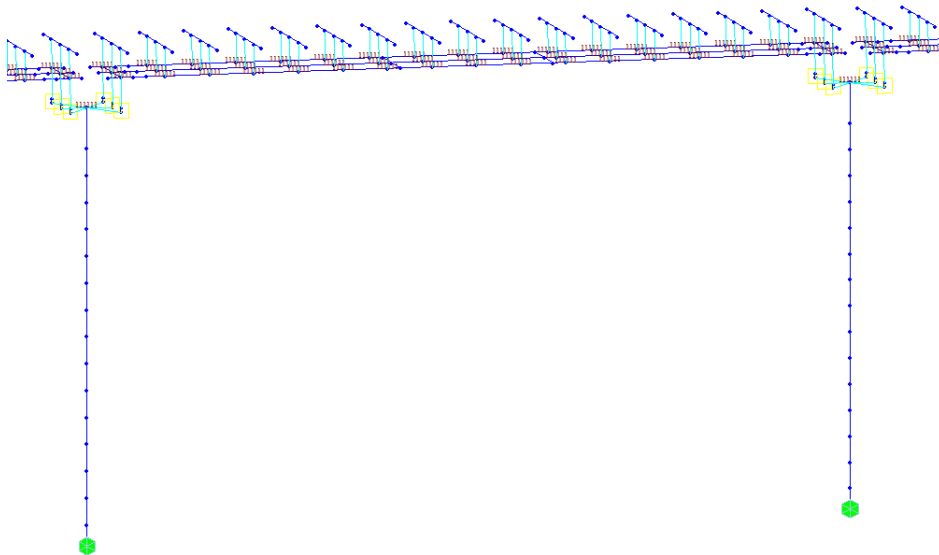


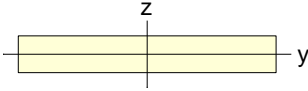
Figura 14– Modello di calcolo-particolare: elementi frame e vincoli

Sono modellati gli elementi costituenti l’impalcato: travi con sezione ad I, traversi di testata e di campata, soletta discretizzata in elementi frame collegati alle travi principali tramite vincoli cinematici.

Per tenere conto della corretta rigidezza flessionale dell'impalcato, vista la non collaborazione nella direzione longitudinale degli elementi *soletta*, l'inerzia degli elementi frame rappresentanti le travi viene modificata attribuendogli il valore dell'inerzia dell'impalcato.

I vincoli del tipo cerniera/carrello tra l'impalcato e le pile, sono modellati con elementi link che vincolano opportunamente i g.d.l. secondo lo schema di progetto; il quale prevede tre appoggi fissi e tre appoggi mobili per singolo impalcato.

Di seguito si riporta il dettaglio degli elementi modellati con le relative proprietà geometriche:



A (m <sup>2</sup> )	A <sub>sy</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>sz</sub> (m <sup>2</sup> )	z (+) (m)	z (-) (m)
0.438	0.365	0.365	0.125	0.125
I <sub>xx</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>yy</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (m <sup>4</sup> )	y (+) (m)	y (-) (m)
0.008	0.002	0.112	0.875	0.875

Figura 15– Soletta - frame

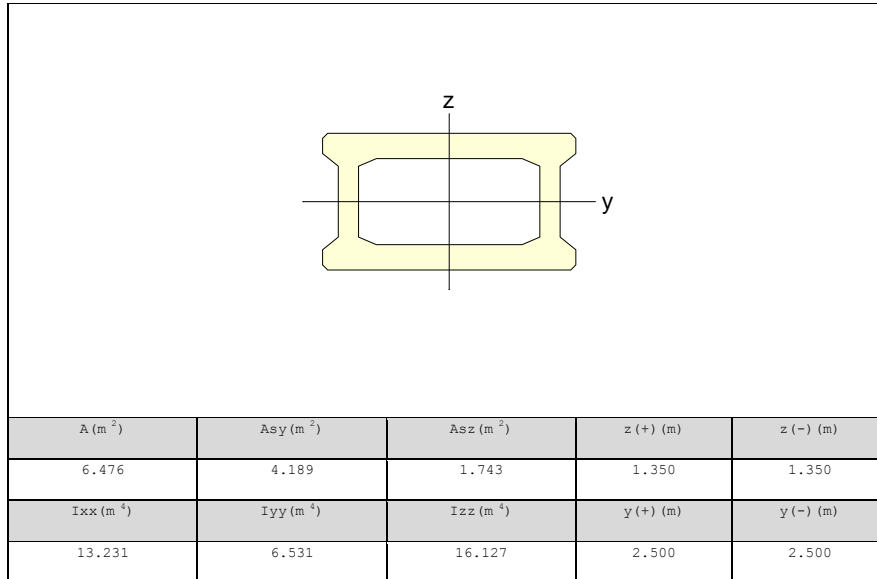


Figura 16– Pila - frame

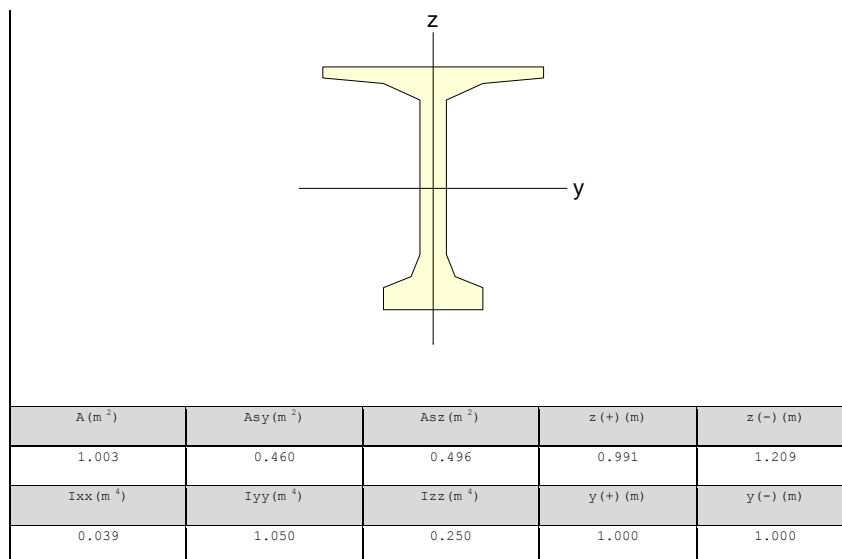


Figura 17– Trave - frame

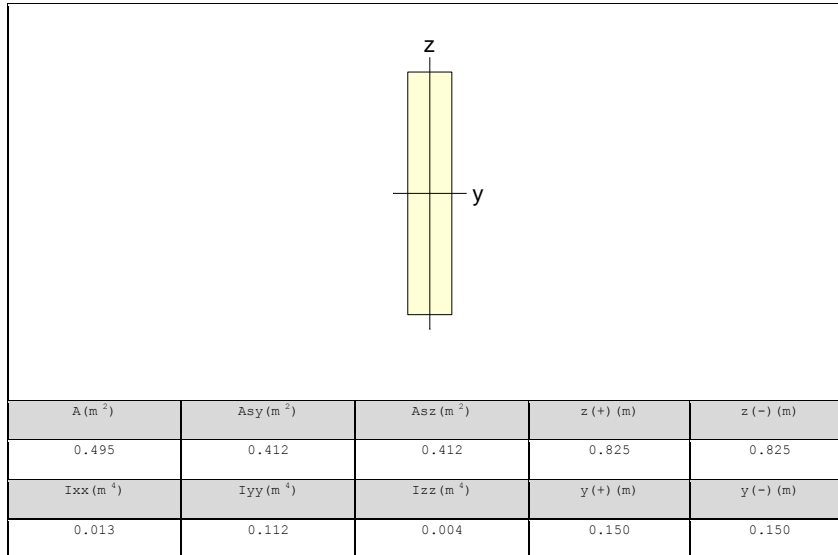


Figura 18– Traverso di campata - frame

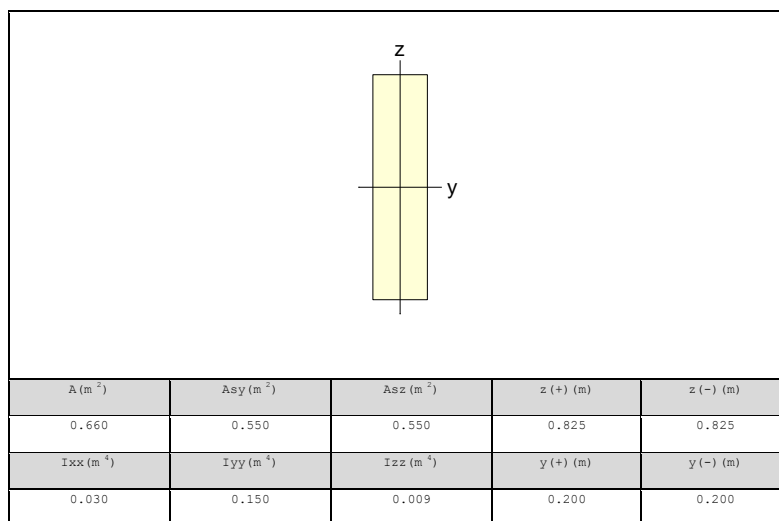


Figura 19– Traverso di testata - frame

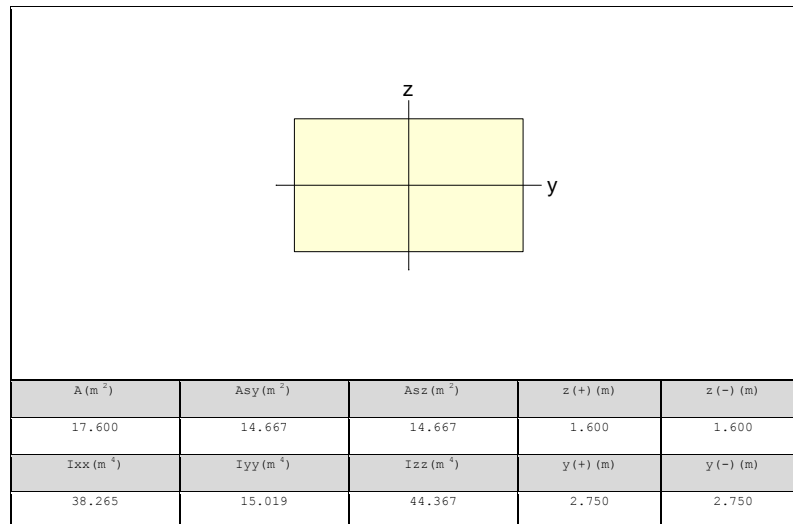
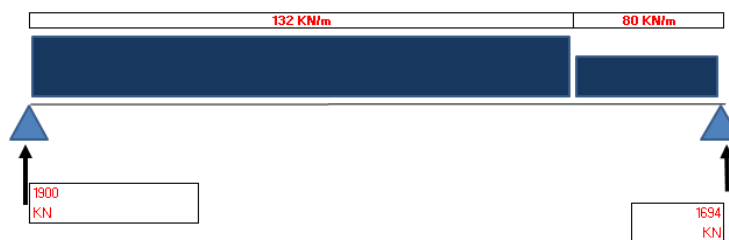


Figura 20– Pulvino - frame

## 11.2 Modellazione dei carichi

I carichi permanenti sono modellati come carichi statici applicati ai relativi elementi, tenendo conto anche dei ringrossi di travi e traversi non modellati direttamente.

Il carico relativo al traffico ferroviario viene considerato quando sfavorevole, in particolare nella condizione di massima reazione all'appoggio sulla pila di interesse, pari a 1900 KN:



Dalla quale deriva anche il momento a base pila, considerando un braccio pari alla distanza dell'appoggio dall'asse della pila di 1 [m], pari a:  $1900 \text{ [KN]} * 1 \text{ [m]} = 1900 \text{ [KNm]}$

Dettaglio dei carichi assegnati:



Carico	tipo	H [m]	B [m]	L [m]	p [KN/m]	P [KN]
Cordolo di bordo	G1	0.25	0.2	1.75		2.19
Paraballast	G1	0.5	0.2	1.75		4.38
Ringrosso testa trave	G1				27.86	
Ringrosso variabile trave	G1				27.80	
Ringrosso trasverso testata	G1				3.20	
Ringrosso trasverso testata	G1					13.80
Ringrosso trasverso campata	G1				7.65	
Ringrosso trasverso campata	G1					19.36
Baggioli	G1					71.63

Impermeabilizzazione (massetto etc)	G2			1.75	3.50	
Corrimano e canalette	G2			1.75		7.00
Ballast	G2	0.7	4	29	50.40	

## 12 RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano in sintesi i risultati dell'analisi dinamica lineare ottenuti:

- Principali modi di vibrare

EIGENVALUE ANALYSIS

Mode No	Frequency		Period (sec)
	(rad/sec)	(cycle/sec)	
1	24.62108	3.918566	0.255195
2	24.93806	3.969015	0.251952
3	25.07332	3.990543	0.250592
4	25.18527	4.00836	0.249479
5	25.32798	4.031073	0.248073
6	25.36417	4.036833	0.247719
7	25.38432	4.04004	0.247522
8	25.52664	4.062691	0.246142
9	25.5705	4.069671	0.24572
10	25.86665	4.116805	0.242907

- Sollecitazioni

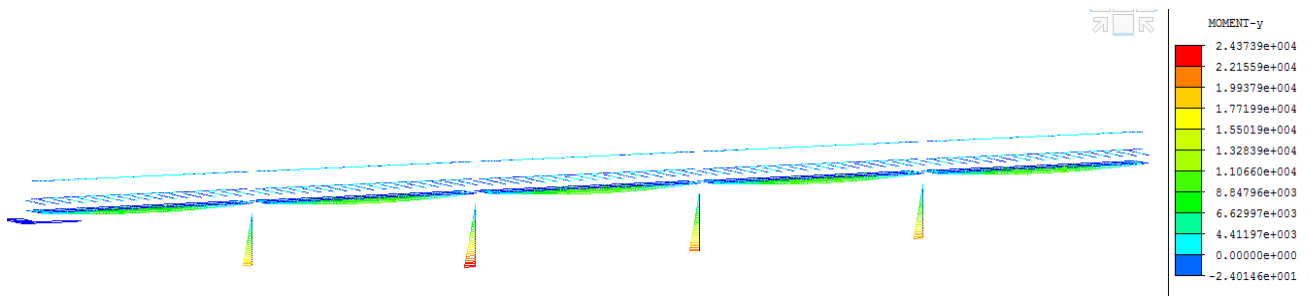


Figura 21 – Momenti flettenti attorno all'asse trasversale comb.SLV\_1

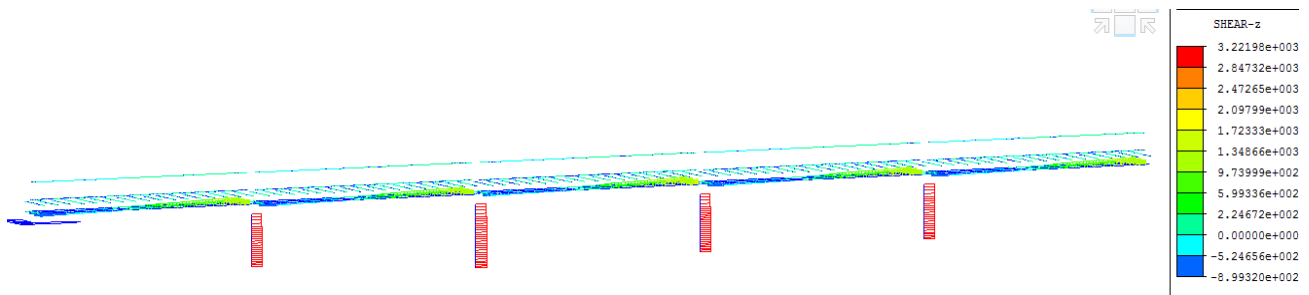


Figura 22 – Tagli  $F_z$  comb.SLV\_1

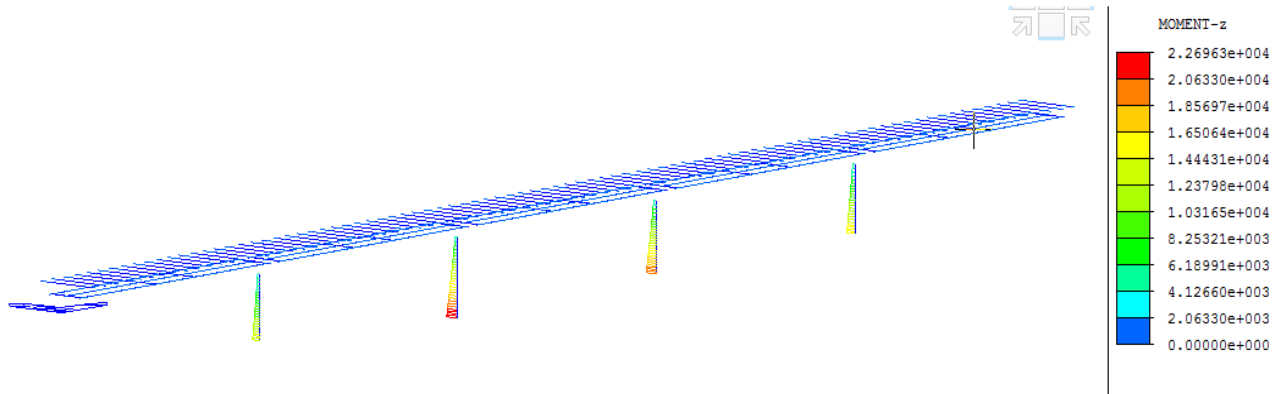


Figura 23 – Momenti flettenti attorno all'asse longitudinale comb.SLV\_9

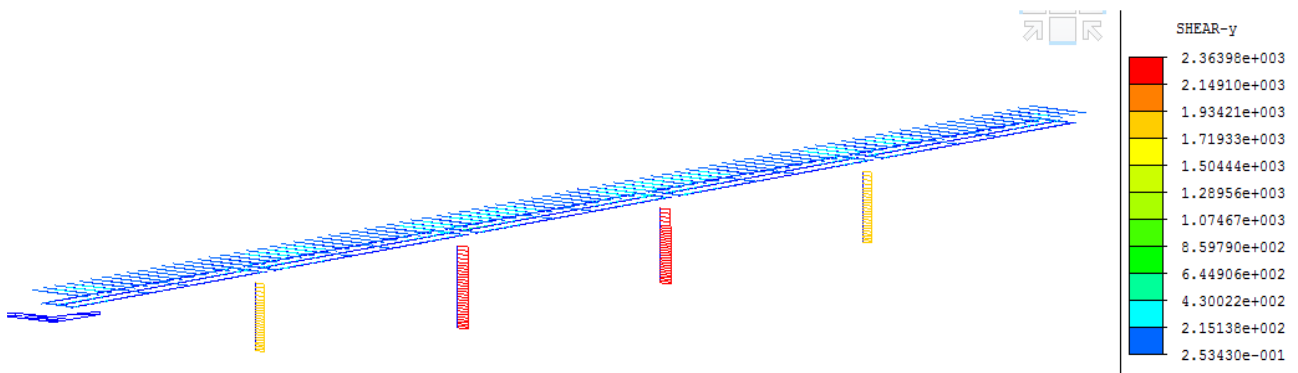


Figura 24 – Tagli trasversali  $F_y$  comb.SLV\_9

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

## 13 VERIFICHE

### 13.1 Verifiche svolte

Si riportano le verifiche delle analisi effettuate, in particolare:

- verifiche a pressoflessione delle pile
- verifiche a taglio delle pile
- verifiche strutturali dei pali di fondazione: pressoflessione e taglio
- verifiche delle sollecitazioni sugli appoggi

### 13.2 Verifica a pressoflessione delle pile

Le verifiche sono svolte per la sezione di base armata con 116  $\phi$  16. Si riportano in sintesi i risultati ottenuti, in termini di coefficiente  $F_s$  minimo per ciascuna pila. Per i risultati in dettaglio si rimanda all'Allegato A dei tabulati di calcolo.

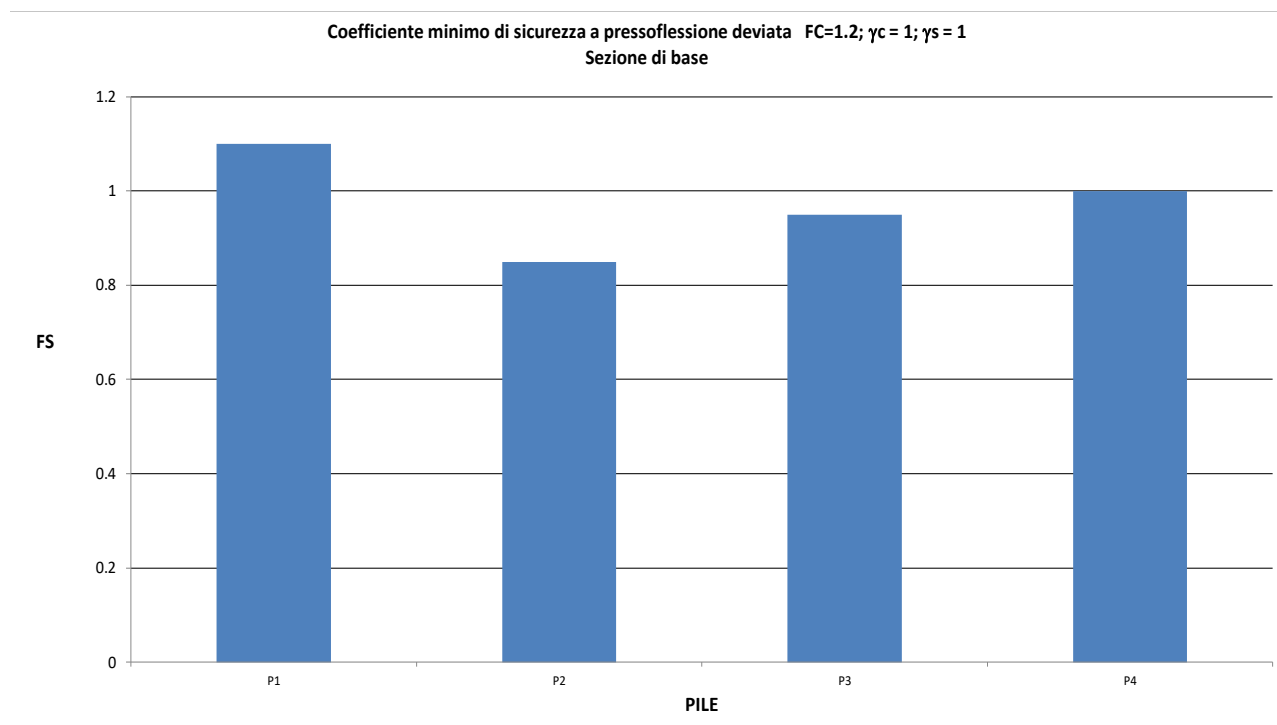



Figura 25– Verifica a pressoflessione per ciascuna pila

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0700001	REV. A	FOGLIO 28 di 62

### 13.3 Verifica a taglio delle pile

La verifica è svolta in accordo con il § 4.1.2.3.5.2 delle NTC18, in cui si individua la resistenza a taglio, degli elementi dotati di armature trasversali resistenti, come la minima tra: la resistenza a “taglio trazione”  $V_{rsd}$  dovuta alle armature e la resistenza a “taglio compressione”  $V_{rcd}$  dovuta al calcestruzzo d’anima.

(Per la verifica in oggetto si è ottenuto l’angolo  $\theta$  di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo, imponendo l’uguaglianza dei termini  $V_{rsd}$  e  $V_{rcd}$  e quindi la rottura simultanea lato armature e lato calcestruzzo; con la limitazione per il valore dell’angolo  $\theta$  tra  $22^\circ$  e  $45^\circ$ )

I risultati sono relativi alla sezione di base della pila ed alla sezione in cui si colloca il cambiamento del passo delle staffe (ca. 1 [m] dallo spiccato di fondazione) in termini del coefficiente  $F_s$ :

#### – Sezione di base, taglio longitudinale

	Shear-z (kN)
P1	3081.56
P2	3220.36
P3	3091.05
P4	3049.5

Figura 26– Sollecitazioni taglianti massime, SLV

Rbk	25	N/mm <sup>2</sup>	bw	800	mm
fck	20.75	N/mm <sup>2</sup>	d	2650	mm
fcd	11.53	N/mm <sup>2</sup>	A	2120000	mm <sup>2</sup>
Fe38K	372	N/mm <sup>2</sup>	$\phi$ st	14	mm
fyd	269.57	N/mm <sup>2</sup>	s	125	mm
Fc	1.2		n bracci	4	
$\gamma_c$	1.5		Asw	615.75	mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15		Vrsd	4979.88	[KN]
$\alpha$	90		Vrcd	4979.88	[KN]
$\theta$	32.4547	Angolo theta			
	OK				
ctg $\alpha$	6E-17				0.00
ctg $\theta$	1.57242754				

Figura 27– Taglio resistente della sezione

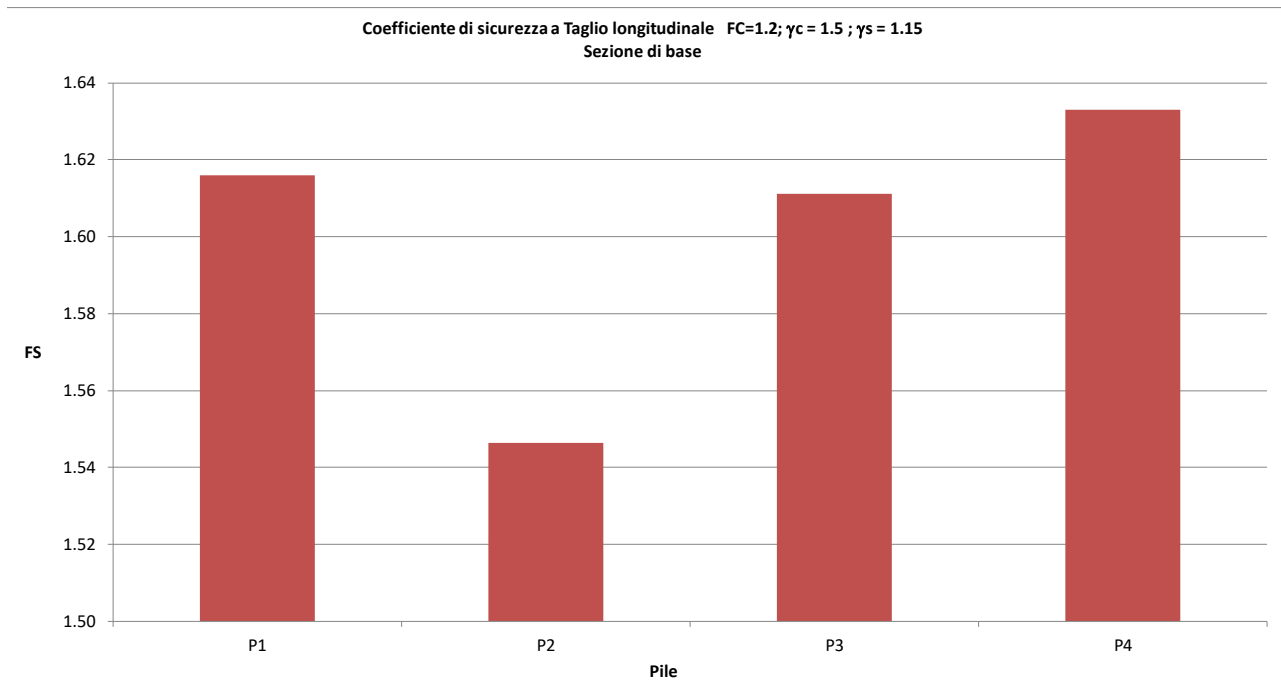


Figura 28– Verifica a taglio delle pile

– Sezione ad 1 [m] dallo spiccato di fondazione, taglio longitudinale

Rbk	25	N/mm <sup>2</sup>
fck	20.75	N/mm <sup>2</sup>
fcd	11.53	N/mm <sup>2</sup>
Fe38K	372	N/mm <sup>2</sup>
fyd	269.57	N/mm <sup>2</sup>

Fc	1.2
$\gamma_c$	1.5
$\gamma_s$	1.15

$\alpha$	90	Angolo theta
$\theta$	22.3000	
	OK	

ctg $\alpha$	6E-17
ctg $\theta$	2.43824876

bw	800	mm
d	2650	mm

A	2120000	mm <sup>2</sup>
---	---------	-----------------

$\phi_{st}$	14	mm
s	250	mm

n bracci	4	
Asw	615.75	mm <sup>2</sup>

Vr <sub>sd</sub>	3860.97	[KN]
Vr <sub>cd</sub>	3860.97	[KN]

0.00

Figura 29– Taglio resistente della sezione

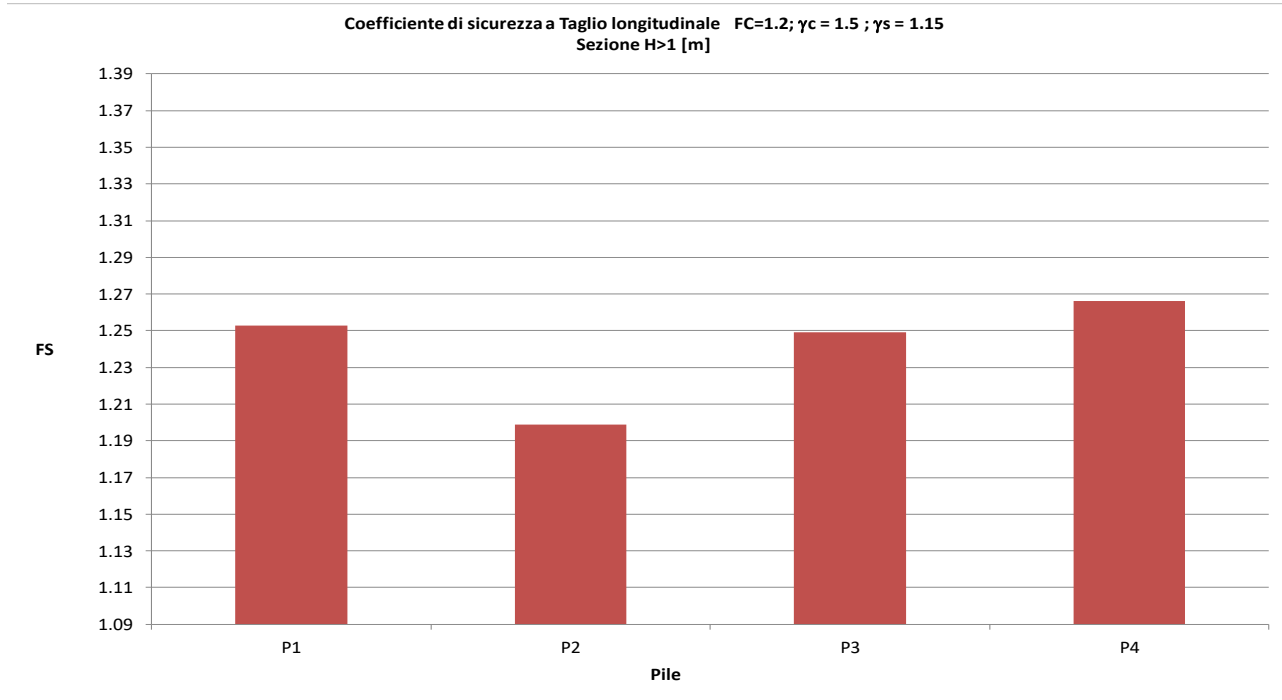


Figura 30– Verifica a taglio delle pile

– Sezione di base, taglio trasversale

	Shear-y (kN)
P1	1772.47
P2	2363.14
P3	2247.99
P4	1928.38

Figura 31– Sollecitazioni taglianti massime, SLV

Rbk	25	N/mm <sup>2</sup>
fck	20.75	N/mm <sup>2</sup>
fcd	11.53	N/mm <sup>2</sup>
Fe38K	372	N/mm <sup>2</sup>
fyd	269.57	N/mm <sup>2</sup>

Fc	1.2
$\gamma_c$	1.5
$\gamma_s$	1.15

$\alpha$	90	Angolo theta
$\theta$	28.6840	
	OK	

ctg $\alpha$	6E-17
ctg $\theta$	1.82774738

bw	1000	mm
d	4350	mm

A	4350000	mm <sup>2</sup>
---	---------	-----------------

$\phi_{st}$	14	mm
s	125	mm

n bracci	4	
Asw	615.75	mm <sup>2</sup>

Vr <sub>sd</sub>	9501.84	[KN]
Vr <sub>cd</sub>	9501.84	[KN]

0.00

Figura 32– Taglio resistente della sezione

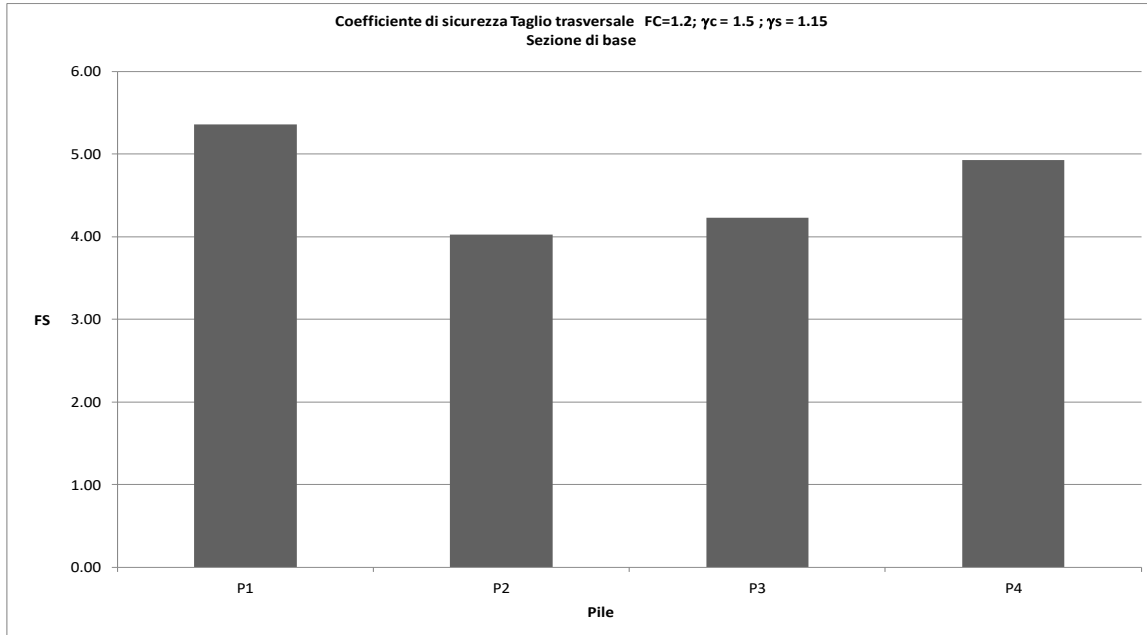


Figura 33 – Verifica a taglio delle pile

– Sezione ad 1 [m] dallo spiccato di fondazione, taglio trasversale

Rbk	25	N/mm <sup>2</sup>
fck	20.75	N/mm <sup>2</sup>
fcd	11.53	N/mm <sup>2</sup>
Fe38K	372	N/mm <sup>2</sup>
fyd	269.57	N/mm <sup>2</sup>

Fc	1.2
$\gamma_c$	1.5
$\gamma_s$	1.15

$\alpha$	90
$\theta$	22.0010
	OK

Angolo theta

ctg $\alpha$	6E-17
ctg $\theta$	2.47496249

bw	1000	mm
d	4350	mm

A	4350000	mm <sup>2</sup>
---	---------	-----------------

$\phi_{st}$	14	mm
s	250	mm

n bracci	4	
Asw	615.75	mm <sup>2</sup>

Vrsd	6433.25	[KN]
Vrcd	7837.98	[KN]

-1404.74

Figura 34– Taglio resistente della sezione



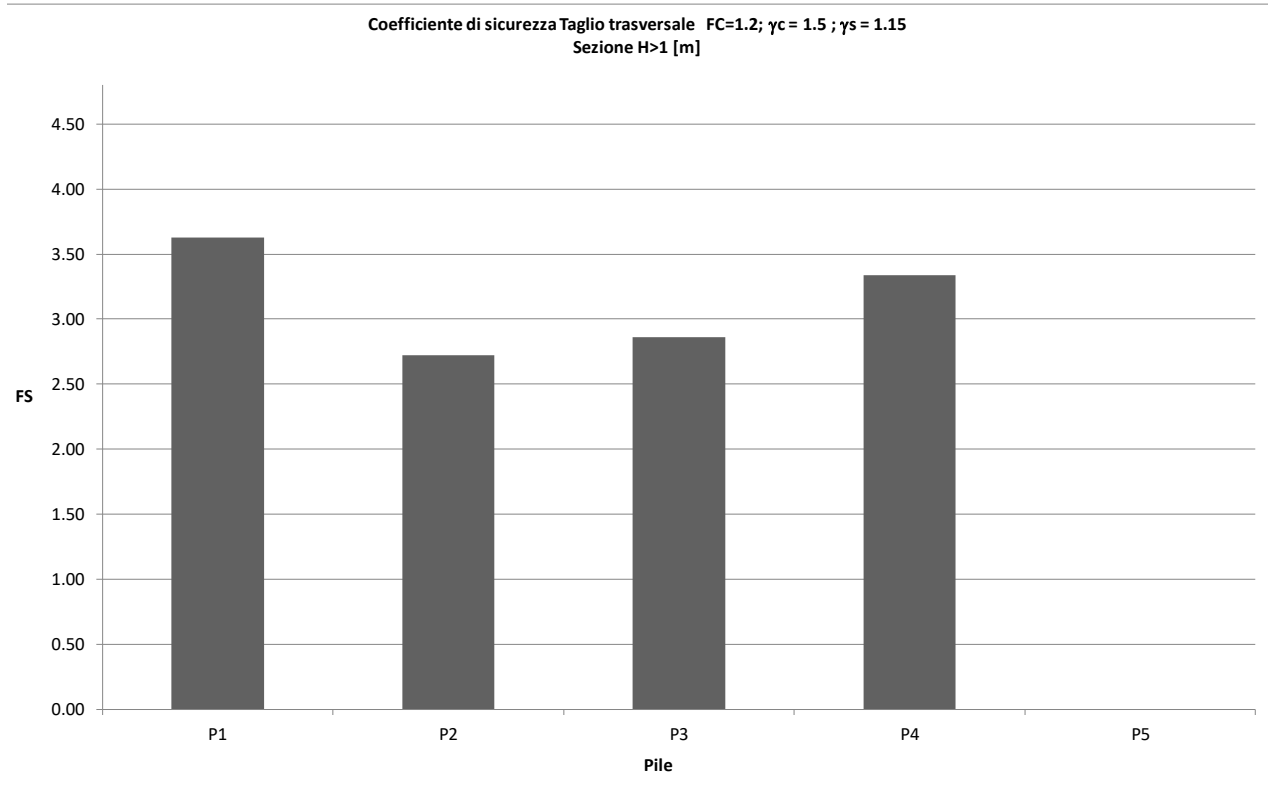


Figura 35– Verifica a taglio delle pile

### 13.4 Indice di rischio in resistenza delle pile

Si determina quindi l'indice di rischio in resistenza  $I_R$  delle pile relativamente al meccanismo della pressoflessione, ottenuto confrontando l'accelerazione di picco al suolo che porta alla rottura dell'elemento: PGA di capacità, con l'accelerazione di picco al suolo attesa nel sito: PGA di domanda:

$$I_R = \frac{PGA_c}{PGA_d}$$

Capacità	Domanda	$I_R$
PGA = 0.205 (g)	PGA = 0.25 (g)	0.82
Tr = 300 (anni)	Tr = 475 (anni)	

### 13.5 Verifica delle strutture di fondazione

Le verifiche delle fondazioni si distinguono in due tipologie a seconda del tipo di fondazione in esame: fondazioni superficiali e fondazioni su pali.

### 13.5.1 Verifica delle fondazioni su pali

Per i plinti fondati su pali si individuano, per ogni combinazione di carico SLV, le azioni di compressione e taglio derivanti dalle sovrastrutture, calcolate secondo lo schema di redistribuzione rigida delle azioni:

#### RIPARTIZIONE DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI DI FONDAZIONE

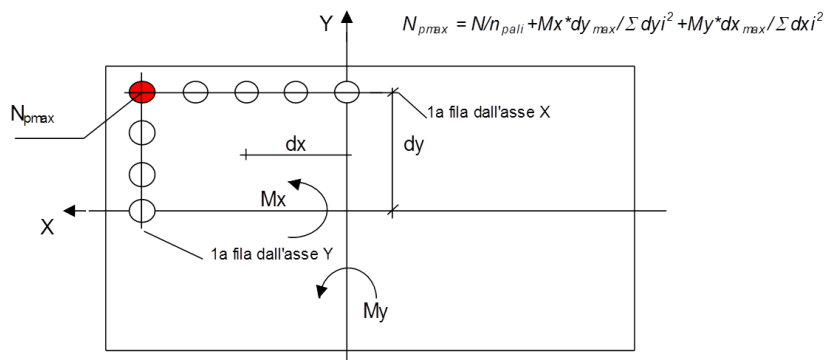


Figura 36– Metodo di calcolo delle azioni sulla palificata

Infine si effettua la verifica a pressoflessione del palo considerando le combinazioni delle azioni di verifica corrispondenti rispettivamente allo sforzo assiale massimo, minimo, taglio massimo. Il momento massimo agente sul palo viene valutato considerando la lunghezza elastica del palo

$$L_0 = (4E_p J / E_s)^{1/4} \text{ dove:}$$

- $E_p$  = Modulo elastico del palo
- $E_s$  = Modulo elastico del terreno
- $J$  = Momento di inerzia della sezione del palo

$$\text{Da cui: } M_{\max} = \frac{H L_0}{2}$$

Per il viadotto in esame viene determinato un coefficiente  $L_0 = 4.8$  [m]

-PILA 1

Load	Sollecitazioni pali [KN]		
	Nmax [KN]	Nmin [KN]	V ris [KN]
SLV_1	4317.09	346.78	521.18
SLV_2	4240.96	551.22	477.90
SLV_3	4317.09	346.78	521.18
SLV_4	4240.96	551.22	477.90
SLV_5	4452.67	764.65	477.75
SLV_6	4657.12	688.51	521.03
SLV_7	4452.67	764.65	477.75
SLV_8	4657.12	688.51	521.03
SLV_9	4083.63	773.95	340.60
SLV_10	4007.50	978.39	320.98
SLV_11	4083.63	773.95	340.60
SLV_12	4007.50	978.39	320.98
SLV_13	4025.50	998.11	320.92
SLV_14	4229.95	921.98	340.52
SLV_15	4025.50	998.11	320.92
SLV_16	4229.95	921.98	340.52
SLV_17	3409.25	1298.63	237.95
SLV_18	3155.48	1980.11	115.61
SLV_19	3409.25	1298.63	237.95
SLV_20	3155.48	1980.11	115.61
SLV_21	3023.79	1850.13	115.51
SLV_22	3705.27	1596.35	237.81
SLV_23	3023.79	1850.13	115.51
SLV_24	3705.27	1596.35	237.81

-PILA 2

Load	Sollecitazioni pali [KN]		
	Nmax [KN]	Nmin [KN]	V ris [KN]
SLV_1	4855.72	-202.84	549.42
SLV_2	4719.78	50.22	498.19
SLV_3	4855.72	-202.84	549.42
SLV_4	4719.78	50.22	498.19
SLV_5	5020.18	370.54	498.34
SLV_6	5273.23	234.60	549.58
SLV_7	5020.18	370.54	498.34
SLV_8	5273.23	234.60	549.58
SLV_9	4863.46	47.66	432.76
SLV_10	4727.52	300.71	413.74
SLV_11	4863.46	47.66	432.76
SLV_12	4727.52	300.71	413.74
SLV_13	4769.68	362.79	413.79
SLV_14	5022.73	226.85	432.82
SLV_15	4769.68	362.79	413.79
SLV_16	5022.73	226.85	432.82
SLV_17	3822.19	952.30	268.12
SLV_18	3369.06	1795.81	135.04
SLV_19	3822.19	952.30	268.12
SLV_20	3369.06	1795.81	135.04
SLV_21	3274.59	1721.25	135.11
SLV_22	4118.09	1268.12	268.26
SLV_23	3274.59	1721.25	135.11
SLV_24	4118.09	1268.12	268.26

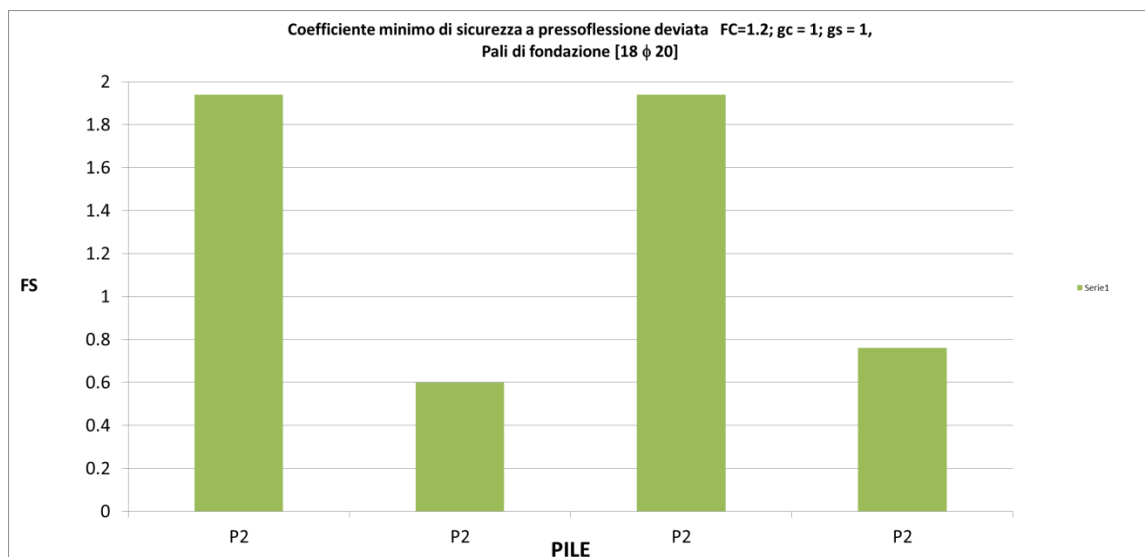
-PILA 3

Load	Sollecitazioni pali [KN]		
	Nmax [KN]	Nmin [KN]	V ris [KN]
SLV_1	4539.28	0.87	527.29
SLV_2	4432.78	221.90	481.46
SLV_3	4539.28	0.87	527.29
SLV_4	4432.78	221.90	481.46
SLV_5	4811.25	613.78	481.46
SLV_6	5032.28	507.29	527.29
SLV_7	4811.25	613.78	481.46
SLV_8	5032.28	507.29	527.29
SLV_9	4579.27	270.59	411.85
SLV_10	4472.78	491.61	394.65
SLV_11	4579.27	270.59	411.85
SLV_12	4472.77	491.61	394.65
SLV_13	4541.54	573.79	394.65
SLV_14	4762.56	467.29	411.85
SLV_15	4541.54	573.79	394.65
SLV_16	4762.56	467.29	411.85
SLV_17	3629.53	1086.71	252.28
SLV_18	3274.54	1823.46	131.96
SLV_19	3629.53	1086.71	252.28
SLV_20	3274.54	1823.46	131.96
SLV_21	3209.69	1772.02	131.96
SLV_22	3946.44	1417.03	252.28
SLV_23	3209.69	1772.02	131.96
SLV_24	3946.44	1417.03	252.28

-PILA 4

Load	Sollecitazioni pali [KN]		
	Nmax [KN]	Nmin [KN]	V ris [KN]
SLV_1	4363.00	180.58	516.21
SLV_2	4275.17	387.89	472.82
SLV_3	4363.00	180.58	516.21
SLV_4	4275.17	387.89	472.82
SLV_5	4630.20	748.71	473.92
SLV_6	4837.51	660.88	517.31
SLV_7	4630.20	748.71	473.92
SLV_8	4837.51	660.88	517.31
SLV_9	4257.20	578.75	362.30
SLV_10	4169.37	786.06	344.12
SLV_11	4257.20	578.75	362.30
SLV_12	4169.37	786.06	344.12
SLV_13	4232.03	854.51	344.53
SLV_14	4439.34	766.68	362.82
SLV_15	4232.03	854.51	344.53
SLV_16	4439.34	766.68	362.82
SLV_17	3481.61	1214.93	239.15
SLV_18	3188.85	1905.98	119.96
SLV_19	3481.61	1214.93	239.15
SLV_20	3188.85	1905.98	119.96
SLV_21	3112.11	1835.03	120.63
SLV_22	3803.16	1542.26	240.18
SLV_23	3112.11	1835.03	120.63
SLV_24	3803.16	1542.26	240.18

Si riportano quindi le verifiche per le condizioni più gravose:



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

### 13.5.2 Verifica a taglio dei pali di fondazione

Si esegue la verifica a taglio secondo quanto indicato nel § 4.1.2.3.5.2 delle NTC18:

Rbk	25	N/mm <sup>2</sup>	bw	1010.970	mm
fck	20.75	N/mm <sup>2</sup>	d	931.210	mm
fcd	11.53	N/mm <sup>2</sup>	A	941425.61	mm <sup>2</sup>
Fe38K	372	N/mm <sup>2</sup>	φ st	8	mm
fyd	269.57	N/mm <sup>2</sup>	s	100	mm
Fc	1.2		n bracci	2	
g c	1.5		Asw	100.53	mm <sup>2</sup>
g s	1.15		Vrsd	562.11	[KN]
α	90		Vrcd	1696.29	[KN]
θ	22.0010	Angolo theta			
	OK				
ctg a	6E-17				-1134.18
ctg q	2.474962486				

Vsd [KN]	N min [KN]	Vrd [KN]	Fs
549.58	234.60	562.11	1.02

### 13.5.3 Indice di rischio in resistenza dei pali

Si determina quindi l'indice di rischio in resistenza  $I_R$  dei pali relativamente al meccanismo della pressoflessione, ottenuto confrontando l'accelerazione di picco al suolo che porta alla rottura dell'elemento: PGA di capacità, con l'accelerazione di picco al suolo attesa nel sito: PGA di domanda:

$$I_R = \frac{PGA_c}{PGA_d}$$

Capacità	Domanda	$I_R$
PGA = 0.198(g)	PGA = 0.25 (g)	0.79
Tr = 280 (anni)	Tr = 475 (anni)	

### 13.6 Verifiche degli appoggi

Si riportano le reazioni massime sugli appoggi per il sisma di sito, con fattore  $q=1$ :

<b>N max (compressione)</b>	<b>Vy</b>	<b>Vz</b>
[KN]	[KN]	[KN]
<b>-2524.54</b>	<b>-574.5</b>	<b>-1439.07</b>
[t]	[t]	[t]
-252.454	-57.45	-143.907

<b>N min (trazione)</b>	<b>Vy</b>	<b>Vz</b>
[KN]	[KN]	[KN]
<b>307.17</b>	<b>564.43</b>	<b>1524.59</b>
[t]	[t]	[t]
30.717	56.443	152.459

<b>V max Y</b>
[KN]
<b>778.50</b>
[t]
77.85
<b>V min Y</b>
[KN]
<b>-778.50</b>

<b>N</b>
[KN]
<b>-1036.99</b>
[t]
-103.699
<b>N</b>
[KN]
<b>-1036.99</b>

<b>V max Z</b>
[KN]
<b>1732.73</b>
[t]
173.273
<b>V min Z</b>
[KN]
<b>-1647.21</b>

<b>N</b>
[KN]
<b>-298.52</b>
[t]
-29.852
<b>N</b>
[KN]
<b>-1918.84</b>

In cui:

<i>Vy</i>	<i>Taglio in direzione trasversale</i>
<i>Vz</i>	<i>Taglio in direzione longitudinale</i>
<i>N</i>	<i>Azione verticale</i>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>

La resistenza di progetto degli appoggi risulta:

<i>Resistenza di progetto appoggio fisso</i>			
Carico verticale massimo	<i>N</i>	2000	[KN]
Carico trasversale massimo	<i>Ht</i>	310	[KN]
Carico longitudinale massimo	<i>HI</i>	560	[KN]

Data la analogia di calcolo con il viadotto VI 11 “Mirogallo” in termini di categoria di sottosuolo, andamento planimetrico e altezza delle pile, si assume per il meccanismo di rottura a taglio degli appoggi il medesimo valore del coefficiente  $I_R$ :


$$I_R = 0.31$$

## 14 CONCLUSIONI

Come risultato dell’analisi di vulnerabilità del viadotto in oggetto, si riportano gli indici di rischio  $I_R$  per i meccanismi indagati, quindi l’indice di rischio dell’opera ( $I_R$  minimo) :

<i>Elemento</i>	<i>Meccanismo</i>	<i>PGA</i> <i>CAPACITÀ [g]</i>	<i>PGA</i> <i>DOMANDA [g]</i>	$I_R$
Pile	pressoflessione	0.205	0.25	0.82
Pali	pressoflessione	0.198	0.25	0.79
Appoggi	taglio	0.077	0.25	0.31
<i>OPERA</i>				<i>0.31</i>



	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0700001	REV. A	FOGLIO 40 di 62

## 15 ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO

Si riportano i tabulati di calcolo del software RC-SEC per le verifiche a pressoflessione delle pile e dei pali di fondazione

### NOME SEZIONE: P1

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C20/25  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 173.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd' : 86.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec : 286000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm : 20.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 86.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 99999.000 mm

ACCIAIO - Tipo: Fe38K (barre lisce)  
 Resist. caratt. snervam. fyk : 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk : 3750.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 2504.0 daN/cm<sup>2</sup>

### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

#### DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C20/25

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-240.00	-135.00
2	-250.00	-125.00
3	-250.00	-95.00
4	-219.00	-70.00
5	-219.00	70.00
6	-250.00	95.00



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	<b>IA5F</b>	<b>03</b>	<b>CL</b>	<b>VI0700001</b>	<b>A</b>	<b>41 di 62</b>

7	-250.00	125.00
8	-240.00	135.00
9	240.00	135.00
10	250.00	125.00
11	250.00	95.00
12	219.00	70.00
13	219.00	-70.00
14	250.00	-95.00
15	250.00	-125.00
16	240.00	-135.00

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Conglomerato: C20/25

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-144.00	-85.00
2	-179.00	-70.00
3	-179.00	70.00
4	-144.00	85.00
5	144.00	85.00
6	179.00	70.00
7	179.00	-70.00
8	144.00	-85.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	239.40	-90.00	16
2	245.00	-98.60	16
3	245.00	-110.00	16
4	245.00	-123.60	16
5	239.40	-130.00	16
6	214.00	-130.00	16
7	184.00	-130.00	16
8	155.60	-130.00	16
9	128.60	-130.00	16
10	101.60	-130.00	16
11	74.60	-130.00	16
12	47.60	-130.00	16
13	20.60	-130.00	16
14	5.40	-130.00	16
15	-21.60	-130.00	16
16	-48.60	-130.00	16
17	-75.60	-130.00	16
18	-102.60	-130.00	16
19	-129.60	-130.00	16
20	-156.60	-130.00	16
21	-184.00	-130.00	16
22	-214.00	-130.00	16
23	-239.40	-130.00	16
24	-245.00	-123.60	16
25	-245.00	-110.00	16
26	-245.00	-98.60	16
27	-239.40	-90.00	16



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>42 di 62</b>
-----------------------------	-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

28	-214.00	-90.00	16
29	-214.00	-73.70	16
30	-214.00	-50.70	16
31	-214.00	-27.80	16
32	-214.00	0.00	16
33	-214.00	27.80	16
34	-214.00	50.70	16
35	-214.00	73.70	16
36	-214.00	90.00	16
37	-239.40	90.00	16
38	-245.00	98.60	16
39	-245.00	110.00	16
40	-245.00	123.60	16
41	-239.40	130.00	16
42	-214.00	130.00	16
43	-184.00	130.00	16
44	-156.60	130.00	16
45	-129.60	130.00	16
46	-102.60	130.00	16
47	-75.60	130.00	16
48	-48.60	130.00	16
49	-21.60	130.00	16
50	5.40	130.00	16
51	20.60	130.00	16
52	47.60	130.00	16
53	74.60	130.00	16
54	101.60	130.00	16
55	128.60	130.00	16
56	155.60	130.00	16
57	184.00	130.00	16
58	214.00	130.00	16
59	239.40	130.00	16
60	245.00	123.60	16
61	245.00	110.00	16
62	245.00	98.60	16
63	239.40	90.00	16
64	214.00	90.00	16
65	214.00	73.70	16
66	214.00	50.70	16
67	214.00	27.80	16
68	214.00	0.00	16
69	214.00	-27.80	16
70	214.00	-50.70	16
71	214.00	-73.70	16
72	214.00	-90.00	16
73	184.00	-90.00	16
74	155.60	-90.00	16
75	128.60	-90.00	16
76	101.60	-90.00	16
77	74.60	-90.00	16
78	47.60	-90.00	16
79	20.60	-90.00	16
80	5.40	-90.00	16
81	-21.60	-90.00	16
82	-48.60	-90.00	16
83	-75.60	-90.00	16
84	-102.60	-90.00	16
85	-129.60	-90.00	16
86	-156.60	-90.00	16
87	-184.00	-90.00	16
88	-184.00	-73.70	16
89	-184.00	-50.70	16



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	<b>IA5F</b>	<b>03</b>	<b>CL</b>	<b>VI0700001</b>	<b>A</b>	<b>43 di 62</b>

90	-184.00	-27.80	16
91	-184.00	0.00	16
92	-184.00	27.80	16
93	-184.00	50.70	16
94	-184.00	73.70	16
95	-184.00	90.00	16
96	-156.60	90.00	16
97	-129.60	90.00	16
98	-102.60	90.00	16
99	-75.60	90.00	16
100	-48.60	90.00	16
101	-21.60	90.00	16
102	5.40	90.00	16
103	20.60	90.00	16
104	47.60	90.00	16
105	74.60	90.00	16
106	101.60	90.00	16
107	128.60	90.00	16
108	155.60	90.00	16
109	184.00	90.00	16
110	184.00	73.70	16
111	184.00	50.70	16
112	184.00	27.80	16
113	184.00	0.00	16
114	184.00	-27.80	16
115	184.00	-50.70	16
116	184.00	-73.70	16

**ST.LIM. ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	758608	1716718	377319	10	0
2	797101	1572253	377319	10	0
3	758608	1716718	-377319	10	0
4	797101	1572253	-377319	10	0
5	924642	-1571205	377319	10	0
6	963135	-1715670	377319	10	0
7	924642	-1571205	-377319	10	0
8	963135	-1715670	-377319	10	0
9	816720	592545	1257730	10	0
10	855213	448080	1257730	10	0
11	816720	592545	-1257730	10	0
12	855213	448080	-1257730	10	0
13	866530	-447032	1257730	10	0
14	905023	-591497	1257730	10	0
15	866530	-447032	-1257730	10	0
16	905023	-591497	-1257730	10	0
17	771811	761088	377319	10	0
18	900121	279537	377319	10	0
19	771811	761088	-377319	10	0
20	900121	279537	-377319	10	0
21	821622	-278489	377319	10	0
22	949932	-760040	377319	10	0
23	821622	-278489	-377319	10	0



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	CL	VI0700001	A	44 di 62

24 949932 -760040 -377319 10 0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	0	85

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	758608	1716718	377319	758618	1896777	413621	1.104
2	S	797101	1572253	377319	797103	1941452	463004	1.234
3	S	758608	1716718	-377319	758601	1896764	-413258	1.104
4	S	797101	1572253	-377319	797094	1941016	-475870	1.236
5	S	924642	-1571205	377319	924615	-2091480	500055	1.331
6	S	963135	-1715670	377319	963123	-2137761	471673	1.246
7	S	924642	-1571205	-377319	924669	-2091552	-499660	1.331
8	S	963135	-1715670	-377319	963133	-2137784	-471223	1.246
9	S	816720	592545	1257730	816749	1435567	3024040	2.408
10	S	855213	448080	1257730	855200	1165770	3236971	2.577
11	S	816720	592545	-1257730	816720	1435981	-3023690	2.408
12	S	855213	448080	-1257730	855209	1166520	-3236451	2.577
13	S	866530	-447032	1257730	866538	-1166939	3259021	2.593
14	S	905023	-591497	1257730	905046	-1488015	3173685	2.522
15	S	866530	-447032	-1257730	866512	-1167685	-3258437	2.593
16	S	905023	-591497	-1257730	905038	-1488454	-3173442	2.522
17	S	771811	761088	377319	771809	1890792	926845	2.479
18	S	900121	279537	377319	900136	1855921	2524150	6.672
19	S	771811	761088	-377319	771840	1890861	-926120	2.479
20	S	900121	279537	-377319	900149	1855962	-2524419	6.672
21	S	821622	-278489	377319	821617	-1784540	2398532	6.375
22	S	949932	-760040	377319	949913	-2094176	1041116	2.756
23	S	821622	-278489	-377319	821620	-1784573	-2398812	6.375
24	S	949932	-760040	-377319	949950	-2094254	-1040359	2.756

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace





**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	CL	VI0700001	A	46 di 62

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003093	0.000145659	-0.016906375		
2	0.000003293	0.000138066	-0.015929271		
3	-0.000003092	0.000145680	-0.016909005		
4	-0.000003351	0.000137009	-0.015800374		
5	0.000003268	-0.000126415	-0.014350200		
6	0.000003077	-0.000125938	-0.014240151		
7	-0.000003266	-0.000126429	-0.014351781		
8	-0.000003076	-0.000125955	-0.014242257		
9	0.000023626	0.000018946	-0.004774815		
10	0.000029119	0.000013031	-0.005408477		
11	-0.000023635	0.000018953	-0.004777803		
12	-0.000029126	0.000013034	-0.005410687		
13	0.000029039	-0.000012969	-0.005380927		
14	0.000022836	-0.000018287	-0.004494932		
15	-0.000029047	-0.000012973	-0.005383267		
16	-0.000022844	-0.000018293	-0.004497531		
17	0.000005224	0.000108923	-0.012458465		
18	0.000011626	0.000046308	-0.005541818		
19	-0.000005223	0.000108946	-0.012461357		
20	-0.000011624	0.000046306	-0.005541038		
21	0.000011523	-0.000049631	-0.005965585		
22	0.000005182	-0.000096964	-0.010833674		
23	-0.000011521	-0.000049628	-0.005964805		
24	-0.000005180	-0.000096987	-0.010836567		

**NOME SEZIONE: P3**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertza
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C20/25
Resis. compr. di calcolo fcd :	173.00 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	86.50 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	286000 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	20.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
Sc Limite :	86.50 daN/cm <sup>2</sup>



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	CL	VI0700001	A	47 di 62

Apert.Fess.Limite : 99999.000 mm

ACCIAIO - Tipo: Fe38K (barre lisce)

Resist. caratt. snervam. fyk:	3130.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	3750.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3130.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	3130.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	2504.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C20/25

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-240.00	-135.00
2	-250.00	-125.00
3	-250.00	-95.00
4	-219.00	-70.00
5	-219.00	70.00
6	-250.00	95.00
7	-250.00	125.00
8	-240.00	135.00
9	240.00	135.00
10	250.00	125.00
11	250.00	95.00
12	219.00	70.00
13	219.00	-70.00
14	250.00	-95.00
15	250.00	-125.00
16	240.00	-135.00

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
Classe Conglomerato: C20/25

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-144.00	-85.00
2	-179.00	-70.00
3	-179.00	70.00
4	-144.00	85.00
5	144.00	85.00
6	179.00	70.00
7	179.00	-70.00
8	144.00	-85.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
---------	---------------	----------------	-----------





**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

*Relazione di calcolo*

COMMESSA  
**IA5F**

LOTTO  
**03**

CODIFICA  
**CL**

DOCUMENTO  
**VI0700001**

REV.  
**A**

FOGLIO  
**48 di 62**

1	239.40	-90.00	16
2	245.00	-98.60	16
3	245.00	-110.00	16
4	245.00	-123.60	16
5	239.40	-130.00	16
6	214.00	-130.00	16
7	184.00	-130.00	16
8	155.60	-130.00	16
9	128.60	-130.00	16
10	101.60	-130.00	16
11	74.60	-130.00	16
12	47.60	-130.00	16
13	20.60	-130.00	16
14	5.40	-130.00	16
15	-21.60	-130.00	16
16	-48.60	-130.00	16
17	-75.60	-130.00	16
18	-102.60	-130.00	16
19	-129.60	-130.00	16
20	-156.60	-130.00	16
21	-184.00	-130.00	16
22	-214.00	-130.00	16
23	-239.40	-130.00	16
24	-245.00	-123.60	16
25	-245.00	-110.00	16
26	-245.00	-98.60	16
27	-239.40	-90.00	16
28	-214.00	-90.00	16
29	-214.00	-73.70	16
30	-214.00	-50.70	16
31	-214.00	-27.80	16
32	-214.00	0.00	16
33	-214.00	27.80	16
34	-214.00	50.70	16
35	-214.00	73.70	16
36	-214.00	90.00	16
37	-239.40	90.00	16
38	-245.00	98.60	16
39	-245.00	110.00	16
40	-245.00	123.60	16
41	-239.40	130.00	16
42	-214.00	130.00	16
43	-184.00	130.00	16
44	-156.60	130.00	16
45	-129.60	130.00	16
46	-102.60	130.00	16
47	-75.60	130.00	16
48	-48.60	130.00	16
49	-21.60	130.00	16
50	5.40	130.00	16
51	20.60	130.00	16
52	47.60	130.00	16
53	74.60	130.00	16
54	101.60	130.00	16
55	128.60	130.00	16
56	155.60	130.00	16
57	184.00	130.00	16
58	214.00	130.00	16
59	239.40	130.00	16
60	245.00	123.60	16
61	245.00	110.00	16



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>49 di 62</b>
-----------------------------	-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

62	245.00	98.60	16
63	239.40	90.00	16
64	214.00	90.00	16
65	214.00	73.70	16
66	214.00	50.70	16
67	214.00	27.80	16
68	214.00	0.00	16
69	214.00	-27.80	16
70	214.00	-50.70	16
71	214.00	-73.70	16
72	214.00	-90.00	16
73	184.00	-90.00	16
74	155.60	-90.00	16
75	128.60	-90.00	16
76	101.60	-90.00	16
77	74.60	-90.00	16
78	47.60	-90.00	16
79	20.60	-90.00	16
80	5.40	-90.00	16
81	-21.60	-90.00	16
82	-48.60	-90.00	16
83	-75.60	-90.00	16
84	-102.60	-90.00	16
85	-129.60	-90.00	16
86	-156.60	-90.00	16
87	-184.00	-90.00	16
88	-184.00	-73.70	16
89	-184.00	-50.70	16
90	-184.00	-27.80	16
91	-184.00	0.00	16
92	-184.00	27.80	16
93	-184.00	50.70	16
94	-184.00	73.70	16
95	-184.00	90.00	16
96	-156.60	90.00	16
97	-129.60	90.00	16
98	-102.60	90.00	16
99	-75.60	90.00	16
100	-48.60	90.00	16
101	-21.60	90.00	16
102	5.40	90.00	16
103	20.60	90.00	16
104	47.60	90.00	16
105	74.60	90.00	16
106	101.60	90.00	16
107	128.60	90.00	16
108	155.60	90.00	16
109	184.00	90.00	16
110	184.00	73.70	16
111	184.00	50.70	16
112	184.00	27.80	16
113	184.00	0.00	16
114	184.00	-27.80	16
115	184.00	-50.70	16
116	184.00	-73.70	16

**ST.LIM. ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia

Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	721490	1940622	549439	10	0
2	755848	1765499	549439	10	0
3	721490	1940622	-549439	10	0
4	755848	1765499	-549439	10	0
5	986957	-1755439	549439	10	0
6	1021316	-1930562	549439	10	0
7	986957	-1755439	-549439	10	0
8	1021316	-1930562	-549439	10	0
9	814404	673601	1831464	10	0
10	848762	498478	1831464	10	0
11	814404	673600	-1831463	10	0
12	848762	498478	-1831463	10	0
13	894044	-488418	1831464	10	0
14	928402	-663541	1831463	10	0
15	894044	-488418	-1831464	10	0
16	928402	-663541	-1831464	10	0
17	774319	877910	549439	10	0
18	888846	294168	549439	10	0
19	774319	877910	-549439	10	0
20	888846	294168	-549439	10	0
21	853959	-284108	549439	10	0
22	968487	-867850	549439	10	0
23	853959	-284108	-549439	10	0
24	968487	-867850	-549439	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	0	85

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
---------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>51 di 62</b>
-----------------------------	-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

1	N	721490	1940622	549439	721479	1848582	524457	0.953
2	S	755848	1765499	549439	755842	1887149	597555	1.071
3	N	721490	1940622	-549439	721499	1848617	-524047	0.953
4	S	755848	1765499	-549439	755852	1887175	-597101	1.071
5	S	986957	-1755439	549439	986983	-2158072	671825	1.229
6	S	1021316	-1930562	549439	1021317	-2200550	617304	1.139
7	S	986957	-1755439	-549439	986964	-2158067	-671331	1.229
8	S	1021316	-1930562	-549439	1021322	-2200567	-616902	1.139
9	S	814404	673601	1831464	814402	1173670	3152430	1.724
10	S	848762	498478	1831464	848738	905553	3313705	1.810
11	S	814404	673600	-1831463	814417	1174378	-3151927	1.724
12	S	848762	498478	-1831463	848786	906290	-3313279	1.810
13	S	894044	-488418	1831464	894053	-894982	3406811	1.858
14	S	928402	-663541	1831463	928392	-1229102	3355991	1.835
15	S	894044	-488418	-1831464	894032	-895722	-3406258	1.858
16	S	928402	-663541	-1831464	928391	-1229805	-3355546	1.835
17	S	774319	877910	549439	774322	1877886	1176179	2.140
18	S	888846	294168	549439	888862	1624560	3018529	5.500
19	S	774319	877910	-549439	774304	1877872	-1175572	2.139
20	S	888846	294168	-549439	888839	1624363	-3019589	5.502
21	S	853959	-284108	549439	853960	-1544910	3021399	5.486
22	S	968487	-867850	549439	968473	-2096344	1313874	2.409
23	S	853959	-284108	-549439	853951	-1545211	-3021206	5.486
24	S	968487	-867850	-549439	968468	-2096354	-1313302	2.408

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01333	240.0	135.0	0.00280	239.4	130.0	-0.03508	-239.4	-
2	0.00350	-0.01244	240.0	135.0	0.00284	239.4	130.0	-0.03304	-239.4	-
3	0.00350	-0.01334	-240.0	135.0	0.00280	-239.4	130.0	-0.03509	239.4	-
4	0.00350	-0.01244	-240.0	135.0	0.00284	-239.4	130.0	-0.03304	239.4	-
5	0.00350	-0.01030	240.0	-135.0	0.00294	239.4	-130.0	-0.02813	-239.4	-
6	0.00350	-0.01039	240.0	-135.0	0.00293	239.4	-130.0	-0.02834	-239.4	-
7	0.00350	-0.01030	-240.0	-135.0	0.00294	-239.4	-130.0	-0.02814	239.4	-
8	0.00350	-0.01039	-240.0	-135.0	0.00293	-239.4	-130.0	-0.02834	239.4	-
9	0.00350	-0.00419	250.0	125.0	0.00334	245.0	123.6	-0.01428	-245.0	-
10	0.00350	-0.00489	250.0	125.0	0.00332	245.0	123.6	-0.01590	-245.0	-



Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0700001	REV. A	FOGLIO 52 di 62
----------------------	------------------	-------------	----------------	------------------------	-----------	--------------------

11	0.00350	-0.00419	-250.0	125.0	0.00334	-245.0	123.6	-0.01428	245.0	-
123.6										
12	0.00350	-0.00489	-250.0	125.0	0.00332	-245.0	123.6	-0.01590	245.0	-
123.6										
13	0.00350	-0.00482	250.0	-125.0	0.00332	245.0	-123.6	-0.01574	-245.0	
123.6										
14	0.00350	-0.00385	250.0	-125.0	0.00334	245.0	-123.6	-0.01348	-245.0	
123.6										
15	0.00350	-0.00482	-250.0	-125.0	0.00332	-245.0	-123.6	-0.01574	245.0	
123.6										
16	0.00350	-0.00385	-250.0	-125.0	0.00334	-245.0	-123.6	-0.01349	245.0	
123.6										
17	0.00350	-0.00896	240.0	135.0	0.00301	239.4	130.0	-0.02509	-239.4	-
130.0										
18	0.00350	-0.00326	240.0	135.0	0.00337	239.4	130.0	-0.01214	-239.4	-
130.0										
19	0.00350	-0.00896	-240.0	135.0	0.00301	-239.4	130.0	-0.02509	239.4	-
130.0										
20	0.00350	-0.00326	-240.0	135.0	0.00337	-239.4	130.0	-0.01214	239.4	-
130.0										
21	0.00350	-0.00340	240.0	-135.0	0.00338	239.4	-130.0	-0.01248	-239.4	
130.0										
22	0.00350	-0.00771	240.0	-135.0	0.00306	239.4	-130.0	-0.02222	-239.4	
130.0										
23	0.00350	-0.00340	-240.0	-135.0	0.00338	-239.4	-130.0	-0.01248	239.4	
130.0										
24	0.00350	-0.00771	-240.0	-135.0	0.00306	-239.4	-130.0	-0.02223	239.4	
130.0										

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

- a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.
- b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.
- c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.
- x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
- C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003721	0.000138868	-0.016140235		
2	0.000003987	0.000130665	-0.015096717		
3	-0.000003720	0.000138885	-0.016142339		
4	-0.000003986	0.000130682	-0.015098821		
5	0.000003887	-0.000112338	-0.012598448		
6	0.000003618	-0.000113605	-0.012705065		
7	-0.000003886	-0.000112355	-0.012600552		
8	-0.000003617	-0.000113618	-0.012706645		
9	0.000029178	0.000013416	-0.005471391		
10	0.000033834	0.000010652	-0.006290095		
11	-0.000029185	0.000013420	-0.005473731		
12	-0.000033841	0.000010654	-0.006291915		
13	0.000033639	-0.000010401	-0.006209814		
14	0.000027671	-0.000013222	-0.005070541		
15	-0.000033645	-0.000010404	-0.006211764		
16	-0.000027678	-0.000013226	-0.005072621		
17	0.000006039	0.000096949	-0.011037482		
18	0.000019479	0.000023769	-0.004383806		
19	-0.000006038	0.000096964	-0.011039322		
20	-0.000019479	0.000023769	-0.004383677		
21	0.000021371	-0.000021628	-0.004548711		
22	0.000005935	-0.000086338	-0.009580009		
23	-0.000021377	-0.000021635	-0.004551308		

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	CL	VI0700001	A	53 di 62

24 -0.000005935 -0.000086358 -0.009582636

**NOME SEZIONE: P4**

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CONGLOMERATO - Classe: C20/25**

Resis. compr. di calcolo fcd : 173.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 86.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec : 286000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 20.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 86.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 99999.000 mm

**ACCIAIO - Tipo: Fe38K (barre lisce)**

Resist. caratt. snervam. fyk: 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 3750.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 2504.0 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C20/25

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-240.00	-135.00
2	-250.00	-125.00
3	-250.00	-95.00
4	-219.00	-70.00
5	-219.00	70.00
6	-250.00	95.00
7	-250.00	125.00
8	-240.00	135.00
9	240.00	135.00
10	250.00	125.00



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	<b>IA5F</b>	<b>03</b>	<b>CL</b>	<b>VI0700001</b>	<b>A</b>	<b>54 di 62</b>

11	250.00	95.00
12	219.00	70.00
13	219.00	-70.00
14	250.00	-95.00
15	250.00	-125.00
16	240.00	-135.00

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto

Classe Conglomerato: C20/25

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-144.00	-85.00
2	-179.00	-70.00
3	-179.00	70.00
4	-144.00	85.00
5	144.00	85.00
6	179.00	70.00
7	179.00	-70.00
8	144.00	-85.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	239.40	-90.00	16
2	245.00	-98.60	16
3	245.00	-110.00	16
4	245.00	-123.60	16
5	239.40	-130.00	16
6	214.00	-130.00	16
7	184.00	-130.00	16
8	155.60	-130.00	16
9	128.60	-130.00	16
10	101.60	-130.00	16
11	74.60	-130.00	16
12	47.60	-130.00	16
13	20.60	-130.00	16
14	5.40	-130.00	16
15	-21.60	-130.00	16
16	-48.60	-130.00	16
17	-75.60	-130.00	16
18	-102.60	-130.00	16
19	-129.60	-130.00	16
20	-156.60	-130.00	16
21	-184.00	-130.00	16
22	-214.00	-130.00	16
23	-239.40	-130.00	16
24	-245.00	-123.60	16
25	-245.00	-110.00	16
26	-245.00	-98.60	16
27	-239.40	-90.00	16
28	-214.00	-90.00	16
29	-214.00	-73.70	16
30	-214.00	-50.70	16
31	-214.00	-27.80	16



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>55 di 62</b>
-----------------------------	-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

32	-214.00	0.00	16
33	-214.00	27.80	16
34	-214.00	50.70	16
35	-214.00	73.70	16
36	-214.00	90.00	16
37	-239.40	90.00	16
38	-245.00	98.60	16
39	-245.00	110.00	16
40	-245.00	123.60	16
41	-239.40	130.00	16
42	-214.00	130.00	16
43	-184.00	130.00	16
44	-156.60	130.00	16
45	-129.60	130.00	16
46	-102.60	130.00	16
47	-75.60	130.00	16
48	-48.60	130.00	16
49	-21.60	130.00	16
50	5.40	130.00	16
51	20.60	130.00	16
52	47.60	130.00	16
53	74.60	130.00	16
54	101.60	130.00	16
55	128.60	130.00	16
56	155.60	130.00	16
57	184.00	130.00	16
58	214.00	130.00	16
59	239.40	130.00	16
60	245.00	123.60	16
61	245.00	110.00	16
62	245.00	98.60	16
63	239.40	90.00	16
64	214.00	90.00	16
65	214.00	73.70	16
66	214.00	50.70	16
67	214.00	27.80	16
68	214.00	0.00	16
69	214.00	-27.80	16
70	214.00	-50.70	16
71	214.00	-73.70	16
72	214.00	-90.00	16
73	184.00	-90.00	16
74	155.60	-90.00	16
75	128.60	-90.00	16
76	101.60	-90.00	16
77	74.60	-90.00	16
78	47.60	-90.00	16
79	20.60	-90.00	16
80	5.40	-90.00	16
81	-21.60	-90.00	16
82	-48.60	-90.00	16
83	-75.60	-90.00	16
84	-102.60	-90.00	16
85	-129.60	-90.00	16
86	-156.60	-90.00	16
87	-184.00	-90.00	16
88	-184.00	-73.70	16
89	-184.00	-50.70	16
90	-184.00	-27.80	16
91	-184.00	0.00	16
92	-184.00	27.80	16
93	-184.00	50.70	16



<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>56 di 62</b>
-----------------------------	-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

94	-184.00	73.70	16
95	-184.00	90.00	16
96	-156.60	90.00	16
97	-129.60	90.00	16
98	-102.60	90.00	16
99	-75.60	90.00	16
100	-48.60	90.00	16
101	-21.60	90.00	16
102	5.40	90.00	16
103	20.60	90.00	16
104	47.60	90.00	16
105	74.60	90.00	16
106	101.60	90.00	16
107	128.60	90.00	16
108	155.60	90.00	16
109	184.00	90.00	16
110	184.00	73.70	16
111	184.00	50.70	16
112	184.00	27.80	16
113	184.00	0.00	16
114	184.00	-27.80	16
115	184.00	-50.70	16
116	184.00	-73.70	16

**ST.LIM. ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	722520	1811667	442410	10	0
2	758365	1656679	442410	10	0
3	722520	1811667	-442410	10	0
4	758365	1656679	-442410	10	0
5	973117	-1650653	442410	10	0
6	1008963	-1805641	442410	10	0
7	973117	-1650653	-442410	10	0
8	1008963	-1805641	-442410	10	0
9	810229	626455	1474701	10	0
10	846074	471467	1474701	10	0
11	810229	626455	-1474701	10	0
12	846074	471467	-1474701	10	0
13	885408	-465441	1474701	10	0
14	921254	-620429	1474701	10	0
15	885408	-465441	-1474701	10	0
16	921254	-620429	-1474701	10	0
17	768409	807274	442410	10	0
18	887894	290648	442410	10	0
19	768409	807274	-442410	10	0
20	887894	290648	-442410	10	0
21	843589	-284622	442410	10	0
22	963073	-801248	442410	10	0
23	843589	-284622	-442410	10	0
24	963073	-801248	-442410	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	CL	VI0700001	A	57 di 62

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inertza con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inertza con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	0	85

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inertza  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inertza  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inertza  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inertza  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	722520	1811667	442410	722514	1851982	459689	1.023
2	S	758365	1656679	442410	758391	1893659	505999	1.143
3	S	722520	1811667	-442410	722538	1852018	-459325	1.023
4	S	758365	1656679	-442410	758374	1893646	-505612	1.143
5	S	973117	-1650653	442410	973116	-2145601	580616	1.301
6	S	1008963	-1805641	442410	1008940	-2189122	540695	1.213
7	S	973117	-1650653	-442410	973121	-2145617	-580193	1.301
8	S	1008963	-1805641	-442410	1008978	-2189173	-540314	1.213
9	S	810229	626455	1474701	810231	1310622	3082934	2.091
10	S	846074	471467	1474701	846100	1057231	3259303	2.213
11	S	810229	626455	-1474701	810215	1311084	-3082596	2.091
12	S	846074	471467	-1474701	846097	1057956	-3258777	2.213
13	S	885408	-465441	1474701	885402	-1054115	3338390	2.264
14	S	921254	-620429	1474701	921243	-1381488	3270269	2.219
15	S	885408	-465441	-1474701	885413	-1054860	-3337903	2.264
16	S	921254	-620429	-1474701	921273	-1382090	-3269894	2.219
17	S	768409	807274	442410	768415	1880952	1024929	2.327
18	S	887894	290648	442410	887869	1779861	2728585	6.154
19	S	768409	807274	-442410	768416	1880990	-1024203	2.327
20	S	887894	290648	-442410	887869	1779827	-2729146	6.155
21	S	843589	-284622	442410	843567	-1731299	2688690	6.079
22	S	963073	-801248	442410	963090	-2100857	1168728	2.627
23	S	843589	-284622	-442410	843565	-1731208	-2688956	6.079
24	S	963073	-801248	-442410	963068	-2100855	-1168076	2.626

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	<b>IA5F</b>	<b>03</b>	<b>CL</b>	<b>VI0700001</b>	<b>A</b>	<b>58 di 62</b>

Yf min            Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 ef max            Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xf max            Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yf max            Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01391	240.0	135.0	0.00278	239.4	130.0	-0.03641	-239.4	-130.0
2	0.00350	-0.01314	240.0	135.0	0.00281	239.4	130.0	-0.03464	-239.4	-130.0
3	0.00350	-0.01392	-240.0	135.0	0.00278	-239.4	130.0	-0.03641	239.4	-130.0
4	0.00350	-0.01314	-240.0	135.0	0.00281	-239.4	130.0	-0.03464	239.4	-130.0
5	0.00350	-0.01092	240.0	-135.0	0.00291	239.4	-130.0	-0.02955	-239.4	130.0
6	0.00350	-0.01092	240.0	-135.0	0.00290	239.4	-130.0	-0.02954	-239.4	130.0
7	0.00350	-0.01092	-240.0	-135.0	0.00291	-239.4	-130.0	-0.02955	239.4	-130.0
8	0.00350	-0.01092	-240.0	-135.0	0.00290	-239.4	-130.0	-0.02955	239.4	-130.0
9	0.00350	-0.00385	250.0	125.0	0.00335	245.0	123.6	-0.01349	-245.0	-123.6
10	0.00350	-0.00445	250.0	125.0	0.00333	245.0	123.6	-0.01488	-245.0	-123.6
11	0.00350	-0.00385	-250.0	125.0	0.00335	-245.0	123.6	-0.01349	245.0	-123.6
12	0.00350	-0.00445	-250.0	125.0	0.00333	-245.0	123.6	-0.01488	245.0	-123.6
13	0.00350	-0.00438	250.0	-125.0	0.00333	245.0	-123.6	-0.01471	-245.0	123.6
14	0.00350	-0.00351	250.0	-125.0	0.00335	245.0	-123.6	-0.01271	-245.0	123.6
15	0.00350	-0.00438	-250.0	-125.0	0.00333	-245.0	-123.6	-0.01472	245.0	123.6
16	0.00350	-0.00351	-250.0	-125.0	0.00335	-245.0	-123.6	-0.01272	245.0	123.6
17	0.00350	-0.00968	240.0	135.0	0.00298	239.4	130.0	-0.02674	-239.4	-130.0
18	0.00350	-0.00370	240.0	135.0	0.00331	239.4	130.0	-0.01310	-239.4	-130.0
19	0.00350	-0.00969	-240.0	135.0	0.00298	-239.4	130.0	-0.02675	239.4	-130.0
20	0.00350	-0.00370	-240.0	135.0	0.00331	-239.4	130.0	-0.01310	239.4	-130.0
21	0.00350	-0.00379	240.0	-135.0	0.00331	239.4	-130.0	-0.01331	-239.4	130.0
22	0.00350	-0.00824	240.0	-135.0	0.00304	239.4	-130.0	-0.02344	-239.4	130.0
23	0.00350	-0.00379	-240.0	-135.0	0.00331	-239.4	-130.0	-0.01331	239.4	-130.0
24	0.00350	-0.00825	-240.0	-135.0	0.00304	-239.4	-130.0	-0.02345	239.4	-130.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a            Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 b            Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	CL	VI0700001	A	59 di 62

c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003400	0.000144451	-0.016816902		
2	0.000003569	0.000137463	-0.015913979		
3	-0.000003399	0.000144468	-0.016819006		
4	-0.000003568	0.000137484	-0.015916609		
5	0.000003542	-0.000118301	-0.013320843		
6	0.000003322	-0.000118687	-0.013320143		
7	-0.000003541	-0.000118317	-0.013322686		
8	-0.000003321	-0.000118701	-0.013321723		
9	0.000026388	0.000015787	-0.005070390		
10	0.000031095	0.000012001	-0.005774006		
11	-0.000026396	0.000015792	-0.005072860		
12	-0.000031102	0.000012004	-0.005776086		
13	0.000030876	-0.000011785	-0.005692148		
14	0.000024971	-0.000015493	-0.004679363		
15	-0.000030883	-0.000011788	-0.005694098		
16	-0.000024979	-0.000015498	-0.004681962		
17	0.000005563	0.000104051	-0.011882128		
18	0.000014056	0.000037204	-0.004895920		
19	-0.000005562	0.000104072	-0.011884757		
20	-0.000014054	0.000037202	-0.004895401		
21	0.000014475	-0.000037232	-0.005000373		
22	0.000005530	-0.000091658	-0.010201157		
23	-0.000014476	-0.000037235	-0.005000896		
24	-0.000005530	-0.000091681	-0.010204048		

**NOME SEZIONE: Palo\_18 fi 20**

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertza  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
Posizione sezione nell'asta: In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C20/25  
Resis. compr. di calcolo fcd : 173.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Resis. compr. ridotta fcd' : 86.50 daN/cm<sup>2</sup>  
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
Modulo Elastico Normale Ec : 286000 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. di Poisson : 0.20  
Resis. media a trazione fctm : 20.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
Sc Limite : 86.50 daN/cm<sup>2</sup>  
Apert.Fess.Limite : 99999.000 mm

ACCIAIO - Tipo: Fe38K (barre lisce)  
Resist. caratt. snervam. fyk : 3130.0 daN/cm<sup>2</sup>



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo

COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>03</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0700001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>60 di 62</b>
-------------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

Resist. caratt. rottura ftk:	3750.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3130.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	3130.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta 1 * \beta 2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta 1 * \beta 2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	2504.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C20/25

Raggio circonferenza: 60.00 cm  
Ascissa X centro circ.: 0.00 cm  
Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.  
Ycentro Ordinata del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.  
Raggio Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.  
N.Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonfer.  
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	Xcentro, cm	Ycentro, cm	Raggio, cm	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	0.00	0.00	52.00	18	20

**ST.LIM. ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	527323	131899	0	10	0
2	-20284	131862	0	10	0
3	527323	131899	0	10	0
4	23460	131899	0	10	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	0	85

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.1 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inertzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inertzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inertzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inertzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	527323	131899	0	527314	256805	0	1.947
2	N	-20284	131862	0	-20268	80696	0	0.612
3	S	527323	131899	0	527314	256805	0	1.947
4	N	23460	131899	0	23464	100496	0	0.762

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00023	0.0	0.0	0.00292	0.0	52.0	-0.00463	0.0	-
2	0.00350	-0.00866	0.0	60.0	0.00161	0.0	52.0	-0.02299	0.0	-
3	0.00350	-0.00023	0.0	60.0	0.00292	0.0	52.0	-0.00463	0.0	-
4	0.00350	-0.00675	0.0	60.0	0.00191	0.0	52.0	-0.01881	0.0	-

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000072566	-0.000853939		
2	0.000000000	0.000236537	-0.010692208		
3	0.000000000	0.000072566	-0.000853939		
4	0.000000000	0.000199219	-0.008453142		