

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

# POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE

## IDRAULICA DI SEDE - GENERALE

### Relazione di calcolo tombini ferroviari 4x2

SCALA:

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

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L R I 0 0 0 3 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRA	Novembre 2018	F. Coppini/A. Maran 	Novembre 2018	S. Borelli 	Novembre 2018	F. Sacchi Novembre 2018 	Novembre 2018

ITALFERR - UD INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Sacchi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova  
n. 23172 Sez. A

File: NM0Z10D26CLRI0003001A

n. Elab.:

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>2 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	2 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	2 di 89								

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>12</b>
	7.1 PESO PROPRIO .....	12
	7.2 PERMANENTI PORTATI.....	12
	7.3 SPINTA DEL TERRENO .....	13
	7.4 CARICHI MOBILI .....	13
	7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico.....	13
	7.4.2 Disposizione dei convogli.....	14
	7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI.....	16
	7.6 SERPEGGIO.....	17
	7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA .....	17
	7.8 VARIAZIONI TERMICHE.....	17
	7.9 AZIONI SISMICHE .....	17
	7.10RITIRO .....	19
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE .....</b>	<b>24</b>
	9.1 CRITERI DI VERIFICA .....	24
	9.2 VERIFICA SEZIONE 1: Soletta Inferiore_Nodo Piedritto.....	27
	9.2.1 Presso-Flessione .....	27
	9.2.2 Taglio.....	27
	9.2.3 Fessurazione .....	29
	9.3 VERIFICA SEZIONE 2: Soletta Inferiore_Mezzeria.....	31
	9.3.1 Presso-Flessione .....	31
	9.3.2 Taglio.....	31
	9.3.3 Fessurazione .....	33
	9.4 VERIFICA SEZIONE 3: Piedritto_ Nodo Soletta Superiore .....	35
	9.4.1 Presso-Flessione .....	35
	9.4.2 Taglio.....	43
	9.4.3 Fessurazione .....	44
	9.5 VERIFICA SEZIONE 6: Piedritto_ Nodo Soletta Inferiore.....	46
	9.5.1 Presso-Flessione .....	46
	9.5.2 Taglio.....	55

9.5.3 Fessurazione .....	56
9.6 VERIFICA SEZIONE 4: Soletta Superiore_ Nodo Piedritto .....	58
9.6.1 Presso-Flessione .....	58
9.6.2 Taglio.....	67
9.6.3 Fessurazione .....	68
9.7 VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria.....	70
9.7.1 Presso-Flessione .....	70
9.7.2 Taglio.....	79
9.7.3 Fessurazione .....	80
9.8 RIEPILOGO VERIFICHE.....	82
<b>10 VERIFICHE LONGITUDINALI .....</b>	<b>86</b>

## 1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia; in prima fase il quadruplicamento interesserà il tratto di linea compreso fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele, per essere esteso in fase successiva fino a Pavia.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall’uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l’attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.

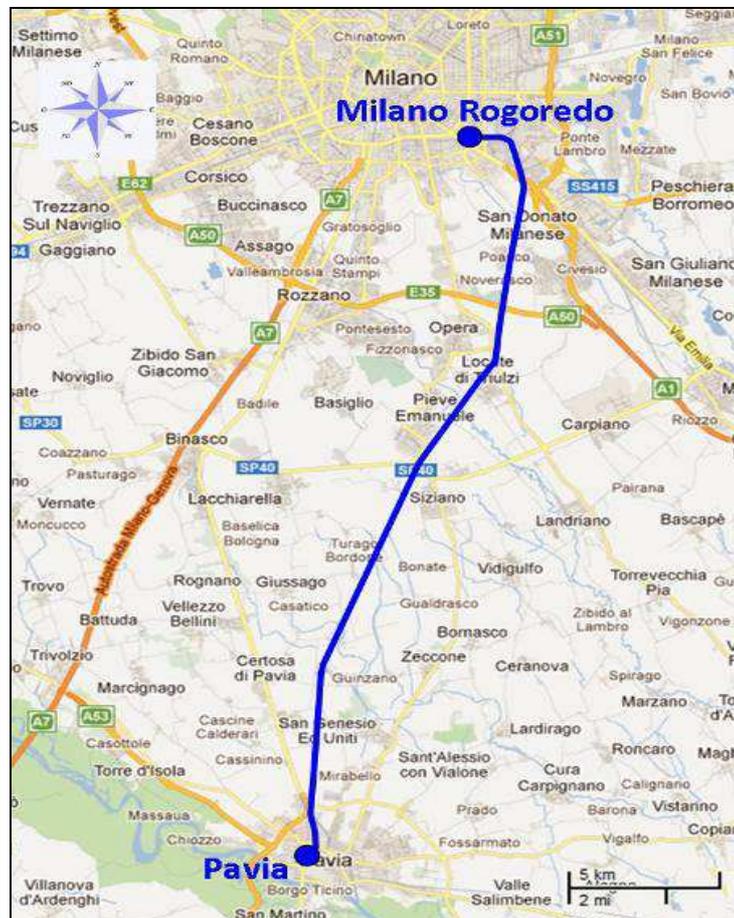


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei tombini di geometria 4.0x2.0m. Tale calcolo è da riferimento anche per i tombini di geometria 3.0x2.5, 3.5x2.5.

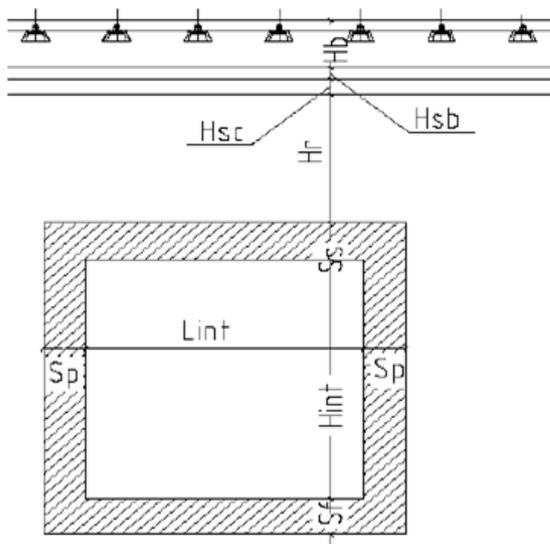
## 2 DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare, utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

I tombini saranno calcolati nell'ipotesi di minimo ricoprimento (pacchetto da 80cm), situazione che determina la condizione di carico più gravosa.

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	4.90	m
Altezza totale	Htot	2.90	m
Spessore soletta superiore	ss	0.45	m
Spessore piedritti	sp	0.45	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.45	m
Luce libera	Lint	4.00	m
Altezza libera	Hint	2.00	m

**Tabella 1**



**Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche**

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Si è tenuto conto della nuova zonazione sismica emanata tramite il D.M. 14.1.2008.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità  $\varnothing$  dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos $\varnothing$ ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

<b>Geometria del Ricoprimento</b>			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<b>COMMESSA</b> NM0Z	<b>LOTTO</b> 10	<b>FASE-ENTE</b> D 26	<b>DOCUMENTO</b> CLR10003001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 7 di 89

### 3    **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFIDTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFIDTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

Riferimenti STI:

- 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;
- Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;
- Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “energia” del sistema ferroviario dell’Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea;
- Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>8 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	8 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	8 di 89								

## 4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nei calcoli sono riportate nelle successive tabelle. Per il calcestruzzo, cautelativamente, si assume una classe di resistenza C28/35, a fronte della C30/37 con cui sarà realizzata l'opera.

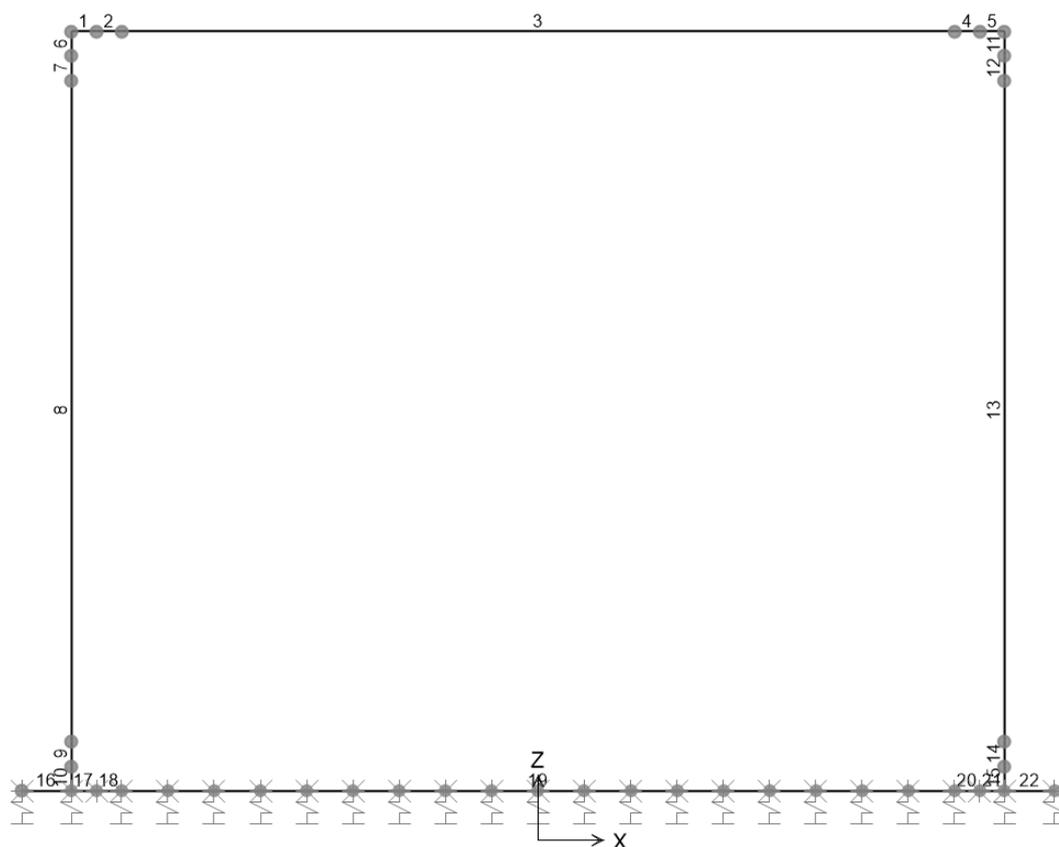
Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rek	35		Resistenza cubica caratteristica
fcm	36	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32308.2	MPa	Modulo Elastico
n Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
aDT	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
acc	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
gc	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
st	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
SC limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
SC limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Acciaio Armature_B450C			
fynom.	450	MPa	Tensione nominale di snervamento a trazione
ftnom.	540	MPa	Tensione nominale di rottura a trazione
fyk	450	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
Ecm	206000	MPa	Modulo Elastico
gs	1.15		coeff. parziale di sicurezza
fyd	391.304	MPa	Resistenza di calcolo
SS limite	360	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Per la classe di esposizione del calcestruzzo, la consistenza e il rapporto acqua/cemento si faccia riferimento alle tabelle riportate negli elaborati grafici.

## 6 MODELLO DI CALCOLO

Nella figura seguente è riportato il modello di calcolo utilizzato per le analisi.



**Figura 6-1 - Modello di calcolo**

Per ottenere le sollecitazioni sulla struttura è stato realizzato un modello agli e.f. schematizzando la struttura mediante un telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Le caratteristiche geometriche delle membrature resistenti e le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzate nella modellazione sono riportate nel paragrafo 2. Per analizzare l'interazione con il terreno, la soletta inferiore è stata vincolata allo stesso mediante molle verticali.

Per la definizione delle precedenti costanti si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica fornitaci.

Cautelativamente, nei calcoli che seguono, si sono assunti i valori minimi di resistenza del terreno, riportati nella seguente tabella:

$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]		$\phi'$ [°] laboratorio	$\phi'$ [°] scelto	$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria terreno	$G_0$ [MPa]	
		max	min			max	min	max	min		max	min
19	15	30	24	23	23	46	6	347	137	C	235	37

**Tabella 6**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>11 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	11 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	11 di 89								

Per la valutazione del coefficiente di sottofondo è stata utilizzata la seguente espressione:

$$k=k_1 [(B+b)/(2B)]^2$$

dove:

- B è la larghezza della fondazione;
- b è 30 cm;
- $k_1$  è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm<sup>3</sup>).

La rigidità delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

Il valore assunto per il coefficiente di sottofondo è riportato nella successiva tabella.

Coefficiente di Sottofondo			
valore limite di estremità	KESTR	16900	kN/m3
valore limite di mezzera	kMEZZ	8450	kN/m3

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Nei successivi paragrafi si riportano, sotto forma tabellare, i valori dei carichi caratteristici assunti nel calcolo nonché il nome dell' "Analysis Case" a cui il carico è associato.

### 7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a  $\rho_{cls} = 25$  kN/m<sup>3</sup>.

<b>Peso Proprio Analysis Case: PP</b>			
Soletta superiore	G1_p.p.	11.25	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	11.25	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	11.25	kN/m

**Tabella 8**

### 7.2 PERMANENTI PORTATI

Di seguito sono stati riassunti i valori dei carichi permanenti portati che competono la soletta superiore e inferiore:

<b>Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM</b>			
Ballast+Armamento	g	18	kN/m <sup>3</sup>
Sub Ballast	g	20	kN/m <sup>3</sup>
Ricoprimento	g	20	kN/m <sup>3</sup>
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	g	25	kN/m <sup>3</sup>
<b>Permanenti totali (striscia di 1m)</b>		<b>14.75</b>	<b>kN/m</b>

**Tabella 9**

<b>Permanente Portato soletta inf. Analysis Case: PERM</b>			
Riempimento	g	25	kN/m <sup>3</sup>
Massetto	g	15	kN/m <sup>3</sup>
Pavimento	g	20	kN/m <sup>3</sup>
0	g	0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Permanenti totali (striscia di 1m)</b>		<b>0.00</b>	<b>kN/m</b>

**Tabella 10**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### 7.3 SPINTA DEL TERRENO

Una volta definito se la spinta sia prodotta dal rilevato ferroviario o dal terreno in sito non scavato (nel caso di scatolare completamente interrato) il calcolo della spinta è stato eseguito a partire dal coefficiente di spinta a riposo calcolato con la formula  $K_0 = 1 - \sin \phi'$  dove  $\phi'$  è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

Si assume una distribuzione lineare per l'andamento delle pressioni a tergo della parete. Nella successiva figura si riportano le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce il rinterro nonché il valore della pressione sul solettone superiore e inferiore.

N.B. in tale caso si assume che a spingere sia il terreno in sito.

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	f	23	°
Q.ta falda in esercizio	zw	2.90	m
Peso di Volume Efficace	g	9	kN/m <sup>3</sup>
Coeff. Di spinta a riposo	ko	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	10.22	kN/m <sup>2</sup>
Pressione in asse sol. inf.	P0	23.65	kN/m <sup>2</sup>

### 7.4 CARICHI MOBILI

#### 7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

Considerando una diffusione 4:1 nel ballast e 1:1 nel sub ballast, super compattato, rinterro e all'interno del c.l.s., si è ottenuta, arrivando fino all'asse della soletta superiore, la seguente larghezza di diffusione trasversale.

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.00	0
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.23	0.225
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.13	m

Nella precedente tabella si assume come larghezza di diffusione massima l'interasse tra i binari, in questo modo può essere considerato sempre il caso di singoli binari carichi.

Per il calcolo del coefficiente dinamico è stato applicato quanto è riportato al paragrafo 1.4.2 delle istruzioni per la progettazione ed esecuzione dei ponti ferroviari. In particolare per il calcolo della "luce caratteristica"  $L \leq \phi$  si fa riferimento al Caso 5 della tabella 1.4.2.5.3-1 delle istruzioni. Si ipotizza uno

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

standard manutentivo normale inoltre in funzione dell'altezza di ricoprimento il coefficiente di incremento dinamico è stato opportunamente ridotto.  
 Il valore assunto per il coefficiente di incremento dinamico è riportato nelle successive tabelle.

#### 7.4.2 Disposizione dei convogli

I modelli di carico considerati per la struttura sono il treno di carico LM71 ed il treno SW/2.  
 Per entrambi i convogli sono state considerate le posizioni che massimizzano le sollecitazioni nei vari elementi costituenti la struttura (Cfr. figure seguenti)  
 Per il treno di carico LM71 è stato considerato il carico equivalente alle 4 forze concentrate di 250 kN pari a:

$$q_{eq, locomotore, LM71} = 250 \times 4 / 6.4 = 156.25 \text{ kN/m}$$

Tale carico è disposto su 6.4m (vedere schema seguente).

Per le zone non interessate dal locomotore è stato considerato un carico pari a:

$$q_{LM71} = 80 \text{ kN/m}$$

Per il treno di carico SW2 si considerano due carichi distribuiti:

$$q_{SW2} = 150 \text{ kN/m}$$

entrambi distribuiti su 25 m e distanti tra loro di 7m.

I carichi descritti sono stati ripartiti sulla larghezza di diffusione trasversale precedentemente calcolata e ad essi è stato applicato il coefficiente di adattamento  $\square$ .

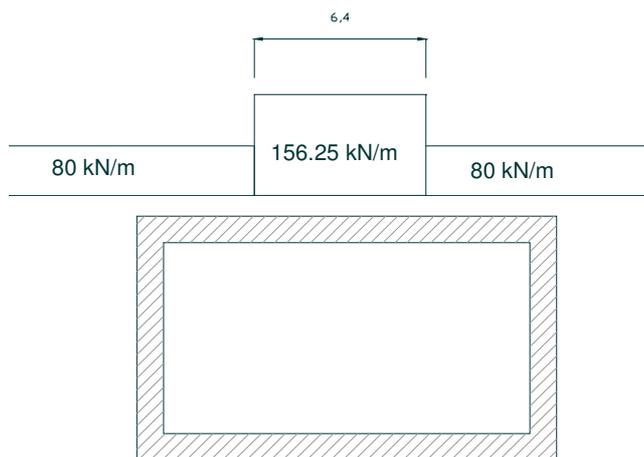
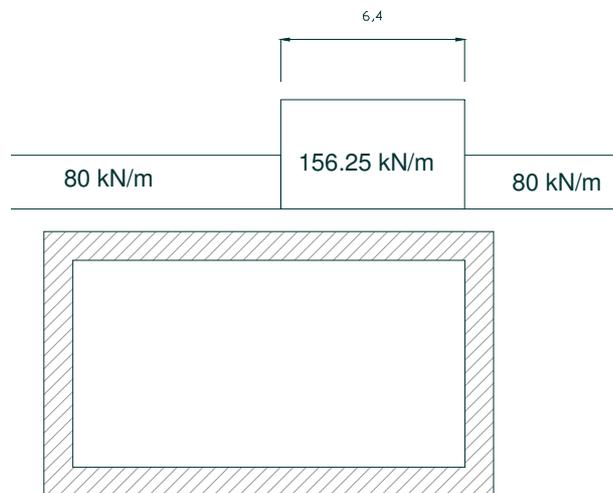
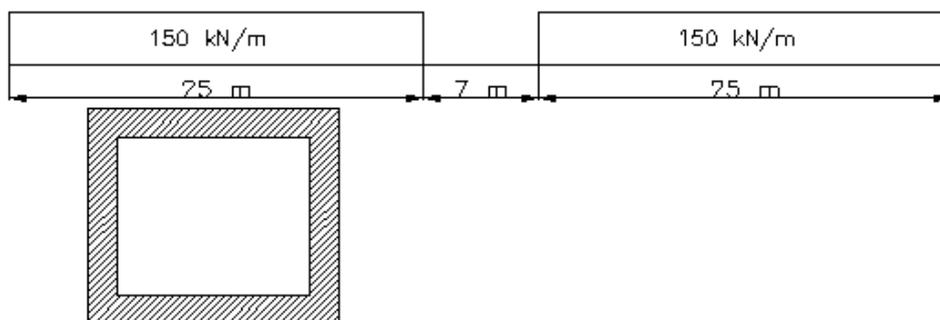


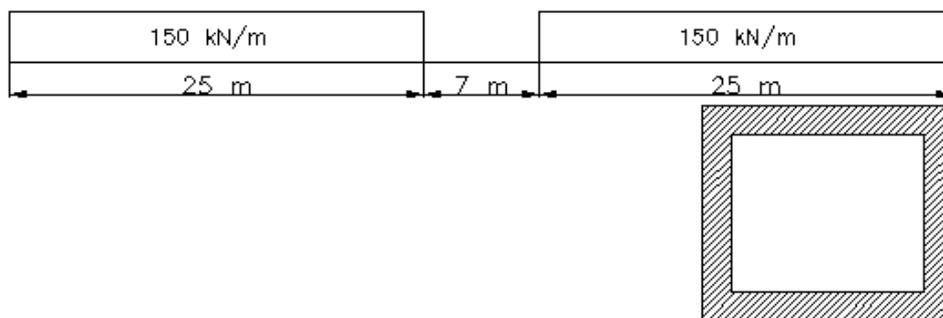
Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)



**Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)**



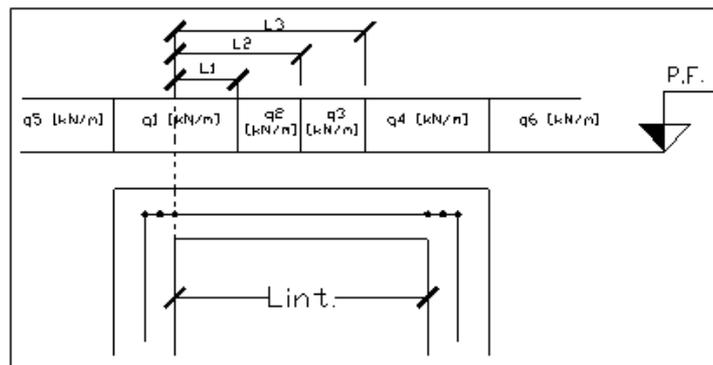
**Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)**



**Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)**

Nella successiva tabella e figura si indica, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, la discretizzazione del carico sul modello di calcolo.

Carico Variabile su solettone superiore			
Coefficiente di Adattamento	a	1	
Luce caratteristica	Lf	4.05	m
Coefficiente dinamico	F	1.35	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	1	m
	L2	2	m
	L3	3	m



**Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup**

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	64.80	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	64.80	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	64.80	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	64.80	kN/m

A favore di sicurezza si trascura la presenza del carico accidentale stradale sulla soletta inferiore.

## 7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI

Per il generico treno di carico è stata considerata la spinta sulle pareti sinistra/destra dovuta alla presenza del sovraccarico stesso. La spinta è congruente con il modello di carico assunto sul solettone superiore. Nella successiva tabella si riporta, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, l'intensità della spinta, avente diagramma rettangolare.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

<b>Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX</b>			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.68	m
q5 ad estradosso soletta	q5	56.07	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	56.07	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	34.16	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	34.16	kN/m2

## 7.6 SERPEGGIO

L'azione indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata, applicata alla sommità della rotaia perpendicolare all'asse del binario. Il valore caratteristico di questa forza è pari a  $Q_{sk}=100$  KN.

L'adozione di un modello piano di analisi, ottenuto considerando una striscia unitaria parallela alla rotaia, giustifica l'aver trascurato tale sollecitazione poiché ortogonale all'asse del binario.

## 7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

Come prescritto si considera, per ogni treno, l'azione più gravosa tra avviamento e frenatura ripartita sulla larghezza di diffusione trasversale al piano medio della soletta superiore.

<b>Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN</b>			
Frenatura /Avviamento	q1_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	13.08	kN/m2

## 7.8 VARIAZIONI TERMICHE

È costituita da una variazione termica uniforme e da un gradiente lineare applicato al solo solettone superiore. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica. Nella successiva tabella si riportano i valori applicati al caso specifico.

<b>Azioni Termiche Analysis Case: TEMP/TEMPFARF</b>			
Var. di temperatura uniforme	DTunif	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	DTgrad	+/- 5	°C

## 7.9 AZIONI SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . In questo modo si definiscono le componenti inerziali verticali e orizzontali. Per i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali si usano le seguenti espressioni:

$$K_h = a_{max}/g \quad ; \quad K_v = \pm K_h$$

Definite vita nominale dell'opera e coefficiente d'uso è possibile, in base alla classificazione sismica del territorio nazionale fatta dal D.M. 14.01.2008, definire per il generico stato limite di verifica il parametro

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

a<sub>g</sub>. Nelle successive tabelle si riportano i parametri necessari a definire l'azione sismica nonché l'intensità della stessa.

Carichi Sismici			
Vita Nominale dell'opera	VN	75	anni
Coefficiente D'uso	Cu	1.5	
Periodo di riferimento	VR	112.5	anni
Probabilità di Superamento Evento	PVR	10	
Periodo di Ritorno	TR	1068	anni
Acc. orizzontale di picco al sito	ag	0.069	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.637	
<i>CATEGORIA SOTTOSUOLO</i>		C	
<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i>		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
$amax = Ss \times ST \times ag$	amax	0.1035	g

Gli effetti della azione sismica sono stati calcolati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  $G1+G2+0,2xQki$ .

Potendo assegnare un carico variabile da traffico non uniforme sul traverso, anche l'azione sismica manterrà tale disuniformità. Di seguito si riportano le azioni sismiche orizzontali e verticali applicate su traverso e piedritti.

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H			
Coefficiente Sismico Orizzontale	<b>Kh</b>	0.1035	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0,2xq1$		38.96	kN/m
$G1+G2+0,2xq2$		38.96	kN/m
$G1+G2+0,2xq3$		38.96	kN/m
$G1+G2+0,2xq4$		38.96	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0,2xq1) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0,2xq2) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0,2xq3) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0,2xq4) \times Kh$		4.0	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>			
G1		11.25	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		1.2	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	$K_v$	0.05175	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq2		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq3		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq4		38.96	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x $K_v$		2.0	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x $K_v$		2.0	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x $K_v$		2.0	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x $K_v$		2.0	kN/m

Per completare l'azione sismica si definisce l'incremento di spinta delle terre sotto sisma. Questa è stata definita applicando la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\square SE = (amax/g) \times \square \times H^2$$

Tale risultante è stata assunta come distribuita sull'altezza del piedritto e agente su uno solo dei due piedritti.

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	2.90	m
Peso di Volume	g	19	kN/m3
amax = SS x ST x ag	amax	0.1035	g
DSE = (amax/g) x g x H2	DSE	16.54	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	8.27	kN/m2

## 7.10 RITIRO

Gli effetti del ritiro trasversale sul solettone superiore sono stati modellati con una variazione termica equivalente applicata allo stesso.

<b>Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO</b>			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	ts	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h0	900	mm
Def. per ritiro da essiccamento	ecd(t)	0.000216	
Def. per ritiro autogeno	eca(t)	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	es(t,t0)	0.000261	
Var. Termica equivalente al ritiro	DTritiro	-6.3	°C

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">FASE-ENTE</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NM0Z</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">D 26</td> <td style="text-align: center;">CLR10003001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">21 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLR10003001	A	21 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLR10003001	A	21 di 89								

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono state effettuate secondo quanto prescritto dal D.M.14.01.2008 e dalle istruzioni ferroviarie.

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Sismica (SLU):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

ed  $E_x$  e  $E_y$  sono le componenti della azione sismica orizzontale e verticale.

Gli effetti dei carichi verticali, generati dalla presenza dei convogli, sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, utilizzando i coefficienti indicati in tabella. Per ogni gruppo di carico si definisce una azione dominante considerata per intero, per le altre azioni si assume una aliquota del valore caratteristico.

I gruppi, così come definiti, vanno applicati ad ogni treno di carico considerato per la verifica.

Gruppo di carico considerati	Verticali	Frenatura avviamento
Gruppo 1.1	1.0	0
Gruppo 3.1	1.0	1.0
Gruppo 3.2	0.5	1.0
Gruppo 4 (Fessurazione)	0.8	0.8

I gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come  $Q_{ki}$ . Queste sono combinate con i valori caratteristici delle azioni permanenti (portati e portanti), i carichi variabili non associati al traffico e alla azione sismica adottando i coefficienti di combinazione riportati nelle successive tabelle.

In questo modo si ottengono le sollecitazioni di progetto con cui effettuare le verifiche per lo stato limite considerato.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(7)</sup>	0,20 <sup>(7)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

In particolare per il calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione *A1 STR*.

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\Psi$  pari a 0.2 coerentemente all'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

<i>Riepilogo Analisis Case Considerati</i>		
Peso Proprio elementi Strutturali	PP	<b>G1</b>
Permanenti portati (non strutturali)	PERM	<b>G2</b>
Spinta riempimento su piedritto sx	SPTERRA_sx	
Spinta riempimento su piedritto dx	SPTERRA_dx	
Spinta Idrraulica in caso di falda	SPIDRAUL	
Ritiro	RITIRO	<b>P</b>
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1A	<b>Qtraffico</b>
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1B	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto sx	Q1AKOSX	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto dx	Q1AKODX	
Frenatura	FREN	
Variazione termica uniforme su solettone sup.	TEMP	<b>Qtemp.</b>
Gradiente termico su solettone sup.,inf. e su piedritti	TEMPFARF	
Incremento spinta sotto sisma su piedritto sx	DSe_sx	<b>E</b>
Incremento spinta sotto sisma su piedritto dx	DSe_dx	
Componente orizzontale azione sismica	Sis_H	
Componente verticale azione sismica	Sis_V	

I coefficienti di combinazione dei singoli carichi sono riportati nell'allegato A.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>24 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	24 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	24 di 89								

## 9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

### 9.1 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza degli elementi in c.a. sono state condotte con il metodo degli Stati Limite. L'unità di misura adottata per le forze, momenti e tensioni saranno di volta in volta indicate.

#### COPRIFERRI ADOTTATO

$c=5.0$  cm

#### STAZIONI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza a flessione vengono eseguite nei nodi a  $\frac{1}{4}$  dello spessore dell'elemento (misurato a partire dal punto in cui convergono gli assi dei due frame), mentre a taglio e a fessurazione sul filo dell'elemento (ossia  $\frac{1}{2}$  dello spessore).

Nella successiva figura vengono rappresentate le sezioni dimensionate e verificate dello scatolare.

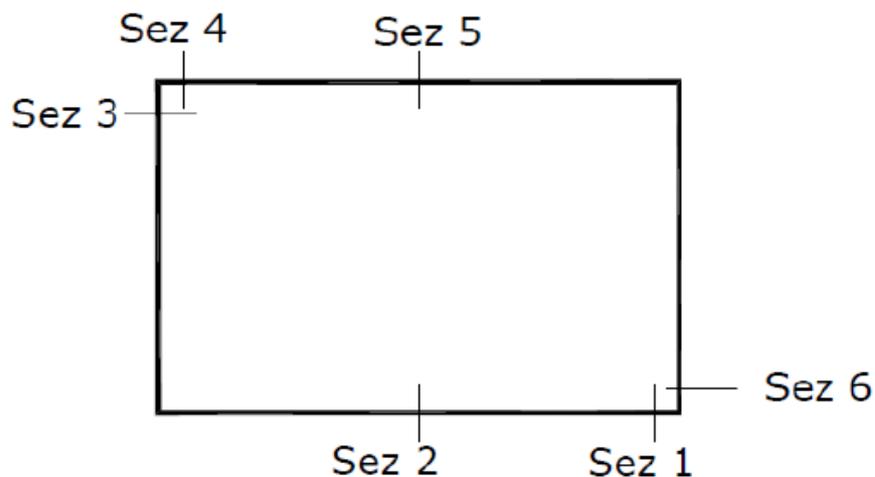


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>25 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	25 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	25 di 89								

### **VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione**

La verifica secondo il metodo degli stati limite si basa sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-c.l.s.

Il controllo eseguito consiste nel verificare che lo stato di sollecitazione ( $N_{sd}$ ,  $M_{sd}$ ) sia interno alla frontiera del dominio di rottura della sezione tracciata nel piano Nrd-Mrd. Ciò viene fatto definendo due coefficienti di sicurezza o meglio due percorsi di carico che portano a rottura. Il primo è quello a sforzo normale  $N=N_{sd}$  costante il secondo è quello a rapporto  $M/N=M_{sd}/N_{sd}$  costante.

Il **coefficiente di sicurezza c.s.** rappresenta il rapporto tra la lunghezza del segmento che, per il fissato percorso di carico, collega l'origine del piano Nrd-Mrd ad un punto della frontiera e il segmento che, per lo stesso percorso, individua lo stato di sollecitazione applicato alla sezione.

La verifica è rispettata se  $c.s. \geq 1$ .

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

$\epsilon_{cu1}$	$\epsilon_{cu2}$
0.200%	0.350%

Acciaio:

$\epsilon_{ys}$	$\epsilon_{us}$	$\alpha_s$	$\epsilon_{ud}$
0.196%	1.000%	1	1.000%

### **VERIFICHE ALLO SLU: Taglio**

La resistenza a taglio  $V_{rd}$  è stata definita inizialmente pensando il generico elemento privo di armatura specifica a taglio. Qualora necessario ( $V_{rd} < V_{sd}$ ) è stata aggiunta l'apposita armatura e ricalcolato il  $V_{rd}$ . Si riporta di seguito uno stralcio del D.M.14.01.2008 in cui sono indicate le relazioni con cui la  $V_{rd}$  è stata definita.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove  $d$ ,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

$A_{sw}$	area dell'armatura trasversale;	
$s$	interasse tra due armature trasversali consecutive;	
$\alpha$	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;	
$f'_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );	
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	
	1	per membrature non compresse
	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
	1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
	$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

### VERIFICHE A FESSURAZIONE

Le verifiche a fessurazione sono state condotte utilizzando le espressioni riportate nella "Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C". In particolari sono stati assunti i seguenti coefficienti:

$$\beta_1=1$$

$$\beta_2=0.5$$

$$k_2=0.4$$

$f_{ctk} = \sigma_t = 2.305$  MPa; tensione di trazione limite per la formazione delle fessure.

La classe di esposizione dello scatolare rientra nelle condizioni ambientali aggressive inoltre l'opera è in c.a. ordinario si utilizza pertanto una armatura definita poco sensibile.

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

- Combinazione Rara;
- Armatura poco sensibile;
- Ambiente aggressivo.

Secondo quanto riportato nell'istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari l'ampiezza massima delle fessure deve essere inferiore a  $w_1 = 0.20$ mm.

Vengono riportate di seguito per ogni sezione i tabulati delle verifiche in resistenza condotte secondo quanto sopra specificato.

I valori delle resistenze di progetto di acciaio e c.l.s. assunte nei calcoli sono quelle riportate nel paragrafo relativo ai materiali.

## 9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE\_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	45

### Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.4
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

### Armatura sup A's

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

### 9.2.1 Presso-Flessione

Per come è stato modellato lo scatolare la sezione risulta per lo più inflessa. Si riportano quindi le verifiche per il valore max. e min. del momento flettente applicato. Inoltre in tale caso si ha un solo possibile percorso di carico.

Si riportano le caratteristiche della armatura e il tabulato delle verifiche:

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	148	223.6	<b>1.51</b>
2	0	-5	223.6	<b>48.07</b>

### 9.2.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spille  $\phi$  12/20x20).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\varnothing_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\varnothing_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\varnothing_{ferro\ ortogonale}$	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm <sup>2</sup>
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	338	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	VR <sub>cd_y</sub>	VR <sub>sd_y</sub>	VR <sub>d_y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	KN	KN	KN	
<b>G3_1_57</b>	<b>210.065</b>	<b>0</b>	<b>1342.32</b>	<b>510</b>	<b>510</b>	<b>2.427</b>

### 9.2.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>	
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-146	0.13							
2	Non fessurata	0	-149	0.13							
3	Non fessurata	0	-150	0.13							
4	Non fessurata	0	-146	0.13							
5	Non fessurata	0	-30	0.13							
6	Non fessurata	0	-34	0.13							
7	Non fessurata	0	-34	0.13							
8	Non fessurata	0	-31	0.13							
9	Non fessurata	0	-142	0.13							
10	Non fessurata	0	-146	0.13							
11	Non fessurata	0	-147	0.13							
12	Non fessurata	0	-143	0.13							
13	Non fessurata	0	-27	0.13							
14	Non fessurata	0	-30	0.13							
15	Non fessurata	0	-31	0.13							
16	Non fessurata	0	-27	0.13							
17	Non fessurata	0	-65	0.13							
18	Non fessurata	0	-68	0.13							
19	Non fessurata	0	-69	0.13							
20	Non fessurata	0	-65	0.13							
21	Non fessurata	0	-61	0.13							
22	Non fessurata	0	-65	0.13							
23	Non fessurata	0	-66	0.13							
24	Non fessurata	0	-62	0.13							
25	Non fessurata	0	-88	0.13							
26	Non fessurata	0	-92	0.13							
27	Non fessurata	0	-92	0.13							
28	Non fessurata	0	-88	0.13							
29	Non fessurata	0	-30	0.13							
30	Non fessurata	0	-34	0.13							
31	Non fessurata	0	-34	0.13							
32	Non fessurata	0	-31	0.13							
33	Non fessurata	0	-85	0.13							
34	Non fessurata	0	-88	0.13							
35	Non fessurata	0	-89	0.13							
36	Non fessurata	0	-85	0.13							
37	Non fessurata	0	-27	0.13							
38	Non fessurata	0	-30	0.13							
39	Non fessurata	0	-31	0.13							
40	Non fessurata	0	-27	0.13							
41	Non fessurata	0	-47	0.13							

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	30 di 89

42	Non fessurata	0	-51	0.13							
43	Non fessurata	0	-52	0.13							
44	Non fessurata	0	-48	0.13							
45	Non fessurata	0	-44	0.13							
46	Non fessurata	0	-48	0.13							
47	Non fessurata	0	-49	0.13							
48	Non fessurata	0	-45	0.13							
49	Non fessurata	0	-146	0.13							
50	Non fessurata	0	-149	0.13							
51	Non fessurata	0	-150	0.13							
52	Non fessurata	0	-146	0.13							
53	Non fessurata	0	-142	0.13							
54	Non fessurata	0	-146	0.13							
55	Non fessurata	0	-147	0.13							
56	Non fessurata	0	-143	0.13							

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### 9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE\_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b>B</b>	<b>H</b>
[cm]	[cm]
100	45

#### 9.3.1 Presso-Flessione

Analogamente alla sezione S1 si riportano le verifiche per i soli valori max e min. del momento flettente. Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	18	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN=cost</b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-13	-223.6	<b>17.06</b>
2	0	-98	-223.6	<b>2.29</b>

#### 9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –**  
**PAVIA**  
**FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE**  
**EMANUELE**

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	32 di 89

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	C.S. <sub>y,min</sub>
	KN	KN	MPa	N	
<i>G3_1_1</i>	<i>55.082</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>167.5275</i>	<i>3.041</i>

### 9.3.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-112	0.13						
2	Non fessurata	0	-108	0.13						
3	Non fessurata	0	-108	0.13						
4	Non fessurata	0	-111	0.13						
5	Non fessurata	0	-34	0.13						
6	Non fessurata	0	-30	0.13						
7	Non fessurata	0	-29	0.13						
8	Non fessurata	0	-33	0.13						
9	Non fessurata	0	-115	0.13						
10	Non fessurata	0	-111	0.13						
11	Non fessurata	0	-111	0.13						
12	Non fessurata	0	-114	0.13						
13	Non fessurata	0	-37	0.13						
14	Non fessurata	0	-33	0.13						
15	Non fessurata	0	-32	0.13						
16	Non fessurata	0	-36	0.13						
17	Non fessurata	0	-112	0.13						
18	Non fessurata	0	-108	0.13						
19	Non fessurata	0	-108	0.13						
20	Non fessurata	0	-111	0.13						
21	Non fessurata	0	-115	0.13						
22	Non fessurata	0	-111	0.13						
23	Non fessurata	0	-111	0.13						
24	Non fessurata	0	-114	0.13						
25	Non fessurata	0	-73	0.13						
26	Non fessurata	0	-69	0.13						
27	Non fessurata	0	-68	0.13						
28	Non fessurata	0	-72	0.13						
29	Non fessurata	0	-34	0.13						
30	Non fessurata	0	-30	0.13						
31	Non fessurata	0	-29	0.13						
32	Non fessurata	0	-33	0.13						
33	Non fessurata	0	-76	0.13						
34	Non fessurata	0	-72	0.13						
35	Non fessurata	0	-71	0.13						
36	Non fessurata	0	-75	0.13						
37	Non fessurata	0	-37	0.13						
38	Non fessurata	0	-33	0.13						
39	Non fessurata	0	-32	0.13						
40	Non fessurata	0	-36	0.13						
41	Non fessurata	0	-73	0.13						



**PROGETTO DEFINITIVO  
 POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA  
 QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –  
 PAVIA  
 FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE  
 EMANUELE**

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	34 di 89

42	Non fessurata	0	-69	0.13						
43	Non fessurata	0	-68	0.13						
44	Non fessurata	0	-72	0.13						
45	Non fessurata	0	-76	0.13						
46	Non fessurata	0	-72	0.13						
47	Non fessurata	0	-71	0.13						
48	Non fessurata	0	-75	0.13						
49	Non fessurata	0	-112	0.13						
50	Non fessurata	0	-108	0.13						
51	Non fessurata	0	-108	0.13						
52	Non fessurata	0	-111	0.13						
53	Non fessurata	0	-115	0.13						
54	Non fessurata	0	-111	0.13						
55	Non fessurata	0	-111	0.13						
56	Non fessurata	0	-114	0.13						

## 9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO\_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	45

### 9.4.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	261	-86	-263.0	<b>3.055</b>
2	220	-73	-256.9	<b>3.518</b>
3	261	-77	-263.0	<b>3.407</b>
4	220	-64	-256.9	<b>4.007</b>
5	261	-83	-263.0	<b>3.173</b>
6	220	-70	-256.9	<b>3.680</b>
7	261	-92	-263.0	<b>2.865</b>
8	220	-79	-256.9	<b>3.263</b>
9	220	-74	-256.9	<b>3.467</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	36 di 89

10	220	-59	-256.9	<b>4.336</b>
11	220	-69	-256.9	<b>3.737</b>
12	220	-84	-256.9	<b>3.073</b>
13	261	-86	-263.0	<b>3.055</b>
14	57	-21	-232.3	<b>11.202</b>
15	261	-77	-263.0	<b>3.407</b>
16	57	-12	-232.3	<b>19.646</b>
17	261	-83	-263.0	<b>3.173</b>
18	57	-18	-232.3	<b>13.255</b>
19	261	-92	-263.0	<b>2.865</b>
20	57	-26	-232.3	<b>8.786</b>
21	57	-22	-232.3	<b>10.652</b>
22	57	-7	-232.3	<b>33.413</b>
23	57	-16	-232.3	<b>14.117</b>
24	57	-31	-232.3	<b>7.419</b>
25	261	-86	-263.0	<b>3.044</b>
26	220	-73	-256.9	<b>3.503</b>
27	261	-77	-263.0	<b>3.394</b>
28	220	-64	-256.9	<b>3.988</b>
29	261	-83	-263.0	<b>3.162</b>
30	220	-70	-256.9	<b>3.664</b>
31	261	-92	-263.0	<b>2.856</b>
32	220	-79	-256.9	<b>3.251</b>
33	220	-74	-256.9	<b>3.453</b>
34	220	-60	-256.9	<b>4.314</b>
35	220	-69	-256.9	<b>3.721</b>
36	220	-84	-256.9	<b>3.062</b>
37	261	-86	-263.0	<b>3.044</b>
38	57	-21	-232.3	<b>11.042</b>
39	261	-77	-263.0	<b>3.394</b>
40	57	-12	-232.3	<b>19.160</b>
41	261	-83	-263.0	<b>3.162</b>
42	57	-18	-232.3	<b>13.032</b>
43	261	-92	-263.0	<b>2.856</b>
44	57	-27	-232.3	<b>8.688</b>
45	57	-22	-232.3	<b>10.507</b>
46	57	-7	-232.3	<b>32.032</b>
47	57	-17	-232.3	<b>13.864</b>
48	57	-32	-232.3	<b>7.349</b>
49	39	-10	-229.6	<b>23.335</b>
50	39	-25	-229.6	<b>9.297</b>
51	39	-17	-229.6	<b>13.513</b>
52	39	-2	-229.6	<b>107.529</b>
53	238	-50	-259.5	<b>5.157</b>
54	202	-44	-254.1	<b>5.722</b>
55	238	-41	-259.5	<b>6.267</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	37 di 89

56	202	-35	-254.1	<b>7.159</b>
57	238	-47	-259.5	<b>5.508</b>
58	202	-41	-254.1	<b>6.168</b>
59	238	-56	-259.5	<b>4.632</b>
60	202	-50	-254.1	<b>5.071</b>
61	202	-45	-254.1	<b>5.587</b>
62	202	-31	-254.1	<b>8.297</b>
63	202	-40	-254.1	<b>6.332</b>
64	202	-55	-254.1	<b>4.622</b>
65	238	-50	-259.5	<b>5.157</b>
66	57	-21	-232.3	<b>11.202</b>
67	238	-41	-259.5	<b>6.267</b>
68	57	-12	-232.3	<b>19.646</b>
69	238	-47	-259.5	<b>5.508</b>
70	57	-18	-232.3	<b>13.255</b>
71	238	-56	-259.5	<b>4.632</b>
72	57	-26	-232.3	<b>8.786</b>
73	57	-22	-232.3	<b>10.652</b>
74	57	-7	-232.3	<b>33.413</b>
75	57	-16	-232.3	<b>14.117</b>
76	57	-31	-232.3	<b>7.419</b>
77	238	-51	-259.5	<b>5.126</b>
78	202	-45	-254.1	<b>5.683</b>
79	238	-42	-259.5	<b>6.222</b>
80	202	-36	-254.1	<b>7.099</b>
81	238	-47	-259.5	<b>5.474</b>
82	202	-41	-254.1	<b>6.123</b>
83	238	-56	-259.5	<b>4.608</b>
84	202	-50	-254.1	<b>5.041</b>
85	202	-46	-254.1	<b>5.551</b>
86	202	-31	-254.1	<b>8.217</b>
87	202	-40	-254.1	<b>6.285</b>
88	202	-55	-254.1	<b>4.596</b>
89	238	-51	-259.5	<b>5.126</b>
90	57	-21	-232.3	<b>11.042</b>
91	238	-42	-259.5	<b>6.222</b>
92	57	-12	-232.3	<b>19.160</b>
93	238	-47	-259.5	<b>5.474</b>
94	57	-18	-232.3	<b>13.032</b>
95	238	-56	-259.5	<b>4.608</b>
96	57	-27	-232.3	<b>8.688</b>
97	57	-22	-232.3	<b>10.507</b>
98	57	-7	-232.3	<b>32.032</b>
99	57	-17	-232.3	<b>13.864</b>
100	57	-32	-232.3	<b>7.349</b>
101	39	-10	-229.6	<b>23.335</b>

102	39	-25	-229.6	<b>9.297</b>
103	39	-17	-229.6	<b>13.513</b>
104	39	-2	-229.6	<b>107.529</b>
105	284	-122	-266.5	<b>2.187</b>
106	239	-102	-259.7	<b>2.555</b>
107	284	-113	-266.5	<b>2.359</b>
108	239	-93	-259.7	<b>2.800</b>
109	284	-119	-266.5	<b>2.246</b>
110	239	-98	-259.7	<b>2.638</b>
111	284	-128	-266.5	<b>2.089</b>
112	239	-107	-259.7	<b>2.419</b>
113	239	-103	-259.7	<b>2.528</b>
114	239	-88	-259.7	<b>2.956</b>
115	239	-97	-259.7	<b>2.667</b>
116	239	-112	-259.7	<b>2.314</b>
117	284	-122	-266.5	<b>2.187</b>
118	76	-49	-235.1	<b>4.763</b>
119	284	-113	-266.5	<b>2.359</b>
120	76	-40	-235.1	<b>5.813</b>
121	284	-119	-266.5	<b>2.246</b>
122	76	-46	-235.1	<b>5.095</b>
123	284	-128	-266.5	<b>2.089</b>
124	76	-55	-235.1	<b>4.270</b>
125	76	-50	-235.1	<b>4.662</b>
126	76	-36	-235.1	<b>6.609</b>
127	76	-45	-235.1	<b>5.216</b>
128	76	-60	-235.1	<b>3.923</b>
129	284	-122	-266.5	<b>2.181</b>
130	239	-102	-259.7	<b>2.547</b>
131	284	-113	-266.5	<b>2.353</b>
132	239	-93	-259.7	<b>2.791</b>
133	284	-119	-266.5	<b>2.240</b>
134	239	-99	-259.7	<b>2.630</b>
135	284	-128	-266.5	<b>2.084</b>
136	239	-108	-259.7	<b>2.412</b>
137	239	-103	-259.7	<b>2.521</b>
138	239	-88	-259.7	<b>2.945</b>
139	239	-98	-259.7	<b>2.659</b>
140	239	-113	-259.7	<b>2.308</b>
141	284	-122	-266.5	<b>2.181</b>
142	76	-50	-235.1	<b>4.734</b>
143	284	-113	-266.5	<b>2.353</b>
144	76	-41	-235.1	<b>5.770</b>
145	284	-119	-266.5	<b>2.240</b>
146	76	-46	-235.1	<b>5.062</b>
147	284	-128	-266.5	<b>2.084</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	39 di 89

148	76	-55	-235.1	<b>4.247</b>
149	76	-51	-235.1	<b>4.634</b>
150	76	-36	-235.1	<b>6.554</b>
151	76	-45	-235.1	<b>5.181</b>
152	76	-60	-235.1	<b>3.903</b>
153	39	-10	-229.6	<b>23.335</b>
154	39	-25	-229.6	<b>9.297</b>
155	39	-17	-229.6	<b>13.513</b>
156	39	-2	-229.6	<b>107.529</b>
157	136	-18	-244.2	<b>13.839</b>
158	120	-18	-241.8	<b>13.240</b>
159	136	-9	-244.2	<b>27.964</b>
160	120	-9	-241.8	<b>25.860</b>
161	136	-14	-244.2	<b>16.918</b>
162	120	-15	-241.8	<b>16.065</b>
163	136	-23	-244.2	<b>10.459</b>
164	120	-24	-241.8	<b>10.090</b>
165	120	-19	-241.8	<b>12.507</b>
166	120	-4	-241.8	<b>53.986</b>
167	120	-14	-241.8	<b>17.295</b>
168	120	-29	-241.8	<b>8.385</b>
169	136	-18	-244.2	<b>13.839</b>
170	139	-47	-244.6	<b>5.217</b>
171	136	-9	-244.2	<b>27.964</b>
172	139	-38	-244.6	<b>6.442</b>
173	136	-14	-244.2	<b>16.918</b>
174	139	-44	-244.6	<b>5.601</b>
175	136	-23	-244.2	<b>10.459</b>
176	139	-53	-244.6	<b>4.652</b>
177	139	-48	-244.6	<b>5.101</b>
178	139	-33	-244.6	<b>7.390</b>
179	139	-43	-244.6	<b>5.742</b>
180	139	-57	-244.6	<b>4.257</b>
181	136	-18	-244.2	<b>13.607</b>
182	120	-19	-241.8	<b>13.026</b>
183	136	-9	-244.2	<b>27.035</b>
184	120	-10	-241.8	<b>25.057</b>
185	136	-15	-244.2	<b>16.573</b>
186	120	-15	-241.8	<b>15.751</b>
187	136	-24	-244.2	<b>10.327</b>
188	120	-24	-241.8	<b>9.965</b>
189	120	-20	-241.8	<b>12.316</b>
190	120	-5	-241.8	<b>50.600</b>
191	120	-14	-241.8	<b>16.932</b>
192	120	-29	-241.8	<b>8.299</b>
193	136	-18	-244.2	<b>13.607</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	40 di 89

194	139	-47	-244.6	<b>5.184</b>
195	136	-9	-244.2	<b>27.035</b>
196	139	-38	-244.6	<b>6.392</b>
197	136	-15	-244.2	<b>16.573</b>
198	139	-44	-244.6	<b>5.563</b>
199	136	-24	-244.2	<b>10.327</b>
200	139	-53	-244.6	<b>4.625</b>
201	139	-48	-244.6	<b>5.069</b>
202	139	-33	-244.6	<b>7.324</b>
203	139	-43	-244.6	<b>5.702</b>
204	139	-58	-244.6	<b>4.235</b>
205	39	-10	-229.6	<b>23.335</b>
206	39	-25	-229.6	<b>9.297</b>
207	39	-17	-229.6	<b>13.513</b>
208	39	-2	-229.6	<b>107.529</b>
209	182	-89	-251.2	<b>2.816</b>
210	157	-75	-247.4	<b>3.277</b>
211	182	-80	-251.2	<b>3.129</b>
212	157	-67	-247.4	<b>3.715</b>
213	182	-86	-251.2	<b>2.921</b>
214	157	-72	-247.4	<b>3.422</b>
215	182	-95	-251.2	<b>2.647</b>
216	157	-81	-247.4	<b>3.047</b>
217	157	-77	-247.4	<b>3.231</b>
218	157	-62	-247.4	<b>4.009</b>
219	157	-71	-247.4	<b>3.474</b>
220	157	-86	-247.4	<b>2.874</b>
221	182	-89	-251.2	<b>2.816</b>
222	157	-75	-247.4	<b>3.277</b>
223	182	-80	-251.2	<b>3.129</b>
224	157	-67	-247.4	<b>3.715</b>
225	182	-86	-251.2	<b>2.921</b>
226	157	-72	-247.4	<b>3.422</b>
227	182	-95	-251.2	<b>2.647</b>
228	157	-81	-247.4	<b>3.047</b>
229	157	-77	-247.4	<b>3.231</b>
230	157	-62	-247.4	<b>4.009</b>
231	157	-71	-247.4	<b>3.474</b>
232	157	-86	-247.4	<b>2.874</b>
233	182	-89	-251.2	<b>2.807</b>
234	157	-76	-247.4	<b>3.264</b>
235	182	-81	-251.2	<b>3.117</b>
236	157	-67	-247.4	<b>3.699</b>
237	182	-86	-251.2	<b>2.911</b>
238	157	-73	-247.4	<b>3.408</b>
239	182	-95	-251.2	<b>2.639</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	41 di 89

240	157	-82	-247.4	<b>3.036</b>
241	157	-77	-247.4	<b>3.218</b>
242	157	-62	-247.4	<b>3.989</b>
243	157	-72	-247.4	<b>3.459</b>
244	157	-86	-247.4	<b>2.864</b>
245	182	-89	-251.2	<b>2.807</b>
246	157	-76	-247.4	<b>3.264</b>
247	182	-81	-251.2	<b>3.117</b>
248	157	-67	-247.4	<b>3.699</b>
249	182	-86	-251.2	<b>2.911</b>
250	157	-73	-247.4	<b>3.408</b>
251	182	-95	-251.2	<b>2.639</b>
252	157	-82	-247.4	<b>3.036</b>
253	157	-77	-247.4	<b>3.218</b>
254	157	-62	-247.4	<b>3.989</b>
255	157	-72	-247.4	<b>3.459</b>
256	157	-86	-247.4	<b>2.864</b>
257	39	-10	-229.6	<b>23.335</b>
258	39	-25	-229.6	<b>9.297</b>
259	39	-17	-229.6	<b>13.513</b>
260	39	-2	-229.6	<b>107.529</b>
261	58	-8	-232.3	<b>30.090</b>
262	58	-3	-232.3	<b>83.877</b>
263	64	-18	-233.3	<b>13.264</b>
264	64	-13	-233.3	<b>18.460</b>
265	58	-6	-232.3	<b>39.132</b>
266	58	-11	-232.3	<b>21.337</b>
267	73	-32	-234.7	<b>7.308</b>
268	73	-27	-234.7	<b>8.640</b>
269	64	-16	-233.3	<b>14.761</b>
270	64	-21	-233.3	<b>11.240</b>
271	80	-42	-235.6	<b>5.613</b>
272	80	-37	-235.6	<b>6.364</b>
273	73	-30	-234.7	<b>7.738</b>
274	73	-35	-234.7	<b>6.652</b>
275	80	-40	-235.6	<b>5.862</b>
276	80	-45	-235.6	<b>5.219</b>
277	56	-7	-232.0	<b>32.733</b>
278	56	-2	-232.0	<b>108.588</b>
279	62	-17	-233.0	<b>13.740</b>
280	62	-12	-233.0	<b>19.407</b>
281	56	-5	-232.0	<b>43.743</b>
282	56	-10	-232.0	<b>22.623</b>
283	71	-31	-234.4	<b>7.445</b>
284	71	-27	-234.4	<b>8.835</b>
285	62	-15	-233.0	<b>15.356</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	42 di 89

286	62	-20	-233.0	<b>11.577</b>
287	77	-41	-235.3	<b>5.691</b>
288	77	-36	-235.3	<b>6.466</b>
289	71	-30	-234.4	<b>7.892</b>
290	71	-35	-234.4	<b>6.764</b>
291	77	-40	-235.3	<b>5.948</b>
292	77	-45	-235.3	<b>5.286</b>
293	66	-17	-233.5	<b>13.919</b>
294	66	-12	-233.5	<b>19.747</b>
295	72	-27	-234.5	<b>8.800</b>
296	72	-22	-234.5	<b>10.809</b>
297	66	-15	-233.5	<b>15.575</b>
298	66	-20	-233.5	<b>11.709</b>
299	70	-24	-234.2	<b>9.721</b>
300	70	-19	-234.2	<b>12.236</b>
301	72	-25	-234.5	<b>9.432</b>
302	72	-30	-234.5	<b>7.865</b>
303	77	-34	-235.2	<b>6.925</b>
304	77	-29	-235.2	<b>8.107</b>
305	70	-22	-234.2	<b>10.499</b>
306	70	-27	-234.2	<b>8.592</b>
307	77	-32	-235.2	<b>7.309</b>
308	77	-37	-235.2	<b>6.334</b>
309	59	-15	-232.5	<b>15.850</b>
310	59	-10	-232.5	<b>23.928</b>
311	65	-25	-233.4	<b>9.514</b>
312	65	-20	-233.4	<b>11.920</b>
313	59	-13	-232.5	<b>18.045</b>
314	59	-18	-232.5	<b>13.035</b>
315	63	-22	-233.2	<b>10.606</b>
316	63	-17	-233.2	<b>13.689</b>
317	65	-23	-233.4	<b>10.260</b>
318	65	-28	-233.4	<b>8.426</b>
319	70	-32	-234.1	<b>7.351</b>
320	70	-27	-234.1	<b>8.704</b>
321	63	-20	-233.2	<b>11.543</b>
322	63	-25	-233.2	<b>9.271</b>
323	70	-30	-234.1	<b>7.787</b>
324	70	-35	-234.1	<b>6.686</b>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### 9.4.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	0	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	0	
Passo Staffe	s	0	cm
Inclinazione del puntone	q	0	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	0	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm <sup>2</sup>
ctg q	#DIV/0!	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	340	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_1_83</i>	<i>-117.175</i>	<i>284.758</i>	<i>0.632796</i>	<i>203.407</i>				<i>1.736</i>

### 9.4.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-14	0.13						
2	Non fessurata	0	-6	0.13						
3	Non fessurata	0	-11	0.13						
4	Non fessurata	0	-20	0.13						
5	Non fessurata	0	-11	0.13						
6	Non fessurata	0	-2	0.13						
7	Non fessurata	0	-8	0.13						
8	Non fessurata	0	-18	0.13						
9	Non fessurata	0	-16	0.13						
10	Non fessurata	0	-8	0.13						
11	Non fessurata	0	-13	0.13						
12	Non fessurata	0	-23	0.13						
13	Non fessurata	0	-14	0.13						
14	Non fessurata	0	-4	0.13						
15	Non fessurata	0	-10	0.13						
16	Non fessurata	0	-21	0.13						
17	Non fessurata	0	-74	0.13						
18	Non fessurata	0	-63	0.13						
19	Non fessurata	0	-70	0.13						
20	Non fessurata	0	-81	0.13						
21	Non fessurata	0	-77	0.13						
22	Non fessurata	0	-66	0.13						
23	Non fessurata	0	-73	0.13						
24	Non fessurata	0	-84	0.13						
25	Non fessurata	0	-13	0.13						
26	Non fessurata	0	-4	0.13						
27	Non fessurata	0	-9	0.13						
28	Non fessurata	0	-19	0.13						
29	Non fessurata	0	-11	0.13						
30	Non fessurata	0	-2	0.13						
31	Non fessurata	0	-8	0.13						
32	Non fessurata	0	-18	0.13						
33	Non fessurata	0	-15	0.13						
34	Non fessurata	0	-6	0.13						
35	Non fessurata	0	-12	0.13						
36	Non fessurata	0	-21	0.13						
37	Non fessurata	0	-14	0.13						
38	Non fessurata	0	-4	0.13						
39	Non fessurata	0	-10	0.13						
40	Non fessurata	0	-21	0.13						
41	Non fessurata	0	-43	0.13						
42	Non fessurata	0	-32	0.13						
43	Non fessurata	0	-39	0.13						
44	Non fessurata	0	-50	0.13						

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	45 di 89

45	Non fessurata	0	-45	0.13
46	Non fessurata	0	-35	0.13
47	Non fessurata	0	-42	0.13
48	Non fessurata	0	-52	0.13
49	Non fessurata	0	-14	0.13
50	Non fessurata	0	-6	0.13
51	Non fessurata	0	-11	0.13
52	Non fessurata	0	-20	0.13
53	Non fessurata	0	-16	0.13
54	Non fessurata	0	-8	0.13
55	Non fessurata	0	-13	0.13
56	Non fessurata	0	-23	0.13

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO\_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<b><i>[cm]</i></b>	<b><i>[cm]</i></b>
<b>100</b>	<b>45</b>

### 9.5.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	238	-112	-259.6	<b>2.31</b>
2	206	-95	-254.8	<b>2.67</b>
3	238	-115	-259.6	<b>2.26</b>
4	206	-98	-254.8	<b>2.60</b>
5	238	-116	-259.6	<b>2.24</b>
6	206	-99	-254.8	<b>2.58</b>
7	238	-113	-259.6	<b>2.29</b>
8	206	-96	-254.8	<b>2.65</b>
9	206	-94	-254.8	<b>2.70</b>
10	206	-99	-254.8	<b>2.58</b>
11	206	-100	-254.8	<b>2.55</b>
12	206	-96	-254.8	<b>2.67</b>
13	238	-112	-259.6	<b>2.31</b>
14	79	-27	-235.6	<b>8.57</b>
15	238	-115	-259.6	<b>2.26</b>
16	79	-30	-235.6	<b>7.84</b>
17	238	-116	-259.6	<b>2.24</b>
18	79	-31	-235.6	<b>7.65</b>
19	238	-113	-259.6	<b>2.29</b>
20	79	-28	-235.6	<b>8.35</b>
21	79	-26	-235.6	<b>8.93</b>
22	79	-31	-235.6	<b>7.69</b>
23	79	-32	-235.6	<b>7.39</b>
24	79	-28	-235.6	<b>8.53</b>
25	238	-112	-259.6	<b>2.32</b>
26	206	-95	-254.8	<b>2.68</b>
27	238	-115	-259.6	<b>2.26</b>
28	206	-98	-254.8	<b>2.61</b>
29	238	-115	-259.6	<b>2.25</b>
30	206	-98	-254.8	<b>2.59</b>
31	238	-113	-259.6	<b>2.30</b>
32	206	-96	-254.8	<b>2.66</b>
33	206	-94	-254.8	<b>2.71</b>
34	206	-98	-254.8	<b>2.59</b>
35	206	-99	-254.8	<b>2.56</b>
36	206	-95	-254.8	<b>2.68</b>
37	238	-112	-259.6	<b>2.32</b>
38	79	-27	-235.6	<b>8.67</b>
39	238	-115	-259.6	<b>2.26</b>
40	79	-30	-235.6	<b>7.92</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	48 di 89

41	238	-115	-259.6	<b>2.25</b>
42	79	-30	-235.6	<b>7.73</b>
43	238	-113	-259.6	<b>2.30</b>
44	79	-28	-235.6	<b>8.44</b>
45	79	-26	-235.6	<b>9.03</b>
46	79	-30	-235.6	<b>7.76</b>
47	79	-32	-235.6	<b>7.46</b>
48	79	-27	-235.6	<b>8.63</b>
49	56	-24	-232.0	<b>9.87</b>
50	56	-19	-232.0	<b>12.05</b>
51	56	-16	-232.0	<b>14.34</b>
52	56	-20	-232.0	<b>11.35</b>
53	213	-148	-255.9	<b>1.73</b>
54	186	-124	-251.8	<b>2.03</b>
55	213	-150	-255.9	<b>1.70</b>
56	186	-126	-251.8	<b>1.99</b>
57	213	-151	-255.9	<b>1.69</b>
58	186	-127	-251.8	<b>1.98</b>
59	213	-149	-255.9	<b>1.72</b>
60	186	-125	-251.8	<b>2.02</b>
61	186	-123	-251.8	<b>2.05</b>
62	186	-127	-251.8	<b>1.98</b>
63	186	-128	-251.8	<b>1.96</b>
64	186	-124	-251.8	<b>2.03</b>
65	213	-148	-255.9	<b>1.73</b>
66	79	-27	-235.6	<b>8.57</b>
67	213	-150	-255.9	<b>1.70</b>
68	79	-30	-235.6	<b>7.84</b>
69	213	-151	-255.9	<b>1.69</b>
70	79	-31	-235.6	<b>7.65</b>
71	213	-149	-255.9	<b>1.72</b>
72	79	-28	-235.6	<b>8.35</b>
73	79	-26	-235.6	<b>8.93</b>
74	79	-31	-235.6	<b>7.69</b>
75	79	-32	-235.6	<b>7.39</b>
76	79	-28	-235.6	<b>8.53</b>
77	213	-148	-255.9	<b>1.73</b>
78	186	-123	-251.8	<b>2.04</b>
79	213	-150	-255.9	<b>1.70</b>
80	186	-126	-251.8	<b>2.00</b>
81	213	-151	-255.9	<b>1.70</b>
82	186	-127	-251.8	<b>1.99</b>
83	213	-148	-255.9	<b>1.73</b>
84	186	-124	-251.8	<b>2.03</b>
85	186	-122	-251.8	<b>2.06</b>
86	186	-127	-251.8	<b>1.99</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	49 di 89

87	186	-128	-251.8	<b>1.97</b>
88	186	-124	-251.8	<b>2.04</b>
89	213	-148	-255.9	<b>1.73</b>
90	79	-27	-235.6	<b>8.67</b>
91	213	-150	-255.9	<b>1.70</b>
92	79	-30	-235.6	<b>7.92</b>
93	213	-151	-255.9	<b>1.70</b>
94	79	-30	-235.6	<b>7.73</b>
95	213	-148	-255.9	<b>1.73</b>
96	79	-28	-235.6	<b>8.44</b>
97	79	-26	-235.6	<b>9.03</b>
98	79	-30	-235.6	<b>7.76</b>
99	79	-32	-235.6	<b>7.46</b>
100	79	-27	-235.6	<b>8.63</b>
101	56	-24	-232.0	<b>9.87</b>
102	56	-19	-232.0	<b>12.05</b>
103	56	-16	-232.0	<b>14.34</b>
104	56	-20	-232.0	<b>11.35</b>
105	262	-77	-263.2	<b>3.42</b>
106	226	-67	-257.7	<b>3.85</b>
107	262	-79	-263.2	<b>3.31</b>
108	226	-70	-257.7	<b>3.70</b>
109	262	-80	-263.2	<b>3.28</b>
110	226	-70	-257.7	<b>3.66</b>
111	262	-78	-263.2	<b>3.39</b>
112	226	-68	-257.7	<b>3.80</b>
113	226	-66	-257.7	<b>3.91</b>
114	226	-70	-257.7	<b>3.67</b>
115	226	-71	-257.7	<b>3.61</b>
116	226	-67	-257.7	<b>3.84</b>
117	262	-77	-263.2	<b>3.42</b>
118	99	1	-238.5	<b>264.79</b>
119	262	-79	-263.2	<b>3.31</b>
120	99	-2	-238.5	<b>144.05</b>
121	262	-80	-263.2	<b>3.28</b>
122	99	-2	-238.5	<b>99.60</b>
123	262	-78	-263.2	<b>3.39</b>
124	99	0	-238.5	<b>1474.33</b>
125	99	2	-238.5	<b>119.30</b>
126	99	-2	-238.5	<b>105.46</b>
127	99	-3	-238.5	<b>68.28</b>
128	99	1	-238.5	<b>310.73</b>
129	262	-77	-263.2	<b>3.44</b>
130	226	-67	-257.7	<b>3.86</b>
131	262	-79	-263.2	<b>3.33</b>
132	226	-69	-257.7	<b>3.72</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	50 di 89

133	262	-80	-263.2	<b>3.29</b>
134	226	-70	-257.7	<b>3.68</b>
135	262	-77	-263.2	<b>3.40</b>
136	226	-67	-257.7	<b>3.82</b>
137	226	-66	-257.7	<b>3.93</b>
138	226	-70	-257.7	<b>3.69</b>
139	226	-71	-257.7	<b>3.62</b>
140	226	-67	-257.7	<b>3.86</b>
141	262	-77	-263.2	<b>3.44</b>
142	99	1	-238.5	<b>197.37</b>
143	262	-79	-263.2	<b>3.33</b>
144	99	-1	-238.5	<b>176.92</b>
145	262	-80	-263.2	<b>3.29</b>
146	99	-2	-238.5	<b>114.27</b>
147	262	-77	-263.2	<b>3.40</b>
148	99	0	-238.5	<b>508.20</b>
149	99	2	-238.5	<b>103.39</b>
150	99	-2	-238.5	<b>122.07</b>
151	99	-3	-238.5	<b>74.87</b>
152	99	1	-238.5	<b>221.84</b>
153	56	-24	-232.0	<b>9.87</b>
154	56	-19	-232.0	<b>12.05</b>
155	56	-16	-232.0	<b>14.34</b>
156	56	-20	-232.0	<b>11.35</b>
157	134	-105	-243.9	<b>2.31</b>
158	123	-90	-242.2	<b>2.70</b>
159	134	-108	-243.9	<b>2.26</b>
160	123	-92	-242.2	<b>2.62</b>
161	134	-109	-243.9	<b>2.24</b>
162	123	-93	-242.2	<b>2.60</b>
163	134	-106	-243.9	<b>2.30</b>
164	123	-91	-242.2	<b>2.67</b>
165	123	-89	-242.2	<b>2.73</b>
166	123	-93	-242.2	<b>2.60</b>
167	123	-94	-242.2	<b>2.57</b>
168	123	-90	-242.2	<b>2.69</b>
169	134	-105	-243.9	<b>2.31</b>
170	143	-61	-245.2	<b>3.99</b>
171	134	-108	-243.9	<b>2.26</b>
172	143	-64	-245.2	<b>3.83</b>
173	134	-109	-243.9	<b>2.24</b>
174	143	-65	-245.2	<b>3.79</b>
175	134	-106	-243.9	<b>2.30</b>
176	143	-62	-245.2	<b>3.94</b>
177	143	-60	-245.2	<b>4.06</b>
178	143	-65	-245.2	<b>3.79</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	51 di 89

179	143	-66	-245.2	<b>3.72</b>
180	143	-62	-245.2	<b>3.98</b>
181	134	-105	-243.9	<b>2.32</b>
182	123	-90	-242.2	<b>2.71</b>
183	134	-108	-243.9	<b>2.27</b>
184	123	-92	-242.2	<b>2.63</b>
185	134	-108	-243.9	<b>2.25</b>
186	123	-93	-242.2	<b>2.61</b>
187	134	-106	-243.9	<b>2.30</b>
188	123	-90	-242.2	<b>2.68</b>
189	123	-88	-242.2	<b>2.74</b>
190	123	-93	-242.2	<b>2.61</b>
191	123	-94	-242.2	<b>2.58</b>
192	123	-90	-242.2	<b>2.70</b>
193	134	-105	-243.9	<b>2.32</b>
194	143	-61	-245.2	<b>4.01</b>
195	134	-108	-243.9	<b>2.27</b>
196	143	-64	-245.2	<b>3.85</b>
197	134	-108	-243.9	<b>2.25</b>
198	143	-64	-245.2	<b>3.81</b>
199	134	-106	-243.9	<b>2.30</b>
200	143	-62	-245.2	<b>3.96</b>
201	143	-60	-245.2	<b>4.08</b>
202	143	-64	-245.2	<b>3.81</b>
203	143	-66	-245.2	<b>3.74</b>
204	143	-61	-245.2	<b>4.00</b>
205	56	-24	-232.0	<b>9.87</b>
206	56	-19	-232.0	<b>12.05</b>
207	56	-16	-232.0	<b>14.34</b>
208	56	-20	-232.0	<b>11.35</b>
209	183	-34	-251.3	<b>7.29</b>
210	162	-33	-248.2	<b>7.51</b>
211	183	-37	-251.3	<b>6.79</b>
212	162	-36	-248.2	<b>6.97</b>
213	183	-38	-251.3	<b>6.66</b>
214	162	-36	-248.2	<b>6.82</b>
215	183	-35	-251.3	<b>7.14</b>
216	162	-34	-248.2	<b>7.34</b>
217	162	-32	-248.2	<b>7.76</b>
218	162	-36	-248.2	<b>6.85</b>
219	162	-37	-248.2	<b>6.62</b>
220	162	-33	-248.2	<b>7.48</b>
221	183	-34	-251.3	<b>7.29</b>
222	162	-33	-248.2	<b>7.51</b>
223	183	-37	-251.3	<b>6.79</b>
224	162	-36	-248.2	<b>6.97</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	52 di 89

225	183	-38	-251.3	<b>6.66</b>
226	162	-36	-248.2	<b>6.82</b>
227	183	-35	-251.3	<b>7.14</b>
228	162	-34	-248.2	<b>7.34</b>
229	162	-32	-248.2	<b>7.76</b>
230	162	-36	-248.2	<b>6.85</b>
231	162	-37	-248.2	<b>6.62</b>
232	162	-33	-248.2	<b>7.48</b>
233	183	-34	-251.3	<b>7.36</b>
234	162	-33	-248.2	<b>7.58</b>
235	183	-37	-251.3	<b>6.85</b>
236	162	-35	-248.2	<b>7.03</b>
237	183	-37	-251.3	<b>6.71</b>
238	162	-36	-248.2	<b>6.88</b>
239	183	-35	-251.3	<b>7.20</b>
240	162	-33	-248.2	<b>7.41</b>
241	162	-32	-248.2	<b>7.84</b>
242	162	-36	-248.2	<b>6.91</b>
243	162	-37	-248.2	<b>6.68</b>
244	162	-33	-248.2	<b>7.55</b>
245	183	-34	-251.3	<b>7.36</b>
246	162	-33	-248.2	<b>7.58</b>
247	183	-37	-251.3	<b>6.85</b>
248	162	-35	-248.2	<b>7.03</b>
249	183	-37	-251.3	<b>6.71</b>
250	162	-36	-248.2	<b>6.88</b>
251	183	-35	-251.3	<b>7.20</b>
252	162	-33	-248.2	<b>7.41</b>
253	162	-32	-248.2	<b>7.84</b>
254	162	-36	-248.2	<b>6.91</b>
255	162	-37	-248.2	<b>6.68</b>
256	162	-33	-248.2	<b>7.55</b>
257	56	-24	-232.0	<b>9.87</b>
258	56	-19	-232.0	<b>12.05</b>
259	56	-16	-232.0	<b>14.34</b>
260	56	-20	-232.0	<b>11.35</b>
261	68	-48	-233.8	<b>4.88</b>
262	68	-49	-233.8	<b>4.74</b>
263	74	-38	-234.9	<b>6.16</b>
264	74	-40	-234.9	<b>5.94</b>
265	68	-50	-233.8	<b>4.70</b>
266	68	-48	-233.8	<b>4.84</b>
267	83	-22	-236.1	<b>10.50</b>
268	83	-24	-236.1	<b>9.87</b>
269	74	-40	-234.9	<b>5.88</b>
270	74	-39	-234.9	<b>6.09</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	53 di 89

271	89	-13	-237.1	<b>18.66</b>
272	89	-14	-237.1	<b>16.79</b>
273	83	-24	-236.1	<b>9.71</b>
274	83	-23	-236.1	<b>10.31</b>
275	89	-15	-237.1	<b>16.31</b>
276	89	-13	-237.1	<b>18.08</b>
277	66	-47	-233.5	<b>4.92</b>
278	66	-49	-233.5	<b>4.78</b>
279	72	-38	-234.6	<b>6.23</b>
280	72	-39	-234.6	<b>6.00</b>
281	66	-49	-233.5	<b>4.74</b>
282	66	-48	-233.5	<b>4.88</b>
283	81	-22	-235.8	<b>10.72</b>
284	81	-23	-235.8	<b>10.07</b>
285	72	-39	-234.6	<b>5.94</b>
286	72	-38	-234.6	<b>6.16</b>
287	87	-12	-236.8	<b>19.39</b>
288	87	-14	-236.8	<b>17.37</b>
289	81	-24	-235.8	<b>9.89</b>
290	81	-22	-235.8	<b>10.52</b>
291	87	-14	-236.8	<b>16.86</b>
292	87	-13	-236.8	<b>18.76</b>
293	75	-39	-235.0	<b>5.97</b>
294	75	-41	-235.0	<b>5.76</b>
295	82	-30	-236.0	<b>7.98</b>
296	82	-31	-236.0	<b>7.62</b>
297	75	-41	-235.0	<b>5.71</b>
298	75	-40	-235.0	<b>5.91</b>
299	80	-32	-235.7	<b>7.43</b>
300	80	-33	-235.7	<b>7.11</b>
301	82	-31	-236.0	<b>7.52</b>
302	82	-30	-236.0	<b>7.87</b>
303	86	-22	-236.7	<b>10.79</b>
304	86	-23	-236.7	<b>10.14</b>
305	80	-34	-235.7	<b>7.02</b>
306	80	-32	-235.7	<b>7.33</b>
307	86	-24	-236.7	<b>9.96</b>
308	86	-22	-236.7	<b>10.59</b>
309	69	-38	-234.0	<b>6.20</b>
310	69	-39	-234.0	<b>5.98</b>
311	75	-28	-235.0	<b>8.41</b>
312	75	-29	-235.0	<b>8.01</b>
313	69	-40	-234.0	<b>5.92</b>
314	69	-38	-234.0	<b>6.14</b>
315	73	-30	-234.7	<b>7.80</b>
316	73	-32	-234.7	<b>7.45</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	54 di 89

317	75	-30	-235.0	<b>7.90</b>
318	75	-28	-235.0	<b>8.29</b>
319	80	-20	-235.7	<b>11.61</b>
320	80	-22	-235.7	<b>10.85</b>
321	73	-32	-234.7	<b>7.35</b>
322	73	-31	-234.7	<b>7.69</b>
323	80	-22	-235.7	<b>10.65</b>
324	80	-21	-235.7	<b>11.38</b>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### 9.5.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	0	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	0	
Passo Staffe	s	0	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm <sup>2</sup>
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	340	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>d,y</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,e</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_1_3</i>	<i>170.724</i>	<i>212.588</i>	<i>0.472418</i>	<i>194.3135</i>				<i>1.138</i>

### 9.5.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-111	0.13						
2	Non fessurata	0	-114	0.13						
3	Non fessurata	0	-115	0.13						
4	Non fessurata	0	-112	0.13						
5	Non fessurata	0	-15	0.13						
6	Non fessurata	0	-18	0.13						
7	Non fessurata	0	-19	0.13						
8	Non fessurata	0	-16	0.13						
9	Non fessurata	0	-108	0.13						
10	Non fessurata	0	-111	0.13						
11	Non fessurata	0	-112	0.13						
12	Non fessurata	0	-109	0.13						
13	Non fessurata	0	-13	0.13						
14	Non fessurata	0	-15	0.13						
15	Non fessurata	0	-16	0.13						
16	Non fessurata	0	-14	0.13						
17	Non fessurata	0	-34	0.13						
18	Non fessurata	0	-37	0.13						
19	Non fessurata	0	-38	0.13						
20	Non fessurata	0	-35	0.13						
21	Non fessurata	0	-32	0.13						
22	Non fessurata	0	-34	0.13						
23	Non fessurata	0	-35	0.13						
24	Non fessurata	0	-33	0.13						
25	Non fessurata	0	-63	0.13						
26	Non fessurata	0	-66	0.13						
27	Non fessurata	0	-67	0.13						
28	Non fessurata	0	-64	0.13						
29	Non fessurata	0	-15	0.13						
30	Non fessurata	0	-18	0.13						
31	Non fessurata	0	-19	0.13						
32	Non fessurata	0	-16	0.13						
33	Non fessurata	0	-60	0.13						
34	Non fessurata	0	-63	0.13						
35	Non fessurata	0	-64	0.13						
36	Non fessurata	0	-61	0.13						
37	Non fessurata	0	-13	0.13						
38	Non fessurata	0	-15	0.13						
39	Non fessurata	0	-16	0.13						
40	Non fessurata	0	-14	0.13						
41	Non fessurata	0	-25	0.13						

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	57 di 89

42	Non fessurata	0	-27	0.13
43	Non fessurata	0	-28	0.13
44	Non fessurata	0	-26	0.13
45	Non fessurata	0	-22	0.13
46	Non fessurata	0	-25	0.13
47	Non fessurata	0	-26	0.13
48	Non fessurata	0	-23	0.13
49	Non fessurata	0	-111	0.13
50	Non fessurata	0	-114	0.13
51	Non fessurata	0	-115	0.13
52	Non fessurata	0	-112	0.13
53	Non fessurata	0	-108	0.13
54	Non fessurata	0	-111	0.13
55	Non fessurata	0	-112	0.13
56	Non fessurata	0	-109	0.13

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE\_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	45

### 9.6.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni di carico più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.4
5	16	10.05	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	101	-76	-353.3	<b>4.64</b>
2	88	-65	-351.5	<b>5.42</b>
3	95	-67	-352.5	<b>5.28</b>
4	83	-55	-350.7	<b>6.32</b>
5	98	-73	-352.8	<b>4.86</b>
6	85	-61	-351.0	<b>5.72</b>
7	103	-82	-353.6	<b>4.31</b>
8	91	-71	-351.8	<b>4.98</b>
9	89	-66	-351.6	<b>5.33</b>
10	80	-50	-350.3	<b>6.95</b>
11	84	-60	-350.9	<b>5.83</b>
12	93	-76	-352.2	<b>4.65</b>
13	101	-76	-353.3	<b>4.64</b>
14	38	-20	-344.1	<b>17.57</b>
15	95	-67	-352.5	<b>5.28</b>
16	33	-10	-343.3	<b>33.44</b>
17	98	-73	-352.8	<b>4.86</b>
18	35	-16	-343.6	<b>21.29</b>
19	103	-82	-353.6	<b>4.31</b>
20	41	-25	-344.4	<b>13.53</b>
21	39	-21	-344.2	<b>16.61</b>
22	31	-5	-342.9	<b>65.89</b>
23	34	-15	-343.5	<b>22.91</b>
24	43	-31	-344.8	<b>11.30</b>
25	101	-76	-353.3	<b>4.62</b>
26	89	-65	-351.5	<b>5.40</b>
27	96	-67	-352.5	<b>5.25</b>
28	83	-56	-350.7	<b>6.29</b>
29	98	-73	-352.9	<b>4.84</b>
30	85	-62	-351.0	<b>5.69</b>
31	103	-82	-353.7	<b>4.30</b>
32	91	-71	-351.8	<b>4.96</b>
33	90	-66	-351.6	<b>5.31</b>
34	81	-51	-350.3	<b>6.91</b>
35	84	-61	-350.9	<b>5.80</b>
36	93	-76	-352.2	<b>4.63</b>
37	101	-76	-353.3	<b>4.62</b>
38	39	-20	-344.1	<b>17.29</b>
39	96	-67	-352.5	<b>5.25</b>
40	33	-11	-343.3	<b>32.43</b>
41	98	-73	-352.9	<b>4.84</b>
42	36	-16	-343.6	<b>20.88</b>

43	103	-82	-353.7	<b>4.30</b>
44	41	-26	-344.4	<b>13.36</b>
45	40	-21	-344.2	<b>16.36</b>
46	31	-6	-342.9	<b>62.07</b>
47	35	-15	-343.5	<b>22.43</b>
48	44	-31	-344.8	<b>11.18</b>
49	21	-9	-341.5	<b>39.45</b>
50	30	-24	-342.8	<b>14.18</b>
51	28	-16	-342.5	<b>21.00</b>
52	19	-1	-341.2	<b>431.01</b>
53	72	-40	-349.1	<b>8.81</b>
54	66	-36	-348.1	<b>9.77</b>
55	67	-30	-348.3	<b>11.49</b>
56	60	-26	-347.3	<b>13.20</b>
57	69	-36	-348.7	<b>9.63</b>
58	63	-32	-347.7	<b>10.80</b>
59	75	-46	-349.5	<b>7.68</b>
60	68	-41	-348.4	<b>8.40</b>
61	67	-37	-348.3	<b>9.47</b>
62	58	-21	-346.9	<b>16.33</b>
63	62	-31	-347.5	<b>11.20</b>
64	71	-47	-348.8	<b>7.49</b>
65	72	-40	-349.1	<b>8.81</b>
66	38	-20	-344.1	<b>17.57</b>
67	67	-30	-348.3	<b>11.49</b>
68	33	-10	-343.3	<b>33.44</b>
69	69	-36	-348.7	<b>9.63</b>
70	35	-16	-343.6	<b>21.29</b>
71	75	-46	-349.5	<b>7.68</b>
72	41	-25	-344.4	<b>13.53</b>
73	39	-21	-344.2	<b>16.61</b>
74	31	-5	-342.9	<b>65.89</b>
75	34	-15	-343.5	<b>22.91</b>
76	43	-31	-344.8	<b>11.30</b>
77	73	-40	-349.2	<b>8.74</b>
78	66	-36	-348.1	<b>9.69</b>
79	67	-31	-348.4	<b>11.37</b>
80	61	-27	-347.4	<b>13.04</b>
81	70	-37	-348.7	<b>9.55</b>
82	63	-33	-347.7	<b>10.70</b>
83	75	-46	-349.5	<b>7.63</b>
84	68	-42	-348.5	<b>8.33</b>
85	67	-37	-348.3	<b>9.39</b>
86	58	-22	-347.0	<b>16.09</b>
87	62	-31	-347.5	<b>11.08</b>
88	71	-47	-348.9	<b>7.44</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	61 di 89

89	73	-40	-349.2	<b>8.74</b>
90	39	-20	-344.1	<b>17.29</b>
91	67	-31	-348.4	<b>11.37</b>
92	33	-11	-343.3	<b>32.43</b>
93	70	-37	-348.7	<b>9.55</b>
94	36	-16	-343.6	<b>20.88</b>
95	75	-46	-349.5	<b>7.63</b>
96	41	-26	-344.4	<b>13.36</b>
97	40	-21	-344.2	<b>16.36</b>
98	31	-6	-342.9	<b>62.07</b>
99	35	-15	-343.5	<b>22.43</b>
100	44	-31	-344.8	<b>11.18</b>
101	21	-9	-341.5	<b>39.45</b>
102	30	-24	-342.8	<b>14.18</b>
103	28	-16	-342.5	<b>21.00</b>
104	19	-1	-341.2	<b>431.01</b>
105	129	-113	-357.5	<b>3.18</b>
106	111	-94	-354.8	<b>3.78</b>
107	124	-103	-356.7	<b>3.46</b>
108	105	-85	-354.0	<b>4.18</b>
109	126	-109	-357.0	<b>3.27</b>
110	108	-91	-354.3	<b>3.91</b>
111	131	-118	-357.8	<b>3.02</b>
112	113	-100	-355.1	<b>3.56</b>
113	112	-95	-354.9	<b>3.73</b>
114	103	-80	-353.6	<b>4.44</b>
115	107	-89	-354.2	<b>3.96</b>
116	116	-105	-355.5	<b>3.39</b>
117	129	-113	-357.5	<b>3.18</b>
118	61	-49	-347.4	<b>7.13</b>
119	124	-103	-356.7	<b>3.46</b>
120	56	-39	-346.6	<b>8.79</b>
121	126	-109	-357.0	<b>3.27</b>
122	58	-45	-347.0	<b>7.66</b>
123	131	-118	-357.8	<b>3.02</b>
124	63	-55	-347.8	<b>6.37</b>
125	62	-50	-347.6	<b>6.97</b>
126	53	-34	-346.2	<b>10.08</b>
127	57	-44	-346.8	<b>7.85</b>
128	66	-60	-348.1	<b>5.83</b>
129	129	-113	-357.5	<b>3.17</b>
130	111	-94	-354.8	<b>3.76</b>
131	124	-104	-356.7	<b>3.44</b>
132	106	-85	-354.0	<b>4.17</b>
133	126	-109	-357.0	<b>3.26</b>
134	108	-91	-354.4	<b>3.90</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	62 di 89

135	131	-119	-357.8	<b>3.01</b>
136	113	-100	-355.2	<b>3.55</b>
137	112	-95	-355.0	<b>3.72</b>
138	103	-80	-353.7	<b>4.43</b>
139	107	-90	-354.2	<b>3.95</b>
140	116	-105	-355.5	<b>3.38</b>
141	129	-113	-357.5	<b>3.17</b>
142	61	-49	-347.5	<b>7.08</b>
143	124	-104	-356.7	<b>3.44</b>
144	56	-40	-346.7	<b>8.72</b>
145	126	-109	-357.0	<b>3.26</b>
146	58	-46	-347.0	<b>7.61</b>
147	131	-119	-357.8	<b>3.01</b>
148	64	-55	-347.8	<b>6.33</b>
149	62	-50	-347.6	<b>6.92</b>
150	53	-35	-346.3	<b>9.98</b>
151	57	-44	-346.9	<b>7.80</b>
152	66	-60	-348.2	<b>5.80</b>
153	21	-9	-341.5	<b>39.45</b>
154	30	-24	-342.8	<b>14.18</b>
155	28	-16	-342.5	<b>21.00</b>
156	19	-1	-341.2	<b>431.01</b>
157	41	-11	-344.5	<b>30.27</b>
158	41	-13	-344.4	<b>26.45</b>
159	36	-2	-343.7	<b>166.10</b>
160	35	-4	-343.6	<b>92.65</b>
161	38	-8	-344.0	<b>43.31</b>
162	38	-10	-344.0	<b>35.89</b>
163	44	-17	-344.8	<b>19.98</b>
164	43	-19	-344.7	<b>18.24</b>
165	42	-14	-344.6	<b>24.32</b>
166	33	1	-229.9	<b>169.77</b>
167	37	-8	-343.8	<b>40.75</b>
168	46	-24	-345.1	<b>14.41</b>
169	41	-11	-344.5	<b>30.27</b>
170	63	-42	-347.8	<b>8.24</b>
171	36	-2	-343.7	<b>166.10</b>
172	58	-33	-347.0	<b>10.56</b>
173	38	-8	-344.0	<b>43.31</b>
174	60	-39	-347.3	<b>8.96</b>
175	44	-17	-344.8	<b>19.98</b>
176	66	-48	-348.1	<b>7.24</b>
177	64	-43	-347.9	<b>8.03</b>
178	55	-28	-346.6	<b>12.46</b>
179	59	-38	-347.2	<b>9.23</b>
180	68	-53	-348.5	<b>6.56</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	63 di 89

181	42	-12	-344.5	<b>29.44</b>
182	41	-13	-344.4	<b>25.82</b>
183	36	-2	-343.7	<b>143.82</b>
184	36	-4	-343.7	<b>85.28</b>
185	39	-8	-344.1	<b>41.63</b>
186	38	-10	-344.0	<b>34.73</b>
187	44	-18	-344.9	<b>19.62</b>
188	43	-19	-344.8	<b>17.94</b>
189	42	-14	-344.6	<b>23.78</b>
190	33	1	-229.9	<b>222.57</b>
191	37	-9	-343.8	<b>39.26</b>
192	46	-24	-345.2	<b>14.22</b>
193	42	-12	-344.5	<b>29.44</b>
194	64	-43	-347.8	<b>8.18</b>
195	36	-2	-343.7	<b>143.82</b>
196	58	-33	-347.0	<b>10.45</b>
197	39	-8	-344.1	<b>41.63</b>
198	61	-39	-347.3	<b>8.89</b>
199	44	-18	-344.9	<b>19.62</b>
200	66	-48	-348.1	<b>7.20</b>
201	65	-44	-347.9	<b>7.97</b>
202	56	-28	-346.6	<b>12.32</b>
203	60	-38	-347.2	<b>9.16</b>
204	68	-53	-348.5	<b>6.52</b>
205	21	-9	-341.5	<b>39.45</b>
206	30	-24	-342.8	<b>14.18</b>
207	28	-16	-342.5	<b>21.00</b>
208	19	-1	-341.2	<b>431.01</b>
209	98	-84	-352.9	<b>4.19</b>
210	86	-71	-351.1	<b>4.92</b>
211	92	-75	-352.1	<b>4.70</b>
212	81	-62	-350.3	<b>5.65</b>
213	95	-81	-352.4	<b>4.36</b>
214	83	-68	-350.7	<b>5.16</b>
215	100	-90	-353.2	<b>3.92</b>
216	88	-77	-351.4	<b>4.55</b>
217	87	-72	-351.3	<b>4.85</b>
218	78	-57	-349.9	<b>6.14</b>
219	82	-67	-350.5	<b>5.25</b>
220	91	-82	-351.8	<b>4.28</b>
221	98	-84	-352.9	<b>4.19</b>
222	86	-71	-351.1	<b>4.92</b>
223	92	-75	-352.1	<b>4.70</b>
224	81	-62	-350.3	<b>5.65</b>
225	95	-81	-352.4	<b>4.36</b>
226	83	-68	-350.7	<b>5.16</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	64 di 89

227	100	-90	-353.2	<b>3.92</b>
228	88	-77	-351.4	<b>4.55</b>
229	87	-72	-351.3	<b>4.85</b>
230	78	-57	-349.9	<b>6.14</b>
231	82	-67	-350.5	<b>5.25</b>
232	91	-82	-351.8	<b>4.28</b>
233	98	-85	-352.9	<b>4.17</b>
234	86	-72	-351.1	<b>4.90</b>
235	93	-75	-352.1	<b>4.68</b>
236	81	-62	-350.4	<b>5.62</b>
237	95	-81	-352.5	<b>4.34</b>
238	83	-68	-350.7	<b>5.14</b>
239	100	-90	-353.2	<b>3.90</b>
240	88	-78	-351.5	<b>4.53</b>
241	87	-73	-351.3	<b>4.82</b>
242	78	-57	-350.0	<b>6.11</b>
243	82	-67	-350.5	<b>5.23</b>
244	91	-83	-351.9	<b>4.26</b>
245	98	-85	-352.9	<b>4.17</b>
246	86	-72	-351.1	<b>4.90</b>
247	93	-75	-352.1	<b>4.68</b>
248	81	-62	-350.4	<b>5.62</b>
249	95	-81	-352.5	<b>4.34</b>
250	83	-68	-350.7	<b>5.14</b>
251	100	-90	-353.2	<b>3.90</b>
252	88	-78	-351.5	<b>4.53</b>
253	87	-73	-351.3	<b>4.82</b>
254	78	-57	-350.0	<b>6.11</b>
255	82	-67	-350.5	<b>5.23</b>
256	91	-83	-351.9	<b>4.26</b>
257	21	-9	-341.5	<b>39.45</b>
258	30	-24	-342.8	<b>14.18</b>
259	28	-16	-342.5	<b>21.00</b>
260	19	-1	-341.2	<b>431.01</b>
261	29	-6	-342.6	<b>58.93</b>
262	26	-1	-342.2	<b>534.56</b>
263	37	-16	-343.8	<b>21.66</b>
264	34	-11	-343.3	<b>32.10</b>
265	27	-4	-342.4	<b>87.70</b>
266	30	-9	-342.8	<b>37.76</b>
267	41	-30	-344.5	<b>11.40</b>
268	38	-25	-344.0	<b>13.74</b>
269	35	-14	-343.5	<b>24.61</b>
270	38	-19	-344.0	<b>17.98</b>
271	49	-40	-345.6	<b>8.58</b>
272	46	-35	-345.2	<b>9.84</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	65 di 89

273	39	-28	-344.2	<b>12.16</b>
274	42	-33	-344.6	<b>10.30</b>
275	47	-38	-345.4	<b>9.00</b>
276	50	-44	-345.8	<b>7.94</b>
277	29	-5	-342.6	<b>64.58</b>
278	26	0	-342.2	<b>2600.04</b>
279	37	-15	-343.8	<b>22.38</b>
280	34	-10	-343.3	<b>33.70</b>
281	27	-3	-342.4	<b>100.84</b>
282	30	-9	-342.8	<b>40.00</b>
283	41	-30	-344.4	<b>11.60</b>
284	38	-25	-344.0	<b>14.02</b>
285	35	-13	-343.5	<b>25.54</b>
286	38	-19	-344.0	<b>18.47</b>
287	49	-40	-345.6	<b>8.69</b>
288	46	-35	-345.2	<b>9.98</b>
289	39	-28	-344.2	<b>12.38</b>
290	42	-33	-344.6	<b>10.45</b>
291	47	-38	-345.3	<b>9.12</b>
292	50	-43	-345.8	<b>8.04</b>
293	31	-15	-342.9	<b>23.59</b>
294	28	-9	-342.4	<b>36.58</b>
295	38	-25	-344.0	<b>13.99</b>
296	35	-19	-343.6	<b>17.70</b>
297	29	-13	-342.6	<b>27.14</b>
298	32	-18	-343.1	<b>19.28</b>
299	34	-22	-343.4	<b>15.71</b>
300	31	-17	-343.0	<b>20.56</b>
301	37	-23	-343.8	<b>15.16</b>
302	40	-28	-344.2	<b>12.36</b>
303	42	-32	-344.6	<b>10.80</b>
304	39	-27	-344.1	<b>12.87</b>
305	33	-20	-343.2	<b>17.21</b>
306	36	-25	-343.6	<b>13.68</b>
307	40	-30	-344.3	<b>11.48</b>
308	43	-35	-344.8	<b>9.80</b>
309	30	-13	-342.8	<b>26.70</b>
310	27	-8	-342.4	<b>44.67</b>
311	38	-23	-344.0	<b>15.03</b>
312	35	-18	-343.6	<b>19.39</b>
313	29	-11	-342.6	<b>31.35</b>
314	32	-16	-343.0	<b>21.30</b>
315	34	-20	-343.4	<b>17.03</b>
316	31	-15	-343.0	<b>22.89</b>
317	36	-21	-343.7	<b>16.38</b>
318	39	-26	-344.2	<b>13.16</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	66 di 89

319	42	-30	-344.6	<b>11.40</b>
320	39	-25	-344.1	<b>13.74</b>
321	32	-18	-343.1	<b>18.80</b>
322	35	-23	-343.6	<b>14.67</b>
323	40	-28	-344.3	<b>12.16</b>
324	43	-33	-344.7	<b>10.30</b>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### 9.6.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm <sup>2</sup>
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	340	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sep	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_1_53</i>	<i>-241.155</i>	<i>127.501</i>			<i>1373.558</i>	<i>513</i>	<i>513</i>	<i>2.125</i>

### 9.6.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-11	0.13						
2	Non fessurata	0	-5	0.13						
3	Non fessurata	0	-9	0.13						
4	Non fessurata	0	-16	0.13						
5	Non fessurata	0	-9	0.13						
6	Non fessurata	0	-2	0.13						
7	Non fessurata	0	-6	0.13						
8	Non fessurata	0	-13	0.13						
9	Non fessurata	0	-13	0.13						
10	Non fessurata	0	-6	0.13						
11	Non fessurata	0	-11	0.13						
12	Non fessurata	0	-18	0.13						
13	Non fessurata	0	-11	0.13						
14	Non fessurata	0	-3	0.13						
15	Non fessurata	0	-8	0.13						
16	Non fessurata	0	-15	0.13						
17	Non fessurata	0	-55	0.13						
18	Non fessurata	0	-48	0.13						
19	Non fessurata	0	-53	0.13						
20	Non fessurata	0	-60	0.13						
21	Non fessurata	0	-57	0.13						
22	Non fessurata	0	-50	0.13						
23	Non fessurata	0	-54	0.13						
24	Non fessurata	0	-62	0.13						
25	Non fessurata	0	-10	0.13						
26	Non fessurata	0	-3	0.13						
27	Non fessurata	0	-8	0.13						
28	Non fessurata	0	-15	0.13						
29	Non fessurata	0	-9	0.13						
30	Non fessurata	0	-2	0.13						
31	Non fessurata	0	-6	0.13						
32	Non fessurata	0	-13	0.13						
33	Non fessurata	0	-12	0.13						
34	Non fessurata	0	-5	0.13						
35	Non fessurata	0	-9	0.13						
36	Non fessurata	0	-17	0.13						
37	Non fessurata	0	-11	0.13						
38	Non fessurata	0	-3	0.13						
39	Non fessurata	0	-8	0.13						
40	Non fessurata	0	-15	0.13						
41	Non fessurata	0	-32	0.13						
42	Non fessurata	0	-25	0.13						
43	Non fessurata	0	-29	0.13						
44	Non fessurata	0	-37	0.13						

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	69 di 89

45	Non fessurata	0	-34	0.13
46	Non fessurata	0	-26	0.13
47	Non fessurata	0	-31	0.13
48	Non fessurata	0	-38	0.13
49	Non fessurata	0	-11	0.13
50	Non fessurata	0	-5	0.13
51	Non fessurata	0	-9	0.13
52	Non fessurata	0	-16	0.13
53	Non fessurata	0	-13	0.13
54	Non fessurata	0	-6	0.13
55	Non fessurata	0	-11	0.13
56	Non fessurata	0	-18	0.13

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE\_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	45

### 9.7.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	99	104	238.6	<b>2.29</b>
2	87	88	236.8	<b>2.70</b>
3	94	114	237.8	<b>2.09</b>
4	82	97	236.0	<b>2.44</b>
5	96	108	238.2	<b>2.21</b>
6	84	91	236.3	<b>2.60</b>
7	102	98	239.0	<b>2.43</b>
8	89	82	237.1	<b>2.90</b>
9	88	86	236.9	<b>2.74</b>
10	79	102	235.6	<b>2.31</b>
11	83	92	236.2	<b>2.56</b>
12	92	77	237.5	<b>3.10</b>
13	99	104	238.6	<b>2.29</b>
14	38	20	229.4	<b>11.24</b>
15	94	114	237.8	<b>2.09</b>
16	33	30	228.6	<b>7.69</b>
17	96	108	238.2	<b>2.21</b>
18	35	24	229.0	<b>9.60</b>
19	102	98	239.0	<b>2.43</b>
20	41	15	229.8	<b>15.80</b>
21	39	19	229.6	<b>11.91</b>
22	31	35	228.2	<b>6.56</b>
23	34	25	228.8	<b>9.15</b>
24	43	9	230.2	<b>24.27</b>
25	100	104	238.7	<b>2.29</b>
26	87	87	236.8	<b>2.71</b>
27	94	113	237.9	<b>2.10</b>
28	82	97	236.0	<b>2.44</b>
29	97	107	238.2	<b>2.22</b>
30	84	91	236.4	<b>2.61</b>
31	102	98	239.0	<b>2.43</b>
32	90	81	237.2	<b>2.91</b>
33	88	86	237.0	<b>2.75</b>
34	80	102	235.6	<b>2.32</b>
35	83	92	236.2	<b>2.57</b>
36	92	76	237.6	<b>3.11</b>
37	100	104	238.7	<b>2.29</b>
38	39	20	229.5	<b>11.42</b>
39	94	113	237.9	<b>2.10</b>
40	33	29	228.7	<b>7.77</b>
41	97	107	238.2	<b>2.22</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	72 di 89

42	36	24	229.0	<b>9.73</b>
43	102	98	239.0	<b>2.43</b>
44	41	14	229.8	<b>16.16</b>
45	40	19	229.6	<b>12.12</b>
46	31	34	228.3	<b>6.62</b>
47	35	25	228.9	<b>9.27</b>
48	44	9	230.2	<b>25.12</b>
49	21	19	226.8	<b>11.98</b>
50	30	3	228.2	<b>66.75</b>
51	28	11	227.9	<b>20.19</b>
52	19	27	226.5	<b>8.45</b>
53	99	104	238.6	<b>2.29</b>
54	87	88	236.8	<b>2.70</b>
55	94	114	237.8	<b>2.09</b>
56	82	97	236.0	<b>2.44</b>
57	96	108	238.2	<b>2.21</b>
58	84	91	236.3	<b>2.60</b>
59	102	98	239.0	<b>2.43</b>
60	89	82	237.1	<b>2.90</b>
61	88	86	236.9	<b>2.74</b>
62	79	102	235.6	<b>2.31</b>
63	83	92	236.2	<b>2.56</b>
64	92	77	237.5	<b>3.10</b>
65	99	104	238.6	<b>2.29</b>
66	38	20	229.4	<b>11.24</b>
67	94	114	237.8	<b>2.09</b>
68	33	30	228.6	<b>7.69</b>
69	96	108	238.2	<b>2.21</b>
70	35	24	229.0	<b>9.60</b>
71	102	98	239.0	<b>2.43</b>
72	41	15	229.8	<b>15.80</b>
73	39	19	229.6	<b>11.91</b>
74	31	35	228.2	<b>6.56</b>
75	34	25	228.8	<b>9.15</b>
76	43	9	230.2	<b>24.27</b>
77	100	104	238.7	<b>2.29</b>
78	87	87	236.8	<b>2.71</b>
79	94	113	237.9	<b>2.10</b>
80	82	97	236.0	<b>2.44</b>
81	97	107	238.2	<b>2.22</b>
82	84	91	236.4	<b>2.61</b>
83	102	98	239.0	<b>2.43</b>
84	90	81	237.2	<b>2.91</b>
85	88	86	237.0	<b>2.75</b>
86	80	102	235.6	<b>2.32</b>
87	83	92	236.2	<b>2.57</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	73 di 89

88	92	76	237.6	<b>3.11</b>
89	100	104	238.7	<b>2.29</b>
90	39	20	229.5	<b>11.42</b>
91	94	113	237.9	<b>2.10</b>
92	33	29	228.7	<b>7.77</b>
93	97	107	238.2	<b>2.22</b>
94	36	24	229.0	<b>9.73</b>
95	102	98	239.0	<b>2.43</b>
96	41	14	229.8	<b>16.16</b>
97	40	19	229.6	<b>12.12</b>
98	31	34	228.3	<b>6.62</b>
99	35	25	228.9	<b>9.27</b>
100	44	9	230.2	<b>25.12</b>
101	21	19	226.8	<b>11.98</b>
102	30	3	228.2	<b>66.75</b>
103	28	11	227.9	<b>20.19</b>
104	19	27	226.5	<b>8.45</b>
105	99	104	238.6	<b>2.29</b>
106	87	88	236.8	<b>2.70</b>
107	94	114	237.8	<b>2.09</b>
108	82	97	236.0	<b>2.44</b>
109	96	108	238.2	<b>2.21</b>
110	84	91	236.3	<b>2.60</b>
111	102	98	239.0	<b>2.43</b>
112	89	82	237.1	<b>2.90</b>
113	88	86	236.9	<b>2.74</b>
114	79	102	235.6	<b>2.31</b>
115	83	92	236.2	<b>2.56</b>
116	92	77	237.5	<b>3.10</b>
117	99	104	238.6	<b>2.29</b>
118	38	20	229.4	<b>11.24</b>
119	94	114	237.8	<b>2.09</b>
120	33	30	228.6	<b>7.69</b>
121	96	108	238.2	<b>2.21</b>
122	35	24	229.0	<b>9.60</b>
123	102	98	239.0	<b>2.43</b>
124	41	15	229.8	<b>15.80</b>
125	39	19	229.6	<b>11.91</b>
126	31	35	228.2	<b>6.56</b>
127	34	25	228.8	<b>9.15</b>
128	43	9	230.2	<b>24.27</b>
129	100	104	238.7	<b>2.29</b>
130	87	87	236.8	<b>2.71</b>
131	94	113	237.9	<b>2.10</b>
132	82	97	236.0	<b>2.44</b>
133	97	107	238.2	<b>2.22</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	74 di 89

134	84	91	236.4	<b>2.61</b>
135	102	98	239.0	<b>2.43</b>
136	90	81	237.2	<b>2.91</b>
137	88	86	237.0	<b>2.75</b>
138	80	102	235.6	<b>2.32</b>
139	83	92	236.2	<b>2.57</b>
140	92	76	237.6	<b>3.11</b>
141	100	104	238.7	<b>2.29</b>
142	39	20	229.5	<b>11.42</b>
143	94	113	237.9	<b>2.10</b>
144	33	29	228.7	<b>7.77</b>
145	97	107	238.2	<b>2.22</b>
146	36	24	229.0	<b>9.73</b>
147	102	98	239.0	<b>2.43</b>
148	41	14	229.8	<b>16.16</b>
149	40	19	229.6	<b>12.12</b>
150	31	34	228.3	<b>6.62</b>
151	35	25	228.9	<b>9.27</b>
152	44	9	230.2	<b>25.12</b>
153	21	19	226.8	<b>11.98</b>
154	30	3	228.2	<b>66.75</b>
155	28	11	227.9	<b>20.19</b>
156	19	27	226.5	<b>8.45</b>
157	69	62	234.0	<b>3.75</b>
158	63	54	233.1	<b>4.32</b>
159	64	72	233.2	<b>3.25</b>
160	57	63	232.3	<b>3.67</b>
161	66	66	233.6	<b>3.55</b>
162	60	57	232.7	<b>4.05</b>
163	71	57	234.4	<b>4.15</b>
164	65	48	233.5	<b>4.85</b>
165	64	53	233.3	<b>4.41</b>
166	55	68	231.9	<b>3.39</b>
167	59	59	232.5	<b>3.97</b>
168	68	43	233.8	<b>5.43</b>
169	69	62	234.0	<b>3.75</b>
170	63	54	233.1	<b>4.32</b>
171	64	72	233.2	<b>3.25</b>
172	57	63	232.3	<b>3.67</b>
173	66	66	233.6	<b>3.55</b>
174	60	57	232.7	<b>4.05</b>
175	71	57	234.4	<b>4.15</b>
176	65	48	233.5	<b>4.85</b>
177	64	53	233.3	<b>4.41</b>
178	55	68	231.9	<b>3.39</b>
179	59	59	232.5	<b>3.97</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	75 di 89

180	68	43	233.8	<b>5.43</b>
181	69	62	234.1	<b>3.77</b>
182	63	54	233.2	<b>4.34</b>
183	64	71	233.3	<b>3.27</b>
184	58	63	232.4	<b>3.69</b>
185	66	66	233.6	<b>3.57</b>
186	60	57	232.7	<b>4.07</b>
187	71	56	234.4	<b>4.17</b>
188	65	48	233.5	<b>4.88</b>
189	64	53	233.3	<b>4.44</b>
190	55	68	232.0	<b>3.41</b>
191	59	58	232.5	<b>3.99</b>
192	68	43	233.9	<b>5.47</b>
193	69	62	234.1	<b>3.77</b>
194	63	54	233.2	<b>4.34</b>
195	64	71	233.3	<b>3.27</b>
196	58	63	232.4	<b>3.69</b>
197	66	66	233.6	<b>3.57</b>
198	60	57	232.7	<b>4.07</b>
199	71	56	234.4	<b>4.17</b>
200	65	48	233.5	<b>4.88</b>
201	64	53	233.3	<b>4.44</b>
202	55	68	232.0	<b>3.41</b>
203	59	58	232.5	<b>3.99</b>
204	68	43	233.9	<b>5.47</b>
205	21	19	226.8	<b>11.98</b>
206	30	3	228.2	<b>66.75</b>
207	28	11	227.9	<b>20.19</b>
208	19	27	226.5	<b>8.45</b>
209	69	62	234.0	<b>3.75</b>
210	63	54	233.1	<b>4.32</b>
211	64	72	233.2	<b>3.25</b>
212	57	63	232.3	<b>3.67</b>
213	66	66	233.6	<b>3.55</b>
214	60	57	232.7	<b>4.05</b>
215	71	57	234.4	<b>4.15</b>
216	65	48	233.5	<b>4.85</b>
217	64	53	233.3	<b>4.41</b>
218	55	68	231.9	<b>3.39</b>
219	59	59	232.5	<b>3.97</b>
220	68	43	233.8	<b>5.43</b>
221	69	62	234.0	<b>3.75</b>
222	63	54	233.1	<b>4.32</b>
223	64	72	233.2	<b>3.25</b>
224	57	63	232.3	<b>3.67</b>
225	66	66	233.6	<b>3.55</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	76 di 89

226	60	57	232.7	<b>4.05</b>
227	71	57	234.4	<b>4.15</b>
228	65	48	233.5	<b>4.85</b>
229	64	53	233.3	<b>4.41</b>
230	55	68	231.9	<b>3.39</b>
231	59	59	232.5	<b>3.97</b>
232	68	43	233.8	<b>5.43</b>
233	69	62	234.1	<b>3.77</b>
234	63	54	233.2	<b>4.34</b>
235	64	71	233.3	<b>3.27</b>
236	58	63	232.4	<b>3.69</b>
237	66	66	233.6	<b>3.57</b>
238	60	57	232.7	<b>4.07</b>
239	71	56	234.4	<b>4.17</b>
240	65	48	233.5	<b>4.88</b>
241	64	53	233.3	<b>4.44</b>
242	55	68	232.0	<b>3.41</b>
243	59	58	232.5	<b>3.99</b>
244	68	43	233.9	<b>5.47</b>
245	69	62	234.1	<b>3.77</b>
246	63	54	233.2	<b>4.34</b>
247	64	71	233.3	<b>3.27</b>
248	58	63	232.4	<b>3.69</b>
249	66	66	233.6	<b>3.57</b>
250	60	57	232.7	<b>4.07</b>
251	71	56	234.4	<b>4.17</b>
252	65	48	233.5	<b>4.88</b>
253	64	53	233.3	<b>4.44</b>
254	55	68	232.0	<b>3.41</b>
255	59	58	232.5	<b>3.99</b>
256	68	43	233.9	<b>5.47</b>
257	21	19	226.8	<b>11.98</b>
258	30	3	228.2	<b>66.75</b>
259	28	11	227.9	<b>20.19</b>
260	19	27	226.5	<b>8.45</b>
261	39	25	229.5	<b>9.31</b>
262	36	30	229.0	<b>7.68</b>
263	39	25	229.5	<b>9.31</b>
264	36	30	229.0	<b>7.68</b>
265	37	27	229.2	<b>8.63</b>
266	40	21	229.7	<b>10.73</b>
267	39	25	229.5	<b>9.31</b>
268	36	30	229.0	<b>7.68</b>
269	37	27	229.2	<b>8.63</b>
270	40	21	229.7	<b>10.73</b>
271	39	25	229.5	<b>9.31</b>

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	77 di 89

272	36	30	229.0	<b>7.68</b>
273	37	27	229.2	<b>8.63</b>
274	40	21	229.7	<b>10.73</b>
275	37	27	229.2	<b>8.63</b>
276	40	21	229.7	<b>10.73</b>
277	39	24	229.5	<b>9.68</b>
278	36	29	229.0	<b>7.93</b>
279	39	24	229.5	<b>9.68</b>
280	36	29	229.0	<b>7.93</b>
281	37	26	229.2	<b>8.95</b>
282	40	20	229.6	<b>11.23</b>
283	39	24	229.5	<b>9.68</b>
284	36	29	229.0	<b>7.93</b>
285	37	26	229.2	<b>8.95</b>
286	40	20	229.6	<b>11.23</b>
287	39	24	229.5	<b>9.68</b>
288	36	29	229.0	<b>7.93</b>
289	37	26	229.2	<b>8.95</b>
290	40	20	229.6	<b>11.23</b>
291	37	26	229.2	<b>8.95</b>
292	40	20	229.6	<b>11.23</b>
293	36	26	229.1	<b>8.75</b>
294	33	31	228.6	<b>7.29</b>
295	36	26	229.1	<b>8.75</b>
296	33	31	228.6	<b>7.29</b>
297	34	28	228.8	<b>8.15</b>
298	37	23	229.3	<b>10.01</b>
299	36	26	229.1	<b>8.75</b>
300	33	31	228.6	<b>7.29</b>
301	34	28	228.8	<b>8.15</b>
302	37	23	229.3	<b>10.01</b>
303	36	26	229.1	<b>8.75</b>
304	33	31	228.6	<b>7.29</b>
305	34	28	228.8	<b>8.15</b>
306	37	23	229.3	<b>10.01</b>
307	34	28	228.8	<b>8.15</b>
308	37	23	229.3	<b>10.01</b>
309	36	23	229.0	<b>9.95</b>
310	33	28	228.6	<b>8.11</b>
311	36	23	229.0	<b>9.95</b>
312	33	28	228.6	<b>8.11</b>
313	34	25	228.8	<b>9.18</b>
314	37	20	229.2	<b>11.61</b>
315	36	23	229.0	<b>9.95</b>
316	33	28	228.6	<b>8.11</b>
317	34	25	228.8	<b>9.18</b>



**PROGETTO DEFINITIVO  
 POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA  
 QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –  
 PAVIA  
 FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE  
 EMANUELE**

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	78 di 89

318	37	20	229.2	<b>11.61</b>
319	36	23	229.0	<b>9.95</b>
320	33	28	228.6	<b>8.11</b>
321	34	25	228.8	<b>9.18</b>
322	37	20	229.2	<b>11.61</b>
323	34	25	228.8	<b>9.18</b>
324	37	20	229.2	<b>11.61</b>

### 9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_1_3</i>	<i>33.668</i>	<i>93.955</i>	<i>0.208789</i>	<i>179.3658</i>				<i>5.327</i>

### 9.7.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>	
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-100	0.13							
2	Non fessurata	0	-113	0.13							
3	Non fessurata	0	-105	0.13							
4	Non fessurata	0	-92	0.13							
5	Non fessurata	0	-20	0.13							
6	Non fessurata	0	-34	0.13							
7	Non fessurata	0	-25	0.13							
8	Non fessurata	0	-12	0.13							
9	Non fessurata	0	-96	0.13							
10	Non fessurata	0	-109	0.13							
11	Non fessurata	0	-101	0.13							
12	Non fessurata	0	-88	0.13							
13	Non fessurata	0	-17	0.13							
14	Non fessurata	0	-30	0.13							
15	Non fessurata	0	-22	0.13							
16	Non fessurata	0	-9	0.13							
17	Non fessurata	0	-100	0.13							
18	Non fessurata	0	-113	0.13							
19	Non fessurata	0	-105	0.13							
20	Non fessurata	0	-92	0.13							
21	Non fessurata	0	-96	0.13							
22	Non fessurata	0	-109	0.13							
23	Non fessurata	0	-101	0.13							
24	Non fessurata	0	-88	0.13							
25	Non fessurata	0	-60	0.13							
26	Non fessurata	0	-73	0.13							
27	Non fessurata	0	-65	0.13							
28	Non fessurata	0	-52	0.13							
29	Non fessurata	0	-20	0.13							
30	Non fessurata	0	-34	0.13							
31	Non fessurata	0	-25	0.13							
32	Non fessurata	0	-12	0.13							
33	Non fessurata	0	-56	0.13							
34	Non fessurata	0	-70	0.13							
35	Non fessurata	0	-62	0.13							
36	Non fessurata	0	-48	0.13							
37	Non fessurata	0	-17	0.13							
38	Non fessurata	0	-30	0.13							
39	Non fessurata	0	-22	0.13							
40	Non fessurata	0	-9	0.13							

Tombini 4.0 x 2.0 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	81 di 89

41	Non fessurata	0	-60	0.13						
42	Non fessurata	0	-73	0.13						
43	Non fessurata	0	-65	0.13						
44	Non fessurata	0	-52	0.13						
45	Non fessurata	0	-56	0.13						
46	Non fessurata	0	-70	0.13						
47	Non fessurata	0	-62	0.13						
48	Non fessurata	0	-48	0.13						
49	Non fessurata	0	-100	0.13						
50	Non fessurata	0	-113	0.13						
51	Non fessurata	0	-105	0.13						
52	Non fessurata	0	-92	0.13						
53	Non fessurata	0	-96	0.13						
54	Non fessurata	0	-109	0.13						
55	Non fessurata	0	-101	0.13						
56	Non fessurata	0	-88	0.13						

## 9.8 RIEPILOGO VERIFICHE

Nel seguito per le varie posizioni dei due treni di carico si riportano le verifiche riassuntive delle verifiche allo SLU.

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	111	-	2.018
	Taglio	G3_1_57	0	-	209	2.437
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-86	-	2.586
	Taglio	G3_1_1	0	-	168	4.674
3	Presso-flessione	G3_1_83	259	-123	-	2.139
	Taglio	G3_1_83	260	0	-124	1.616
4	Presso-flessione	G3_1_83	140	-116	-	3.104
	Taglio	G3_1_53	136	0	-221	2.319
5	Presso-flessione	G1_3	102	101	-	2.369
	Taglio	G3_0.5_3	68	-	25	7.171
6	Presso-flessione	G3_1_5	232	-115	-	2.247
	Taglio	G3_1_3	231	-	139	1.418

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_5	0	148	-	1.508
	Taglio	G3_1_57	0	-	210	2.427
2	Pressoflessione	G1_25	0	-91	-	2.465
	Taglio	G3_1_1	0	-	168	2.267
3	Pressoflessione	G3_1_83	241	-90	-	2.891
	Taglio	G3_1_83	241	0	-92	2.153
4	Pressoflessione	G3_1_83	108	-82	-	4.333
	Taglio	G3_1_53	104	0	-202	2.535
5	Pressoflessione	G3_1_3	70	105	-	2.226
	Taglio	G3_1_3	70	-	43	4.066
6	Pressoflessione	G3_1_5	213	-151	-	1.693
	Taglio	G3_1_3	213	-	171	1.138

<b>03_LM71 SIMM</b>						
<b>SEZ.</b>	<b>VERIFICA</b>	<b>COMBO</b>	<b>N[KN]</b>	<b>M[KN m]</b>	<b>V[KN]</b>	<b>C.S.</b>
<b>1</b>	Pressoflessione	G3_1_5	0	113	-	1.986
	Taglio	G3_1_57	0	-	229	2.222
<b>2</b>	Pressoflessione	G1_25	0	-98	-	2.291
	Taglio	G3_1_1	0	-	168	4.957
<b>3</b>	Pressoflessione	G3_1_83	284	-128	-	2.084
	Taglio	G3_1_83	285	0	-117	1.736
<b>4</b>	Pressoflessione	G3_1_83	131	-119	-	3.014
	Taglio	G3_1_53	128	0	-241	2.125
<b>5</b>	Pressoflessione	G1_3	95	113	-	2.097
	Taglio	G3_0.5_3	64	-	23	7.588
<b>6</b>	Pressoflessione	G3_1_5	259	-119	-	2.212
	Taglio	G3_1_3	259	-	130	1.534

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_5	0	136	-	1.645
	Taglio	G3_1_57	0	-	230	2.217
2	Pressoflessione	G3_1_77	0	-98	-	2.287
	Taglio	G3_1_1	0	-	168	3.041
3	Pressoflessione	G3_1_83	273	-111	-	2.392
	Taglio	G3_1_83	274	0	-112	1.805
4	Pressoflessione	G3_1_83	130	-102	-	3.507
	Taglio	G3_1_53	126	0	-231	2.222
5	Pressoflessione	G1_3	94	114	-	2.092
	Taglio	G3_1_3	94	-	34	5.327
6	Pressoflessione	G3_1_5	249	-140	-	1.861
	Taglio	G3_1_3	248	-	161	1.233

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>												
Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">FASE-ENTE</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>86 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	86 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003001	A	86 di 89								

## 10 VERIFICHE LONGITUDINALI

Nel presente paragrafo sono riportati i criteri da utilizzare sulla singola opera per la determinazione del quantitativo di armatura longitudinale.

### LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

Per lunghezze dei conci dello scatolare inferiori a 20m non si effettua il calcolo dell'armatura longitudinale e si dispone il quantitativo minimo.

La minima armatura longitudinale da disporre è pari al 20% dell'armatura trasversale disposta in mezzzeria della sezione trasversale stessa.

### LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

Per lunghezze dei conci superiori a 20m si effettua il dimensionamento dell'armatura longitudinale considerando l'azione di trazione che si sviluppa per effetto dell'attrito offerto dal terreno.

La formulazione per il calcolo di tale azione (e quindi dell'armatura longitudinale antiritiro) è mutuata dall'EC2:

$$A_s = \text{armatura longitudinale} = N_{tr} / \sigma_s$$

in cui:

$$N_{tr} = k_c \times k \times \sigma_{tr} \times A_c \quad \text{azione normale di trazione dovuta alle } \sigma_r \text{ di ritiro}$$

$$\sigma_s \quad \text{massima tensione ammessa nell'armatura}$$

$$A_c \quad \text{area della sezione di cls che si ritira}$$

$$\sigma_{tr} = \sigma_r \times E_c / 3 \quad \text{tensione di trazione indotta dal ritiro}$$

$$k_c = 1.0 \quad \text{coefficiente di distribuzione delle tensioni nella sezione}$$

$k=0.8$  per  $h \leq 30\text{cm}$ ,  $0.5$  per  $h \geq 80\text{cm}$  coefficiente che tiene conto degli effetti di tensione autoequilibrate non uniforme

Per tenere in conto del fatto che il grado di impedimento del terreno sullo scatolare è parziale e non totale si fa riferimento alla norma ACI 207.2R-95 che propone di utilizzare il seguente coefficiente:

$$K_r = [(L/H-2)/(L/H+1)]^{h/H} \quad \text{grado di impedimento}$$

$$m = 1/(1+A_c/At \cdot E_c/E_t) \quad \text{moltiplicatore del grado di impedimento}$$

$L$  = lunghezza del concio di scatolare

$H$  = altezza dell'elemento di cls a contatto con il terreno

$h = H/2$  = altezza all'interno dell'elemento in cui si valuta il grado di impedimento

$E_c$  = modulo elastico del cls ridotto a 1/3 per tenere in conto gli effetti viscosi

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	Tombini 4.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

$E_t$  = modulo elastico del terreno

$A_c$  = area dell'elemento in cls

$A_t$  = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di  $E_t$  si considerano le seguenti ipotesi:

$E_{t1}$  = terreno a contatto con la soletta di fondazione = 750 MPa

$E_{t2}$  = terreno a contatto con la soletta di copertura = 300 MPa

$E_{t3}$  = terreno a contatto con i piedritti = 525 MPa

$E_t = (E_{t1} \cdot A_{sf} + E_{t2} \cdot A_s + E_{t3} \cdot A_{sp}) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$

In cui

$A_{sf}$  = sezione della soletta inferiore

$A_s$  = sezione della soletta superiore

$A_{sp}$  = sezione dei piedritti

A seguito di quanto esposto, prendendo in considerazione una striscia di larghezza unitaria pari a 1.00m, l'armatura antiritiro longitudinale si ottiene da:

$$A_s = (k_c \cdot k \cdot \sigma_{tr} \cdot A_c / \sigma_s) \cdot m \cdot K_r$$

Per il calcolo della tensione di trazione dovuta al ritiro, sempre utilizzando le prescrizioni dell'EC2, è stata calcolata mediante le seguenti formule:

$$\sigma_{tr} = \sigma_{cs,m} \cdot E_{cs} / 3$$

in cui:

$\sigma_{cs}(t_1, t_0) = \sigma_{cr0} \cdot \sigma_s(t_1 - t_0)$  deformazione di ritiro del cls

$\sigma_{cr0} = \sigma_s(f_{cm}) \cdot \sigma_{RH}$  coefficiente nominale di ritiro

$\sigma_s(t_1, t_0) = [(t_1 - t_0) / (0.035 \cdot h_0^2 + t_1 - t_0)]^{0.5}$  coefficiente di sviluppo del ritiro nel tempo

$\sigma_s(f_{cm}) = [160 + \sigma_{sc} \cdot (90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6}$  fattore che tiene conto della  $R_{ck}$

$\sigma_{RH} = 1.55 \cdot [1 - (RH/100)]^3$  fattore che tiene conto delle condizioni di maturazione

$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$  [MPa] resistenza media a compressione del cls

$t_0 = 1$  età del cls all'inizio della contrazione

$t_1 = 18000$  età finale del cls (18000 giorni = 50 anni)



Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs <sub>m</sub>	0.0001	
Tensione per ritiro impedito	str	1.1256	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	40000	mm
Altezza elemento equivalente	H	450	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	15600	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.98317	
Moltiplicatore Kr	m	0.07625	
Tensione di lavoro assunta	ss <sub>L</sub>	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m	1+1Ø 14 / 20		
Verifica	OK		
coefficiente di sicurezza C.S.	11.15363418		

La scelta del diametro della armatura longitudinale tiene conto anche del contenuto minimo richiesto in questa direzione.