

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PONTI E VIADOTTI**

**VIADOTTO ALPONE DAL km 20+220,67 AL km 21+992,67**

**PILE**

**Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P18 e P19**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio <b>Iricav Due</b> inq. Paolo Carmona  Data:			
Ing. <b>Giovanni MALAYENDA</b> ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503  Data:				

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 2	E	I 2	CL	V I 0 5 0 4	0 1 5	B	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing. Alberto LEVORATO 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Ott.2021	M. Proietti	Ott.2021	G. Grimaldi	Ott.2021	
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0500001A	E.d.in	Sett.2022	M. Proietti	Sett.2022	G. Grimaldi	Sett.2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12CLVI0504015B
-----------------	----------------------	-----------------------------



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLVI0504015</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1 Normative.....	4
2.2 Elaborati di riferimento .....	4
3. MATERIALI .....	5
3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino.....	5
3.2 Calcestruzzo per fondazione.....	5
3.3 Acciaio per barre di armature .....	6
3.4 Stati limite.....	7
3.4.1 <i>Stati limite ultimi</i> .....	7
3.4.2 <i>Stati limite d'esercizio</i> .....	7
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	10
5.1 Modelli di analisi e verifica.....	14
5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura .....	14
6. ANALISI DEI CARICHI.....	15
6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2) .....	15
6.2 Carichi da traffico verticali (Q1) .....	18
6.3 Effetti dinamici.....	19
6.4 Disposizione treni di carico.....	19
6.5 Carichi da traffico orizzontali .....	24
6.5.1 <i>Forza centrifuga (Q4)</i> .....	24
6.5.2 <i>Serpeggio</i> .....	26
6.5.3 <i>Frenatura ed avviamento (Q3)</i> .....	27
6.5.4 <i>Forza d'attrito (Q8)</i> .....	29
6.6 Azione del Vento (Q5).....	30
6.7 Azione termica (Q7) .....	40
6.8 Azione Sismica (E).....	41
6.8.1 <i>Inquadramento Sismico</i> .....	41
6.8.2 <i>Definizione della domanda sismica</i> .....	42
6.8.3 <i>Calcolo dell'azione Sismica</i> .....	47
6.8.4 <i>Check analisi statica</i> .....	48
6.8.5 <i>Analisi statica equivalente</i> .....	49

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	51
7.1 Caratteristiche di sollecitazioni .....	56
7.1.1 <i>Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3</i> .....	56
7.1.2 <i>Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	60
7.1.3 <i>Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	64
8. VERIFICHE STRUTTURALI .....	69
9. FUSTO PILA .....	69
9.1 Modello locale per ritiro differenziale.....	70
9.2 Verifica a presso flessione .....	70
9.3 Verifica a taglio.....	87
9.4 Verifica minimi di armatura.....	90
9.5 Verifica deformabilità.....	93
9.6 Determinazione spostamenti.....	93
10. PULVINO .....	96
11. PLINTO DI FONDAZIONE .....	98
11.1 Geometria del plinto e della palificata .....	98
11.2 Modellazione strutturale .....	99
11.3 Azioni di progetto .....	101
11.3.1 <i>Reazioni dei pali</i> .....	101
11.3.2 <i>Peso proprio plinto di fondazione</i> .....	102
11.3.3 <i>Peso terreno di ricoprimento</i> .....	102
11.4 Risultati di analisi .....	103
11.5 Dimensionamento e verifica delle armature .....	107
11.5.1 <i>Dimensionamento delle armature</i> .....	107
11.5.2 <i>Verifica a flessione</i> .....	108
11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	118
11.5.4 <i>Verifica a taglio-punzonamento</i> .....	121
12. VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008) .....	126

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 1. Premessa

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento degli elementi in elevazione del *Viadotto Alpone – VI05*, che si inserisce nell'ambito della progettazione esecutiva del collegamento ferroviario della linea AV/AC Verona-Padova.

Tale relazione si ritiene valida per tutte le pile di altezza pari a 7.48/8.0 m, con fondazione 16.5m x 12.0m x 2.5m su 12 pali, con altezza del terreno di ricoprimento di circa 1.0m e sulle quali afferiscono un impalcato in c.a.p. di L=25.0m e un impalcato in misto acciaio-cls a 4 travi di L=40.0m (P18 e P19 del VI05C).

La presente relazione ha per oggetto il calcolo dello stato di sollecitazione e le verifiche dei vari elementi costituenti la pila, secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 2. Normativa e documenti di riferimento

### 2.1 Normative

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

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- [6] *Eurocodice UNI EN 1991-1-4 – Azioni sulle strutture – azioni in generale – azioni del vento*
- [7] *Eurocodice UNI EN 1992-1-1 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – regole generali e regole per gli edifici*

### 2.2 Elaborati di riferimento

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

Inoltre, si richiamano le relazioni:

- IN1710EI2CLVI0004001, Studio degli effetti locali sulle pile
- IN1712EI2CLVI0500001, Interazione treno binario struttura – Relazione di calcolo
- IN1712EI2CLVI0504021, Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni
- IN1712EI2RBVI0500001, Relazione geotecnica

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### 3. Materiali

#### 3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino

##### Classe C32/40

Rck =	40,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	32,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
fcm = fck +8 =	40,00	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
acc =	0,85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
γM =	1,50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
fcd = acc fck/γM =	18,13	MPa	Resistenza di progetto
fctm = 0,3 fck <sup>(2/3)</sup> =	3,03	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctm = 1,2 fctm =	3,68	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
fctk = 0,7 fctm =	2,12	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
σc = 0,55 fck =	17,60	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
σc = 0,40 fck =	12,80	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
Ecm = 22000 (fcm/10) <sup>(0,3)</sup> =	33643,00	MPa	Modulo elastico di progetto
ν =	0,20		Coefficiente di Poisson
Gc = Ecm / (2(1+ ν)) =	14018,00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Classe di esposizione =	XC4+XF1		
c =	5,00	cm	Copriferro minimo
w =	0,20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.4 [3])

#### 3.2 Calcestruzzo per fondazione

##### Classe C25/30

Rck =	30,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	25,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
fcm = fck +8 =	33,00	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
acc =	0,85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
γM =	1,50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
fcd = acc fck/γM =	14,17	MPa	Resistenza di progetto

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2,56	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3,08	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1,80	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	13,75	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	10,00	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)}$ =	31476,00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13115,00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Classe di esposizione =	XC2		
$c =$	4,00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0,20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.4 [3])

### 3.3 Acciaio per barre di armature

#### B450C

$f_{yk} \geq$	450,00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540,00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_{k \geq}$	1,15		
$(f_t/f_y)_{k <}$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391,30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000,00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337,50	MPa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### 3.4 Stati limite

#### 3.4.1 Stati limite ultimi

In coerenza con quanto prescritto nel capitolo 2.6.1 e 2.5.3 delle NTC2008, gli stati limiti ultimi si traducono nel confrontare in modo diretto la domanda amplificata con la capacità decrementata. Coefficienti amplificativi e deamplificativi variano in funzione della tipologia di sollecitazione e di concomitanza, traducendosi in:

$$A_{Ed} \leq A_{Rd}$$

#### 3.4.2 Stati limite d'esercizio

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

##### 3.4.2.1 Verifica tensionale

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", ovvero:

##### tensione massima di compressione del calcestruzzo

- per combinazione caratteristica (rara):  $0.55 f_{ck}$  = 17,6 MPa
- per combinazione quasi permanente:  $0.40 f_{ck}$  = 12,8 MPa
- per spessori minori di 5cm tali valori devono essere decrementati del 30%.

##### tensione massima di trazione dell'acciaio

- per combinazione caratteristica (rara):  $0.75 f_{yk}$  = 337,5 MPa

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### 3.4.2.2 Verifica fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportata nel prospetto seguente:

*Tabella 1 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali*

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wk	Stato limite	wk
A	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
C	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

*Tabella 2 - Descrizione delle condizioni ambientali*

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

- $w_1 = 0.2$  mm
- $w_2 = 0.3$  mm
- $w_3 = 0.4$  mm

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- Combinazione Caratteristica (Rara)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

#### 4. Caratterizzazione geotecnica

Per la caratterizzazione geotecnica della Tratta si fa riferimento agli elaborati specialistici di riferimento.

#### 5. Descrizione dell'opera

Il *Viadotto Alpone – VI05*, a doppio binario con intervallata 4.5 m, si estende dal km 20+220.67 al km 21+992.67 della *Tratta Verona-Padova* per uno sviluppo complessivo di 1772.0 m ed è costituito da 66 campate di cui:

- Due campate di luce pari a 22.0m, con impalcato a travi incorporate;
- Un impalcato di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-cls a 4 travi;
- Due impalcati di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-cls a 6 travi;
- L'ultima campata ad arco, non oggetto della presente relazione;
- Le restanti di luce pari a 25.0 m, con impalcato in c.a.p. con quattro travi a cassoncino.

Le pile, in c.a., presentano un fusto a sezione rettangolare smussata cava costante su tutta l'altezza di dimensioni esterne pari a 3.60m x 9.40m.

Il pulvino presenta un'altezza esterna variabile a seconda se appartenente alle pile di transizione o alle pile tipologiche, con dimensioni esterne medesime alla pila e pieno; in questo caso ha un'altezza di 2.2m lato impalcato in c.a.p. e di 1.68m lato impalcato in misto acciaio-cls. Su esso sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo gli schemi sotto riportati.

I plinti presentano una pianta rettangolare di dimensioni variabili in relazione alla tipologia di impalcato che afferisce alla pila. In particolare, in questa relazione sono analizzati i plinti di dimensioni pari a 16.5m x 12.0m e di spessore 2.5m. Le fondazioni previste sono su pali (12 pali  $\Phi$ 1500).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B



(Impalcato misto)



(Impalcato c.a.p.)

Figura 1 - Schema appoggi

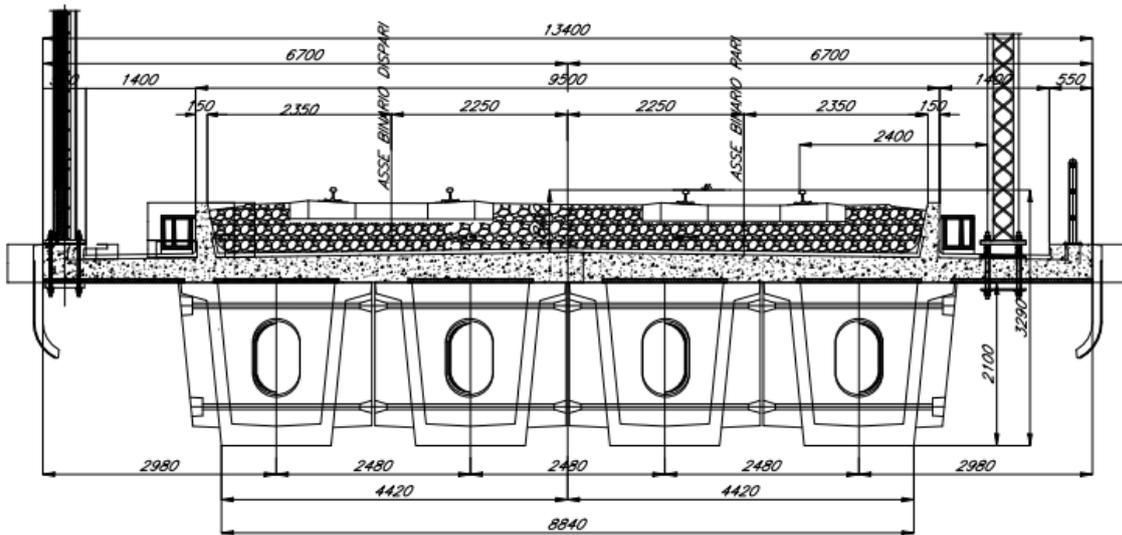


Figura 2 - Sezione impalcato c.a.p.

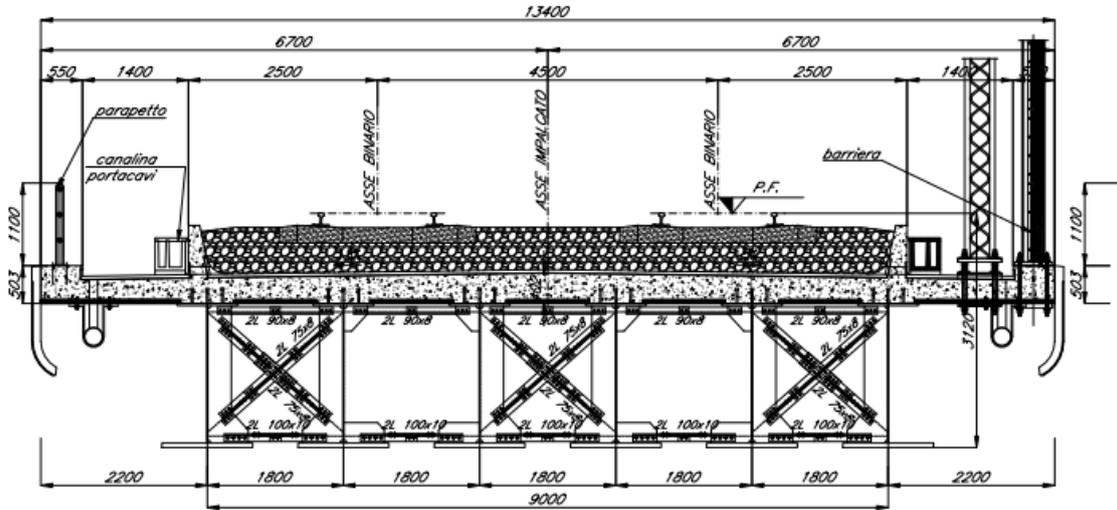
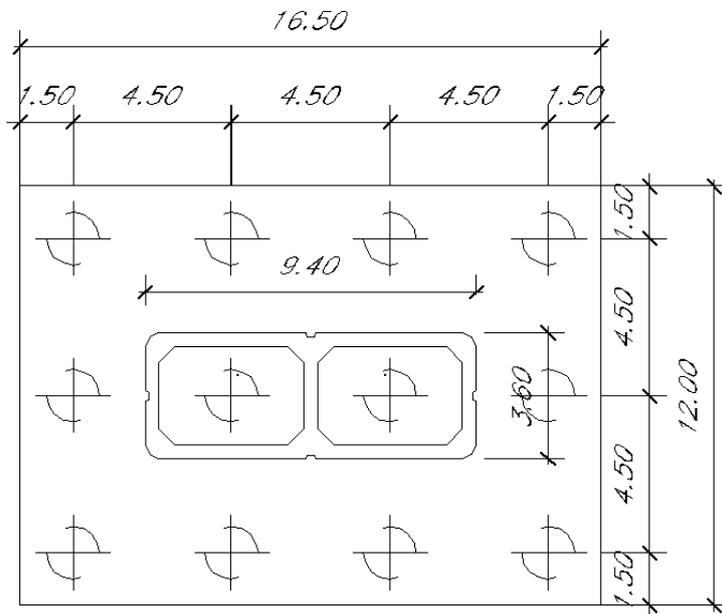


Figura 3 - Sezione impalcato misto



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0504015

B

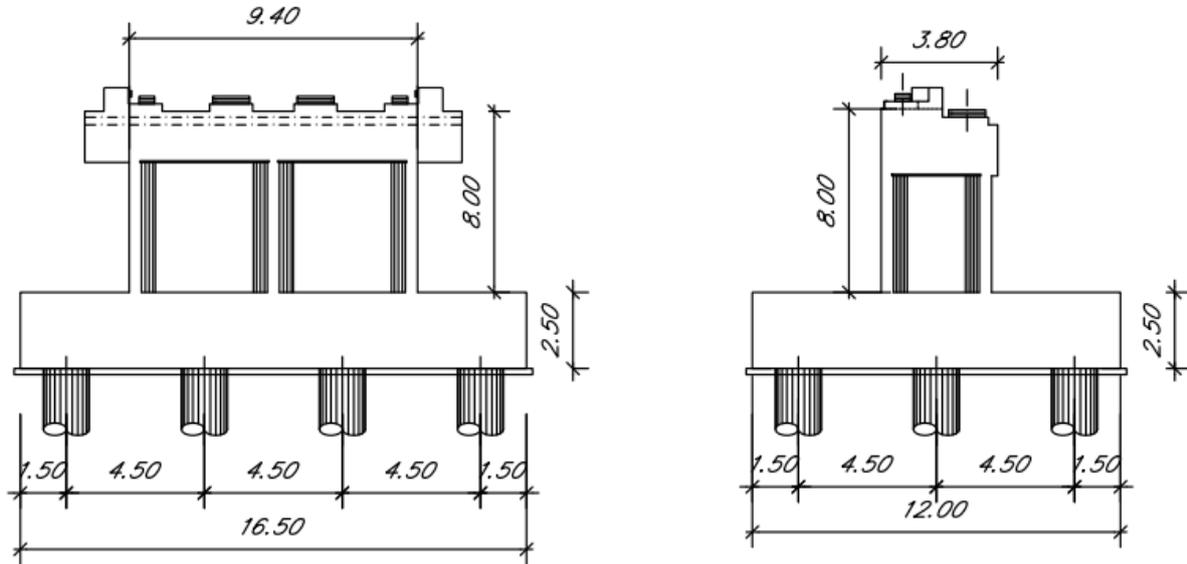


Figura 4 - Pianta e sezioni pila

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 5.1 Modelli di analisi e verifica

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

Il modello a mensola della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali fusto pila e plinto. Per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, è stato realizzato un modello agli elementi finiti, descritto al paragrafo 11.

## 5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504015				B

## 6. Analisi dei carichi

### 6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

DATI DI LINEA			
velocità massima della linea	V	<b>300</b>	km/h
raggio di curvatura	R	<b>2700</b>	m
numero di binari		<b>doppio</b>	

IMPALCATO		SX		DX	
altezza cassoncino sezione in appoggio	$h_1$	<b>2.10</b>	m	<b>2.60</b>	m
altezza cassoncino sezione in mezzeria	$h_2$	<b>2.10</b>	m	<b>2.60</b>	m
spessore soletta	s	<b>0.35</b>	m	<b>0.38</b>	m
estradosso impalcato sull'appoggio	$H_1$	<b>2.45</b>	m	<b>2.98</b>	m
altezza totale impalcato in mezzeria	$H_2$	<b>2.45</b>		<b>2.98</b>	m
spessore ballast	$h_b$	<b>0.80</b>	m	<b>0.80</b>	m
altezza PF da estradosso trave	$h_{PF}$	<b>1.20</b>	m	<b>1.20</b>	m
lunghezza travata	L	<b>25.00</b>	m	<b>40.00</b>	m
luce appoggi travata	$L_a$	<b>22.80</b>	m	<b>38.00</b>	m
larghezza totale impalcato	B	<b>13.40</b>	m	<b>13.40</b>	m
peso permanente strutturale	$G_1$	<b>6340</b>	kN	<b>7075</b>	kN
peso permanenti non strutturali	$G_2$	<b>5390</b>	kN	<b>8288</b>	kN

Altezze dal intradosso del cassoncino	
baricentro sezione cassone+soletta	$G_{b1}$ <b>1.600</b> m <b>2.456</b> m
baricentro del ballast	$G_{b2}$ <b>2.850</b> m <b>3.380</b> m
altezza al piano del ferro	H <b>3.30</b> m <b>3.80</b> m
baricentro treno	$G_{b3}$ <b>5.10</b> m <b>5.60</b> m

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

I requisiti idraulici impongono un getto di riempimento di magrone fino all'altezza di piena con  $T_r > 200$  anni, questo è stato tenuto in conto nella progettazione esclusivamente come massa aggiunta. Per tener conto di baggioli e ritegni. è incrementato del 10% la massa del pulvino.

<b>PILA</b>			
altezza pila (estradosso fond-estradosso pulvino)	Hp	<b>8.00</b>	m
tipologia di sezione		<b>rettangolare</b>	
larghezza trasversale pila	b	<b>9.40</b>	m
larghezza longitudinale pila	d	<b>3.60</b>	m
raggio angolo esterno	r	<b>0.40</b>	m
area della sezione	A	<b>11.45</b>	m <sup>2</sup>
inerzia sezione direzione trasversale	I11	<b>103.81</b>	m <sup>4</sup>
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	<b>22.26</b>	m <sup>4</sup>
modulo elastico cls pila	E <sub>c</sub>	<b>33346</b>	MPa
eventuale abbattimento del modulo	%	<b>50</b>	
modulo di calcolo	E	<b>16673</b>	MPa
calcestruzzo	f <sub>ck</sub>	<b>32</b>	MPa
massa pila	mp	<b>1661</b>	kN

<b>PULVINO</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>9.40</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>3.80</b>	m
altezza pulvino	h	<b>2.20</b>	m
massa pulvino	mp	<b>1965</b>	kN

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

<b>FONDAZIONE</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>16.50</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>12.00</b>	m
altezza della fondazione	h	<b>2.50</b>	m
area della fondazione	Af	<b>198.00</b>	m <sup>2</sup>
pali di fondazione	Φ	<b>1.50</b>	m
numero di pali	n.	<b>12</b>	

<b>Ulteriori distanze e bracci</b>			
distanza asse pila/ asse appoggi per momento long.	$i_l$	<b>1.10</b>	
altezza baggioli e apparecchi d'appoggio	$h_B$	<b>0.50</b>	
interasse tra i binari (se singolo 0)	$i_b$	<b>4.50</b>	m
dist. tra interasse del singolo binario e asse pila	a	<b>2.25</b>	m

Si riassumono gli scarichi ai diversi livelli di analisi, come azione globale desunta dalla campata di destra e di sinistra, alla pila in esame:

	N [kN]	Mlong [kN m]
scarichi estradosso Pila - G1	6708	404
scarichi estradosso Pila - G2	6839	1594
scarichi estradosso Fondazione - G1	10333	404
scarichi estradosso Fondazione - G2	6839	1594
scarichi intradosso Fondazione - G1	25831	404
scarichi intradosso Fondazione - G2	6839	1594

Lo scarico G1 a intradosso fondazione tiene conto del peso del plinto di fondazione e del peso del terreno di ricoprimento al di sopra di esso, di spessore pari a 1 m.

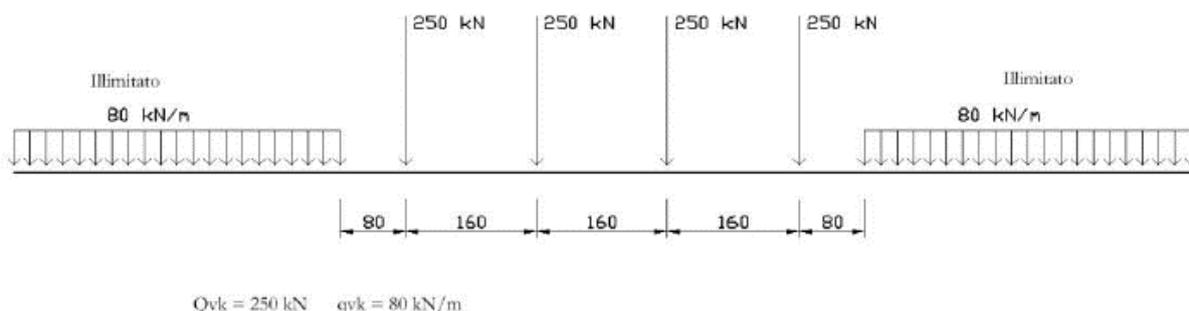
GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

### ➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.3.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



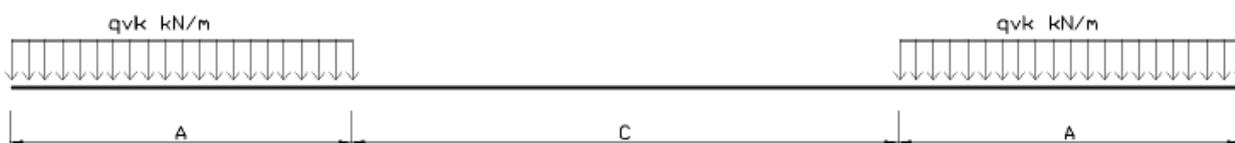
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

### ➤ Modello di carico SW/2

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.3.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### SW/0

Carico distribuito	Qvk	133	KN/m
Lunghezza	A	15	m
Lunghezza	C	5.3	m

### SW/2

Carico distribuito	Qvk	150	KN/m
Lunghezza	A	25	m
Lunghezza	C	7	m

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario. Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM/71	1.10
SW/0	1.10
SW/2	1.00

## 6.3 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

## 6.4 Disposizione treni di carico

La disposizione dei treni di carico è stata individuata per ottenere le seguenti massime sollecitazioni:

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

- Sforzo Assiale: il convoglio è localizzato sostanzialmente al di sopra della pila in esame
- Momento Longitudinale: il convoglio è localizzato sulla campata di luce maggiore, più o meno centrato a seconda dei rapporti di lunghezza del treno di carico e della campata.
- Momento Trasversale: è fornito dallo stesso schema di posizionamento del massimo sforzo assiale, ma considerando un solo binario carico.

Questi schemi di base sono stati accoppiati nel caso di doppio binario, ottenendo le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

	N [kN]	Mlong [kN/m]	Mtrasv [kN/m]
COMBO N	<b>7834</b>	656	2181
COMBO ML	5305	<b>4141</b>	1517
COMBO MT	4228	535	<b>9935</b>

Si riportano i medesimi schemi graficamente per un caso rappresentativo:

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

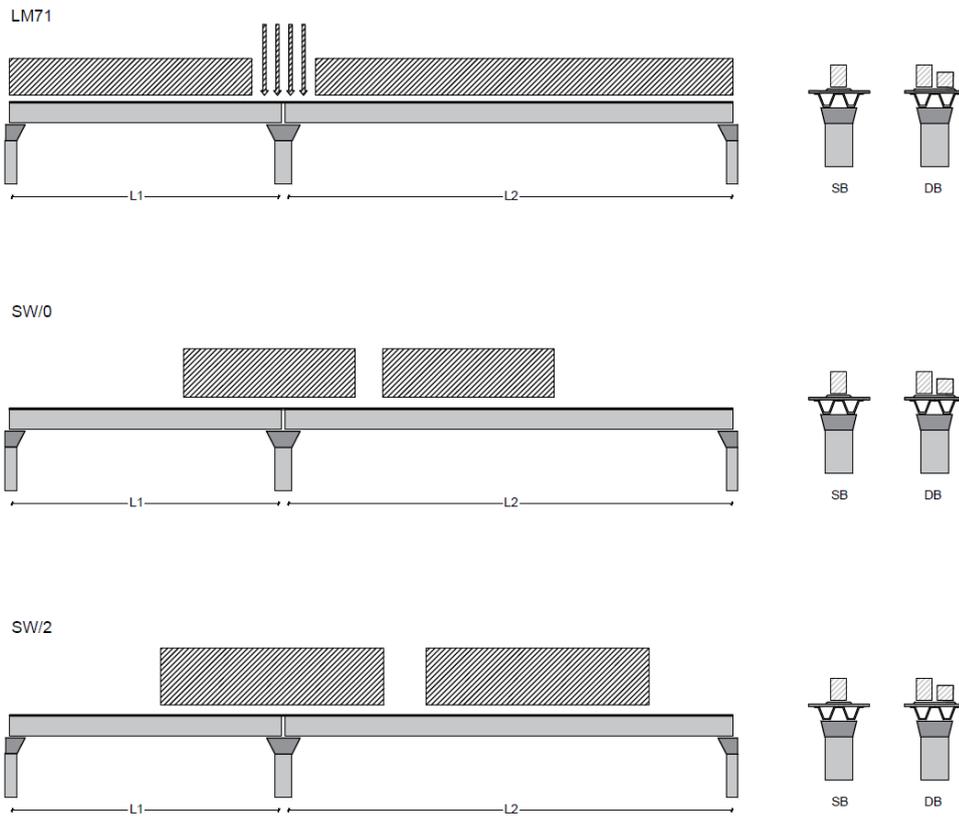


Figura 5- Posizione treni di carico - massimo sforzo assiale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0504015

B

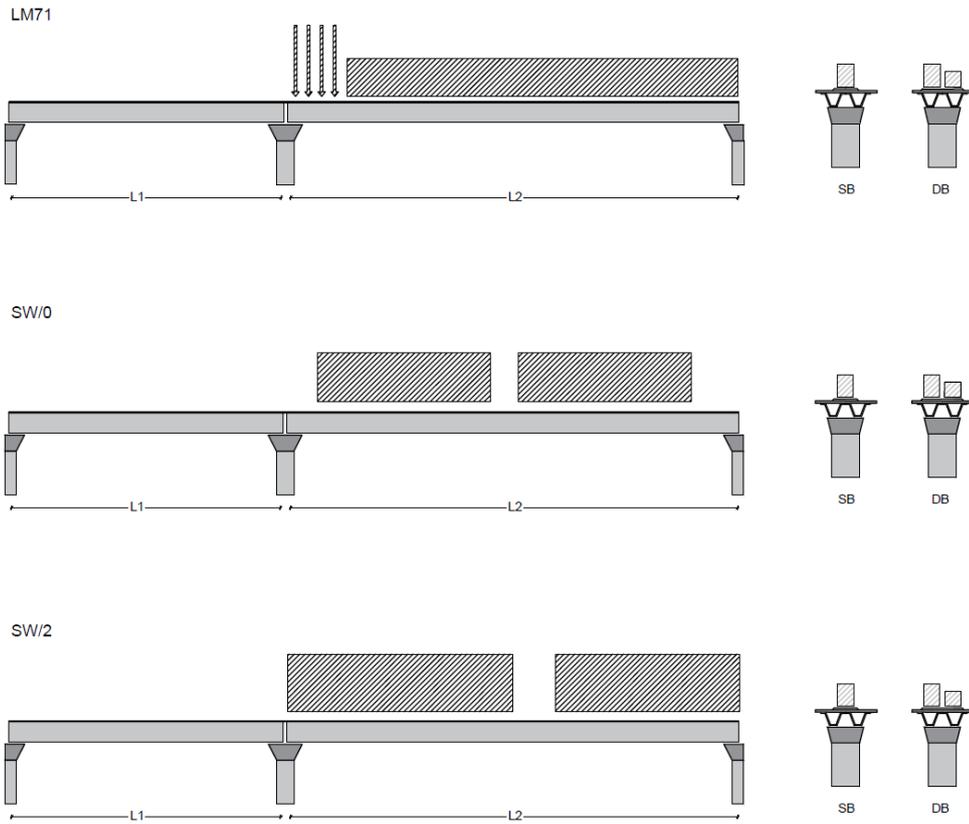


Figura 6- Posizione treni di carico – massimo momento longitudinale

	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B
--	------------------	-------------	----------------------------	---

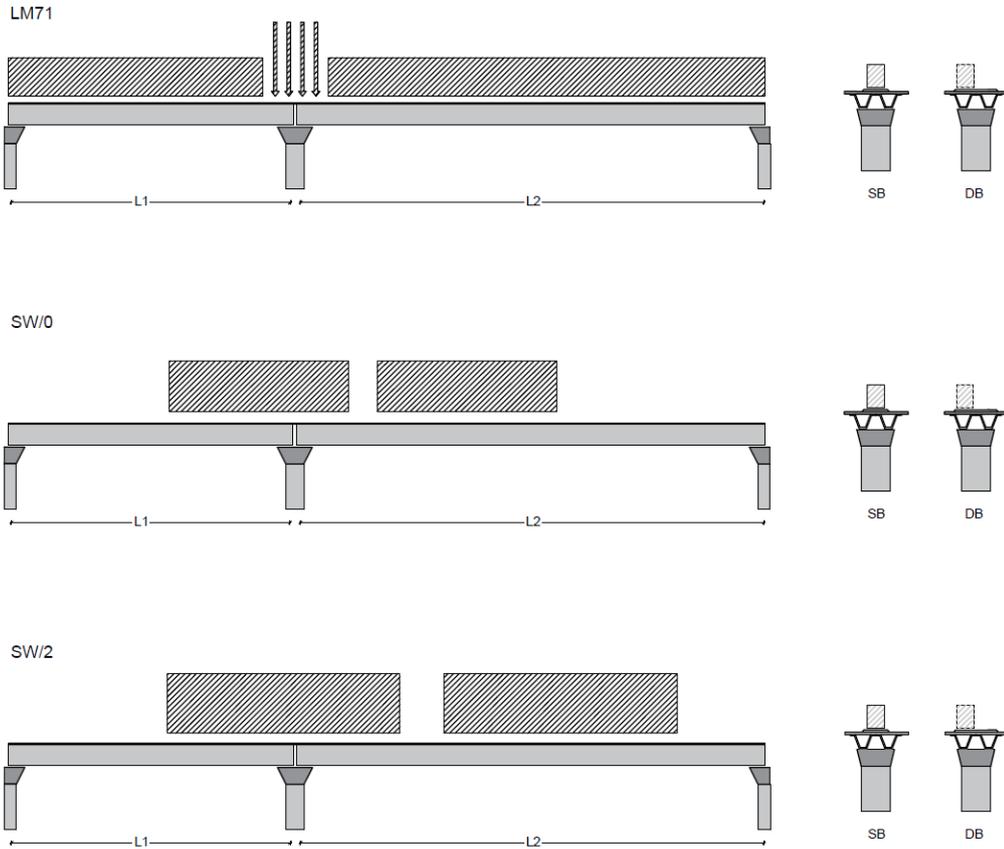


Figura 7- Posizione treni di carico – massimo momento trasversale

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 6.5 Carichi da traffico orizzontali

### 6.5.1 Forza centrifuga (Q4)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

dove

- V    velocità di progetto espressa in km/h
- $Q_{vk}$     valore caratteristico dei carichi verticali
- R    raggio di curvatura in m
- f    fattore di riduzione (rif. §2.5.1.4.3.1 [3])

raggio di curvatura	R	2700	m
velocità massima compatibile con il tracciato della linea	V <sub>max</sub>	300	km/h
		<b>SX</b>	
lunghezza di influenza della parte curva del binario	Lf	22.8	m
fattore di riduzione funzione della Lf e della V	f	0.48	

Per il modello di carico LM71 e per velocità di progetto superiori a 120 km/h, si considerano i seguenti 2 casi:

- a) modello di carico LM71 e forza centrifuga per  $V = 120$  km/h e  $f = 1$ ;
- b) modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

La forza centrifuga non deve essere incrementata dei coefficienti dinamici.

Valore di $\alpha$	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	$\alpha$	f		
SW/2	$\geq 100$	100	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	$\Phi \times 1 \times SW/2$
	$< 100$	V	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	
LM71 e SW/0	$> 120$	V	1	f	$1 \times f \times (LM71'' + SW/0)$	$\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$
		120	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$	$\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$
	$\leq 120$	V	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$	

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

**LM71 caso a**

velocità massima

Vmax 120

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 1.00

coefficiente di adattamento

a 1.10

valore caratteristico dei carichi verticali

Qvk 250.0 kN x asse

valore caratteristico dei carichi verticali

qvk 80.0 kN/m

valore caratteristico della forza centrifuga

Qtk 11.5 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 3.7 kN/m

**LM71 caso b**

velocità massima compatibile con il tracciato della linea

Vmax 300

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 0.48

coefficiente di adattamento

a 1.0

valore caratteristico dei carichi verticali

Qvk 250.0 kN x asse

valore caratteristico dei carichi verticali

qvk 80.0 kN/m

valore caratteristico della forza centrifuga

Qtk 31.6 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 10.1 kN/m

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Per quanto riguarda il modello di carico SW/2 si deve assumere: una velocità V non superiore a 100 km/h, un valore di f pari ad 1 ed il valore di a pari a 1:

<b>SW/2</b>			
velocità massima compatibile con il tracciato della linea	Vmax	100	
fattore di riduzione funzione della Lf e della V	f	1.00	
coefficiente di adattamento	a	1.00	
valore caratteristico dei carichi verticali	qvk	150.00	kN/m
valore caratteristico della forza centrifuga	qtk	4.37	kN/m

Riassumendo:

	Qtk sx	qtk sx	Qtk dx	qtk dx	F testa Pila	Mom Trasn
	KN	KN/m	KN	KN/m	KN	KN/m
Fcen_LM/71_1	46.2	3.7	46.2	3.7	143	867
Fcen_LM/71_2	126.5	10.1	109.7	8.8	349	2124
Fcen_SW/2_1	0.0	4.4	0.0	4.4	127	771

### 6.5.2 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilineo che in curva.

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504015				B

viadotto a binario	<b>doppio</b>		
combinazione treni	<b>LM/71 + SW/2</b>		
valore caratteristico della forza	Qsk	100	kN
coefficiente di adattamento	a	1.1	
coefficiente di adattamento	a2	1	
Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali			
altezza baggioli e apparecchi d'appoggio		0.5	m
altezza impalcato + soletta		2.98	m
armamento		0.8	m
incremento altezza rotaia + alta		0.1	m
valore caratteristico della Forza	Fsk	210	kN
valore caratteristico Momento Tra	Msk	919.8	kN/m

Tale forza rappresenta l'azione complessiva in testa alla pila di riferimento.

### 6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- avviamento:  $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71, SW/2
- frenatura:  $Q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71
- $Q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m}$  per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per  $\alpha$  e non devono essere moltiplicati per  $\Phi$ . Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Nei sotto paragrafi che seguono si riportano i risultati delle reazioni vincolari per le diverse disposizioni di carico considerate e descritte precedentemente nel §6.4.

numero di binari	<b>doppio</b>		
combinazione treni	<b>LM/71 + SW/2</b>		
posizionamento vincoli fissi	<b>caso peggiore</b>		
estradosso pulvino sommità binario	H	<b>0.5</b>	m
lunghezza del binario	L	<b>40</b>	m

#### FRENATURA

LM/71			
coefficiente di adattamento	a	<b>1.1</b>	
lunghezza del binario	L	<b>40</b>	m
valore caratteristico della forza	Q <sub>la,k</sub>	<b>880</b>	kN
SW/0			
coefficiente di adattamento	a	<b>1.1</b>	
lunghezza del binario	L	<b>30</b>	m
valore caratteristico della forza	Q <sub>la,k</sub>	<b>660</b>	kN
SW/2			
coefficiente di adattamento	a	<b>1</b>	
lunghezza del binario	L	<b>33</b>	
valore caratteristico della forza	Q <sub>la,k</sub>	<b>1155</b>	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## AVVIAMENTO

LM/71 valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>1000</b>	kN
SW/0 valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>1000</b>	kN
SW/2 valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>1000</b>	kN

Si rimanda alla “*Relazione interazione treno binario struttura*” per l’analisi di interazione binario-struttura. Le variazioni in termini di sollecitazioni longitudinali non risultano significative e, di conseguenza, non verranno portate in conto nella presente relazione.

### 6.5.4 Forza d’attrito (Q8)

Le forze parassitarie dei vincoli si esplicano in corrispondenza degli apparecchi d’appoggio mobili per traslazione relativa impalcato-apparecchi d’appoggio. Essendo funzione del carico verticale, la sua definizione è associata ai coefficienti moltiplicativi delle combinazioni  $\gamma$  e  $\psi$  dei carichi da peso proprio strutturali e non, e dei carichi verticali da traffico. Si riporta per questo motivo un esempio di forza d’attrito “caratteristica” solo come esempio di calcolo, in quanto il calcolo è stato eseguito a valle della combinazione di carico.

Per la valutazione delle coazioni generate è stato considerato un coefficiente d’attrito  $f$  pari a 0,04. Con riferimento a quanto riportato nel §2.5.1.6.3 [3] la forza agente sulle pile per impalcato a travate isostatiche, facendo riferimento all’apparecchio d’appoggio maggiormente caricato tra i due presenti sulla pila, si considera pari a:

$$F_a = f (0,2 \cdot V_G + V_Q)$$

dove  $V_G$  reazione verticale massima associata ai carichi permanenti  
 $V_Q$  reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

altezza baggioli e apparecchi d'appoggio	h	0.5	m
lunghezza del binario	L	40	m
reazione verticale massima associata ai carichi permanenti	Vg1	6708	kN
reazione verticale massima associata ai carichi permanenti	Vg2	6839	KN
reazione verticale massima associata ai carichi mobili	Vq	10221	kN
coefficiente d'attrito (da assum. In relazione alle cart. App.)	f	0.04	
forza d'attrito trasmessa alla pila	Fa	517.2	kN
momento longitudinale in testa pila	M	258.6	kN/m

## 6.6 Azione del Vento (Q5)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici. Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal piano del ferro rappresentante il convoglio. L'altezza effettiva è valutata sia in funzione della presenza o meno del convoglio sia in funzione dell'altezza delle barriere antirumore, convenzionalmente alte 5m.

La valutazione è stata svolta in coerenza con i capitoli 3.3, 5.1.3.7 delle NTC2008 e dei 8.1, 8.2, 8.3 e 8.4 del Eurocodice 1991-1-4.

Non essendo ritenuta la necessità di un'analisi dinamica, per la valutazione della risposta sotto azione del vento, è possibile utilizzare il metodo semplificato che permette di esprimere  $F_w$  con la seguente espressione:

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref,x}$$

dove:

$v_b$  indica la velocità di base del vento

$C$  indica il fattore del carico del vento.  $C = c_e \times c_{f,x}$  dove  $c_e$  è il fattore di esposizione e  $c_{f,x}$  coefficienti di forza

$A_{ref,x}$  indica l'area di riferimento

$\rho$  indica la densità dell'aria

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Di seguito si riportano le assunzioni principali per la scrittura di tale forza, a partire dai contributi del fattore del carico del vento  $c_e \times c_{f,x}$  e del coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza  $z$  del punto considerato. Altezza posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §2.5.1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4,00 m sul p.f.. L'azione del vento dovrà comunque considerarsi agente sulle b.a. presenti considerando la loro altezza effettiva se disponibile oppure un'altezza convenzionale di 4,00 m misurati dall'estradosso della soletta qualora le b.a. non siano previste al momento della redazione del progetto.

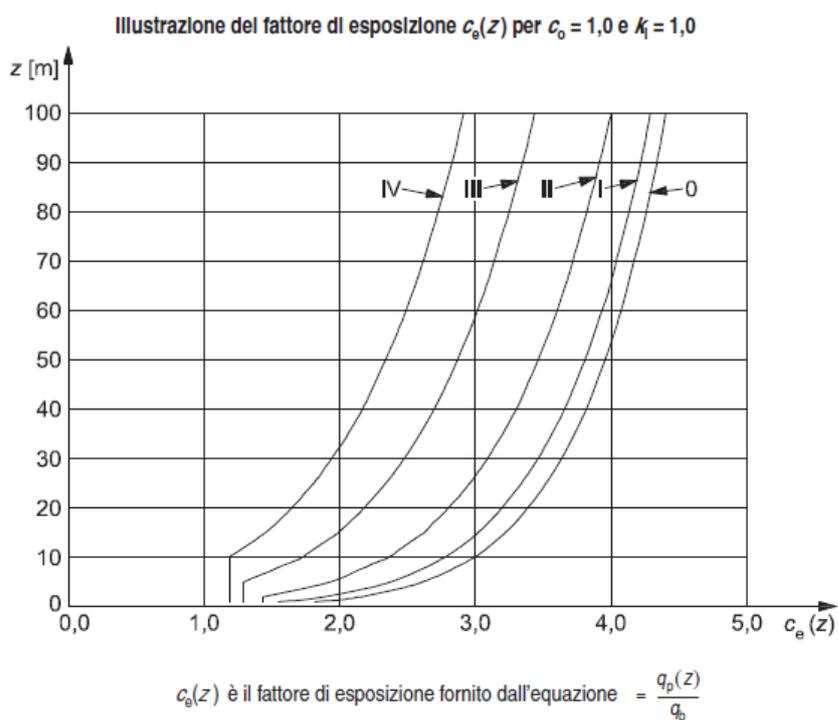


Figura 8 -fattore di esposizione - Eurocodice 1991-1-4

### Illustrazione del fattore di forza $c_{f,x,0}$

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

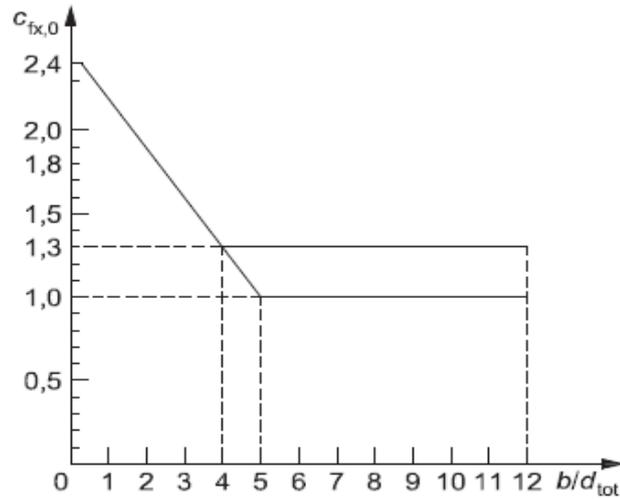


Figura 9 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4

$$c_{f,x} = c_{fx,0}$$

dove:

$c_{fx,0}$  indica il coefficiente di forza relativo all'impalcato in assenza di flusso di estremità libera

- a) Fase di costruzione, parapetti aperti (aperti più del 50%) e barriere di sicurezza aperte
- b) Parapetti solidi, barriere antirumore, barriere di sicurezza solide o traffico
- 1 Tipo di ponte
- 2 Travi reticolari separatamente

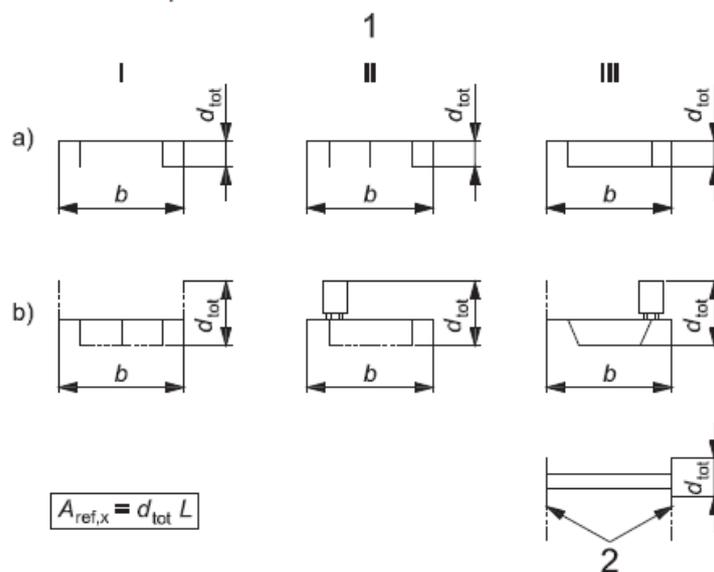


Figura 10 - Area effettiva - Eurocodice 1991-1-4

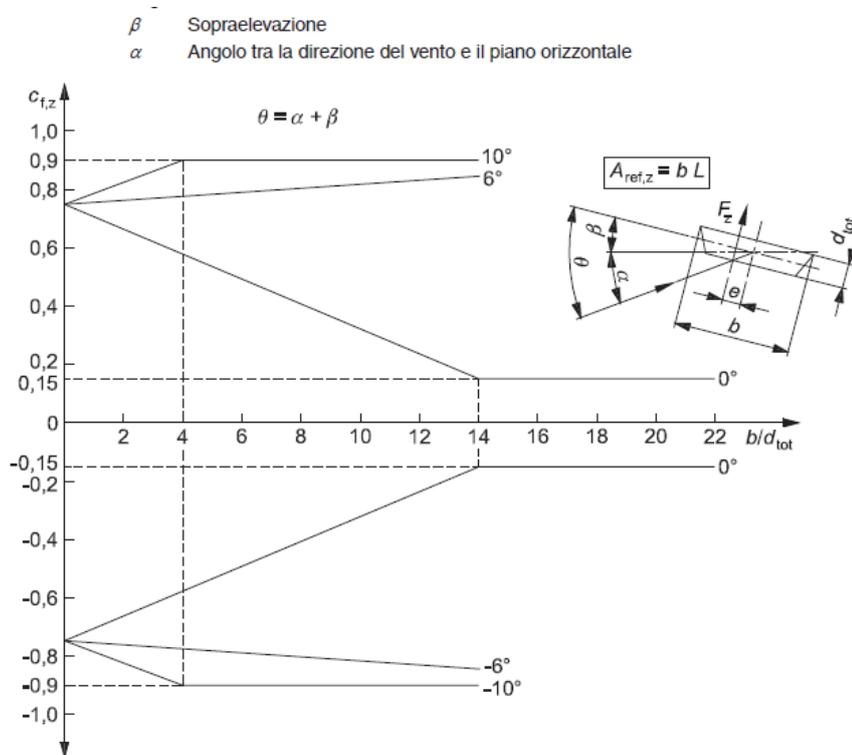


Figura 11 - coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

L'azione longitudinale del vento se non espressamente richiesta può essere trascurata. In generale, le forze spiranti da direzioni diverse non agiscono simultaneamente. Nel caso di azione verticale, essendo prodotta da un ampio ventaglio di direzioni è possibile combinarla con altri venti se il contributo aggiunto è sfavorevole.

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

- a) Struttura verticale per esempio edifici, ecc.  
 b) Oscillatore parallelo, per esempio strutture orizzontali come travi, ecc.  
 c) Strutture puntuali per esempio insegne, ecc.  
 1) Vento

$$z_s = 0,6 \times h \geq z_{\min} \quad z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min} \quad z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min}$$

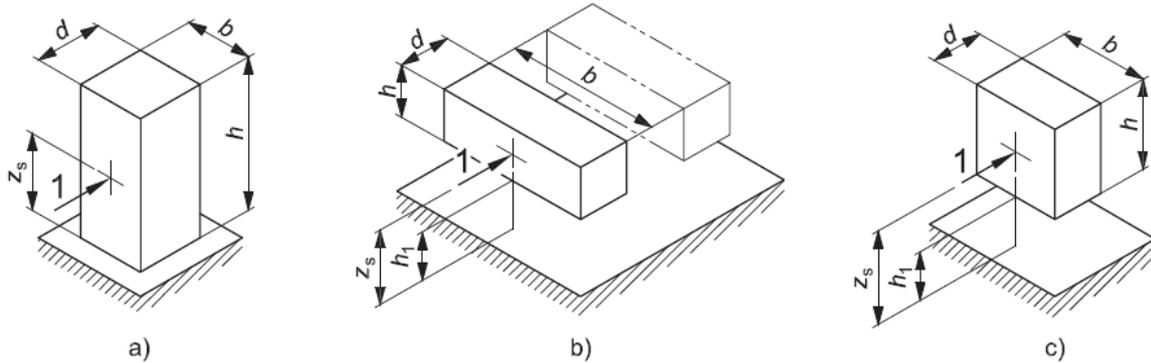


Figura 12 - Altezza di riferimento - Eurocodice 1991-1-4

tab. 3.3.I

Zona

**1**

tab.3.3.II

Categoria

**II**

tab. 3.3.III

Classe rug

**D**

velocità di base di riferimento s.l.m.

Vbo

**25**

m/s

parametro di quota

ao

**1000**

m

altitudine sul livello del mare

as

**150**

m

parametro adimensionale

ks

**0.4**

coefficiente di altitudine

ca

**1**

velocità di base di riferimento

Vb

**25**

m/s

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504015				B

tempo di ritorno azione del vento	Tr	150	anni
coefficiente di ritorno	cr	1.06	
velocità di riferimento	Vr	26.5	m/s
fattore di terreno	Kr	0.19	
lunghezza di rugosità	zo	0.05	m
altezza minima	zmin	4	m

#### 6.6.1.1 Impalcato

<b>ponte carico</b>			
altezza pila	z1	8.00	m
altezza baggioli e app. d'appoggio	z2	0.50	m
altezza all'intradosso	zint	8.5	m
altezza di riferimento	z	12.3	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.48	
densità dell'aria convenzionale	ro	1.25	kg/m <sup>3</sup>
pressione statica di riferimento	qr	439.8	n/m <sup>2</sup>
pressione statica di picco	qpicco	1092.7	n/m <sup>2</sup>
larghezza impalcato	d	13.4	m
altezza impalcato+soletta	z3	2.78	m
armamento	z4	0.80	m
altezza treno	z5a	4	m
altezza barriere	z5b	4	m
altezza di impatto treno o barriere	htot	7.58	m
	d/h	1.77	
coefficiente di forza trasversale	cfx	1.91	
coefficiente di forza trasversale	cfz	0.9	

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

forza trasversale	fx	<b>18.9</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fx	<b>615.6</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>2639.6</b>	kN/m
forza verticale	fz	<b>33.5</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fz	<b>1088.8</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>3647.3</b>	kN/m

<b>ponte scarico</b>			
altezza di impatto treno o barriere	htot	<b>6.78</b>	m
rapporto geometrico	d/h	<b>1.98</b>	
coefficiente di forza trasversale	cfx	<b>1.86</b>	
coefficiente di forza trasversale	cfz	<b>0.90</b>	
forza trasversale	fx	<b>16.9</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fx	<b>550.6</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>2140.6</b>	kN/m
forza verticale	fz	<b>33.5</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fz	<b>1088.8</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>3647.3</b>	kN/m

### 6.6.1.2 Pila

Nel caso di pila con sezione rettangolare, il coefficiente di forma della pila e l'area di riferimento per il calcolo della risultante si determinano in base alle indicazioni del §7.2 della UNI EN1991-1-4. A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma  $c_p$  al coefficiente di forza  $c_f$ .

Il coefficiente di forza  $c_f$  si determina mediante l'espressione:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

- dove
- $c_{f,0}$  è il coefficiente di forma in assenza di effetto di estremità;
  - $\psi_r$  è il fattore riduttivo per sezioni con spigoli arrotondati;
  - $\psi_\lambda$  è il fattore di effetto di estremità, posto cautelativamente pari a 1.

I valori di  $c_{f,0}$  e  $\psi_r$  si determinano in funzione del rapporto tra le dimensioni in sezione dell'elemento investito, secondo gli abachi riportati nella figura seguente.

Coefficienti di forza  $c_{f,0}$  con sezioni rettangolari a spigoli vivi in assenza di flusso di estremità libera

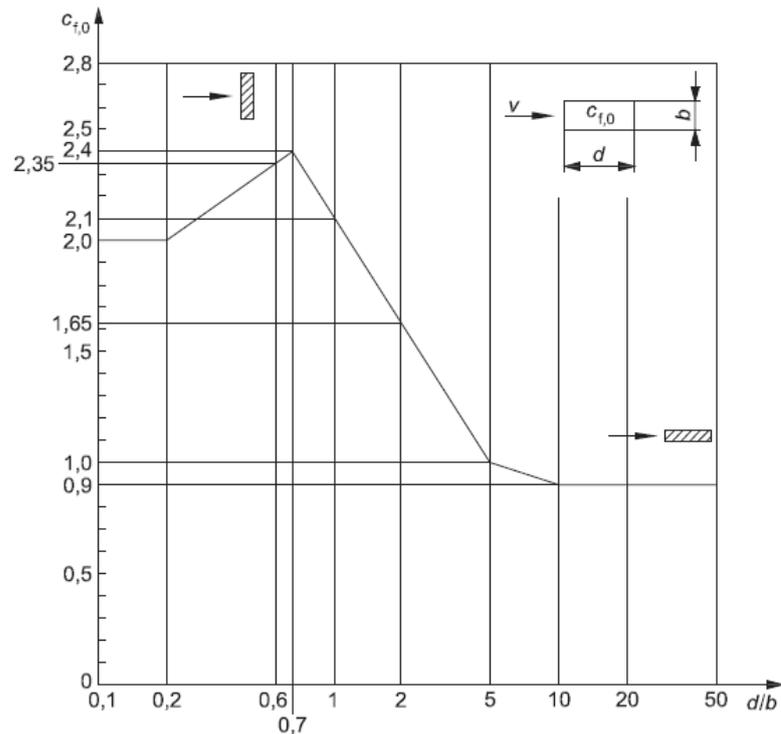


Figura 13 - Correlazione tra dimensioni in sezione dell'elemento e il coefficiente di forma  $c_{f,0}$  (figura 7.23 EC1-4)

Fattore di riduzione  $\psi_r$  per sezioni quadrate con spigoli arrotondati

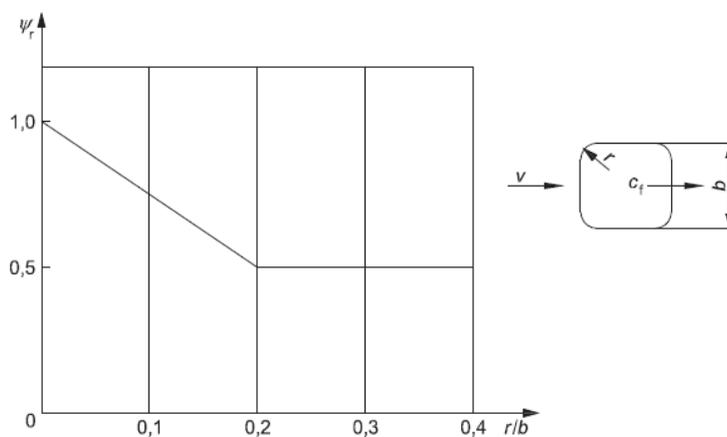


Figura 14 - correlazione tra il raggio di arrotondamento dello spigolo e il fattore riduttivo  $\psi_r$  (figura 7.24 EC1-4)



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

Coefficiente di forza  $c_{f,0}$  per cilindri circolari in assenza di effetti di estremità libera in corrispondenza di diversi valori della rugosità equivalente  $k/b$

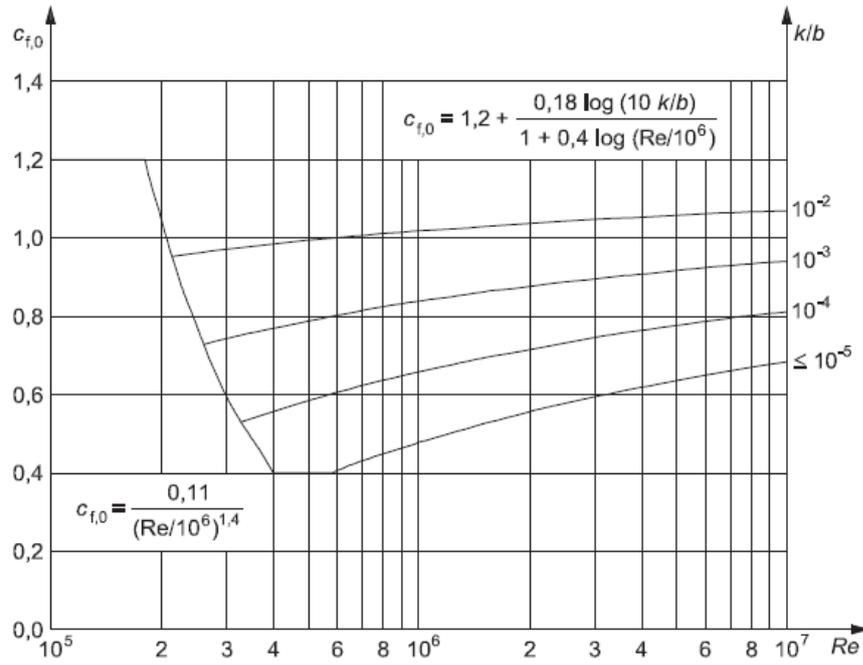


Figura 15 - Fattori di forza pila - Eurocodice 1991-1-4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

**direzione trasversale**

altezza di riferimento	z	8	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.21	
densità dell'aria convenzionale	ro	1.25	kg/m <sup>3</sup>
pressione statica di riferimento	qr	439.8	n/m <sup>2</sup>
pressione statica di picco	qpicco	972.9	n/m <sup>2</sup>
		0.97	Kpa
tipologia di sezione		rettangolare	
larghezza trasversale pila	b	9.4	m
larghezza longitudinale pila	d	3.6	m
raggio della sezione	R	0.40	m
rapporto geometrico	b/d	2.61	
rapporto geometrico	r/b	0.11	
coefficiente di forza trasversale sez. ret.	cf,0	1.46	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.72	
viscosità cinematica dell'aria	v	1.50E-05	m/s
numero di Reynolds	Re	1.76E+06	
materiale pila		cls ruvido	
rugosità equivalente	k	1	mm
rapporto	k/b	2.50E-03	
coefficiente di forza trasversale sez. circ.	cf,0	0.94	
rapporto geometrico	l/b	2.22	
snellezza effettiva	$\lambda$	70.00	
rapporto di solidità	$\phi$	1	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
forza trasversale	f tras	9.0	kN/m
forza equivalente totale	F tras	72.0	kN
altezza di applicazione sulla pila	h tra	4.2	m

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

<b>direzione longitudinale</b>			
tipologia di sezione		<b>rettangolare</b>	
larghezza trasversale pila	b	9.4	m
larghezza longitudinale pila	d	3.6	m
raggio della sezione	R	0.4	m
rapporto geometrico	b/d	0.38	
rapporto geometrico	r/b	0.04	
coefficiente di forza long. sez.ret	cf,0	2.21	
coefficiente di forza trasversale sez.circ.	cf,0	0.94	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
rapporto geometrico	l/b	0.85	
snellezza effettiva	$\lambda$	70.00	
rapporto di solidità	$\phi$	1	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
forza longitudinale	f lon	<b>23.50</b>	kN/m
forza equivalente totale	Flon	<b>188.00</b>	kN
altezza di applicazione sulla pila	h lon	<b>4.15</b>	m

## 6.7 Azione termica (Q7)

Le azioni termiche sono state applicate all'impalcato e alle pile. In particolare, all'impalcato è stata applicata una variazione termica uniforme, al fine di calcolare le escursioni di appoggi e giunti; sono state considerate le seguenti variazioni:

- $DT = \pm 15^{\circ}\text{C}$  per impalcato in c.a.p. e in c.a.
- $DT = \pm 15^{\circ}\text{C}$  per impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo e per le travi incorporate

Come previsto nelle NTC2008, la variazione di temperatura è stata incrementata del 50 % per tutte le tipologie di impalcato.

Per le pile cave invece, sono state adottate le seguenti ipotesi:

- Differenza di temperatura tra interno ed esterno pari a  $10^{\circ}\text{C}$  (con interno più caldo dell'esterno o viceversa, considerando un modulo elastico E non ridotto);
- Ritiro differenziale fusto-fondazione (fusto-pulvino), considerando un plinto (pulgino) parzialmente stagionato, che non ha, quindi, ancora esaurito la relativa deformazione da ritiro.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Conseguentemente a tale situazione si potrà considerare un valore di ritiro differenziale pari al 50% di quello a lungo termine, considerando un valore convenzionale del modulo di elasticità pari ad 1/3 di quello misurato (tale contributo è stato valutato in modo esplicito);

- Variazione termica uniforme tra fusto, pila e zattera interrata pari a 5 °C (zattera più fredda della pila e viceversa con variazione lineare tra l'estradosso zattera di fondazione ed un'altezza da assumersi, in mancanza di determinazioni più precise, pari a 5 volte lo spessore

## 6.8 Azione Sismica (E)

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

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

### 6.8.1 Inquadramento Sismico

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

Vita Nominale	Classe d'Uso	Coeff. D'uso
100	III	1.5

La geo-localizzazione permette di ottenere le coordinate geografiche delle singole opere e individuare puntualmente la domanda sismica secondo gli spettri normativi rappresentativi delle due componenti (orizzontale e verticale), ovvero determinare i singoli parametri indipendenti di riferimento.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

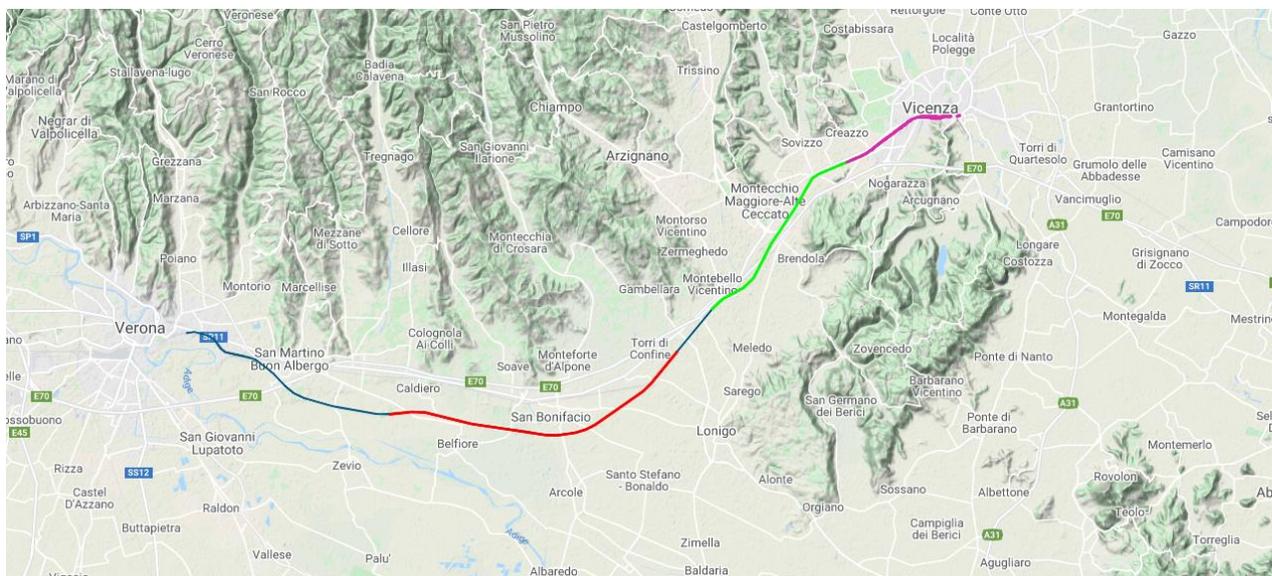


Figura 16 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

I parametri indipendenti per le forme spettrali di riferimento hanno una variazione spaziale lungo la linea poco influente; per le seguenti analisi si è fatto riferimento alle seguenti coordinate individuando così la condizione sismica più gravosa fra quelle dell'intera tratta di interesse.

Latitudine 45.40294

Longitudine 11.11012

### 6.8.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC 2008 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono di tipo C, pianeggianti, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate      LONGITUDINE: 11.11012      LATITUDINE: 45.40294

Ricerca per comune      REGIONE: Veneto      PROVINCIA: Verona      COMUNE: Verona

**Elaborazioni grafiche**  
Grafici spettri di risposta |>  
Variabilità dei parametri |>

**Elaborazioni numeriche**  
Tabella parametri |>

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3  
 Interpolazione

Interpolazione:  
superficie rigata

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

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

Figura 17 - Sito di riferimento secondo "Spettri\_NTC"

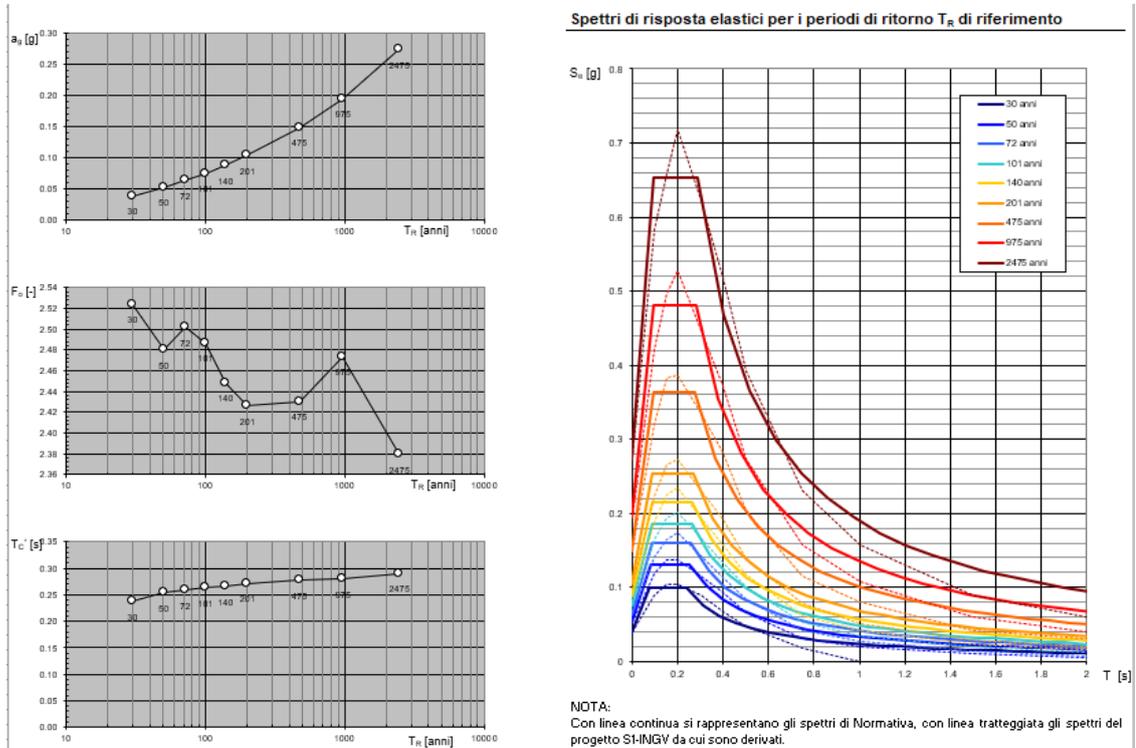


Figura 18 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri\_NTC"

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.039	2.524	0.237
50	0.053	2.480	0.253
72	0.064	2.501	0.259
101	0.075	2.486	0.263
140	0.088	2.448	0.265
201	0.104	2.426	0.271
475	0.149	2.430	0.278
975	0.195	2.474	0.280
2475	0.275	2.379	0.291

La verifica dell'ideoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Figura 19 - Tabella riassuntiva degli stati limite di riferimento del sito in esame



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

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

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

#### Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

$S_B = 1.373$   $C_C = 1.591$  info

$h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)  $\zeta = 5\%$   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)  $q_o = 1.5$   $\eta = 1.000$  info

Compon. verticale

Spettro di progetto  $q_v = 1$   $\eta = 1/q = 1.000$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

#### Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 20 - Definizione della domanda sismica allo SLV

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.224 g
$F_o$	2.435
$T_c$	0.284 s
$S_s$	1.373
$C_c$	1.591
$S_T$	1.000
$q$	1.500

#### Parametri dipendenti

$S$	1.373
$\eta$	0.667
$T_B$	0.151 s
$T_C$	0.452 s
$T_D$	2.495 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.307
$T_B$	0.151	0.499
$T_C$	0.452	0.499
	0.549	0.410
	0.646	0.349
	0.744	0.303
	0.841	0.268
	0.938	0.240
	1.036	0.218
	1.133	0.199
	1.230	0.183
	1.328	0.170
	1.425	0.158
	1.522	0.148
	1.619	0.139
	1.717	0.131
	1.814	0.124
	1.911	0.118
	2.009	0.112
	2.106	0.107
	2.203	0.102
	2.301	0.098
	2.398	0.094
$T_D$	2.495	0.090
	2.567	0.085
	2.638	0.081
	2.710	0.077
	2.782	0.073
	2.853	0.069
	2.925	0.066
	2.997	0.063
	3.068	0.060
	3.140	0.057
	3.212	0.055
	3.283	0.052
	3.355	0.050
	3.427	0.048
	3.498	0.046
	3.570	0.045
	3.642	0.045
	3.713	0.045
	3.785	0.045
	3.857	0.045
	3.928	0.045
	4.000	0.045

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 21 – Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV  $q=1.5$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### 6.8.3 Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle NTC 2008. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, per il calcolo dei periodi propri della pila e quindi delle sollecitazioni sismiche, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello agli Elementi Finiti monodimensionali (Beam/Frame) mediante il software di calcolo Midas Civil.

Per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura  $q$  pari a 1.5, confermando l'assunzione di PD ed in linea con quanto previsto dall'EC8.

Per la verifica degli apparecchi di appoggio è stato utilizzato invece lo spettro elastico non ridotto dal coefficiente di comportamento, utilizzando, sempre secondo le regole del manuale di progettazione riportate al paragrafo 2.5.1.8.3.3, uno smorzamento viscoso pari a  $\zeta = 10\%$ .

Infine, per i 'Pali di fondazione', secondo il paragrafo del §2.5.1.8.3.3 del citato manuale RFI, si assume allo SLV sui pali un'azione sismica di progetto pari a quella derivante da un'analisi della struttura condotta adottando un fattore di struttura  $q=1.5$

Nella scrittura delle combinazioni di carico si è distinta la posizione del convoglio per massimizzare le singole sollecitazioni (N,Mx,My,Tx,Ty), identificando tre configurazioni, ovvero tre masse statiche.

Nell'analisi sismica la massa partecipante riferita ai carichi da traffico è stata valutata in maniera distinta per le tre componenti del moto e successivamente messa in combinazione per le tre configurazioni statiche.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015
			B

#### 6.8.4 Check analisi statica

<b>Direzione Longitudinale</b>			
massa treno per direzione long	Com Nmax	10610	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	2122	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	15363	kN
massa sismica portata sulla pila	Mimp t	17485	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	1/5 Mimp t	3497	kN
massa pila	Mpul	1661	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2518	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Long	Mtot long	20003	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

<b>Direzione Trasversale</b>			
massa treno per direzione long	Com Mmax	7834	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1567	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	13547	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	Mimp t	15113	kN
massa pila	Mpul	1661	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2518	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Trasv	Mtot tras	17631	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504015				B

<b>Direzione Verticale</b>			
massa treno per direzione long	Com Mmax	7834	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1567	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	13547	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	Mimp t	15113	kN
massa pila	Mpul	1661	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2518	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Vert	Mtot vert	17631	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

### 6.8.5 Analisi statica equivalente

area della sezione	A	11.5	m <sup>2</sup>
inerzia sezione direzione trasversale	I11	104	m <sup>4</sup>
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	22	m <sup>4</sup>
modulo elastico cls pila	Ec	33346	MPa
eventuale abbattimento del modulo	%	50.00	
modulo di calcolo	E	16673	MPa
calcestruzzo	fck	32	MPa
altezza pila est. fondazione - estr. pulvino	H	8.00	m
altezza plinto di fondazione	hf	0.00	m
altezza baggioli ed app. appoggio	hap	0.50	m
altezza equivalente sdof	He	8.50	m
rigidezza flessionale sdof in dir. Trasv	Ktra	3.15E+09	N/m
rigidezza flessionale sdof in dir. Long	Klong	1.81E+09	N/m
rigidezza assiale sdof in dir. Vert	Kvert	3.23E+10	N/m
periodo di vibrare sdof dir. Trasversale	Ttra	0.15	sec
periodo di vibrare sdof dir. Longitudinale	Tlong	0.21	sec
periodo di vibrare sdof dir. Verticale	Tvert	0.05	sec

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

	SLV		SLD	
<b>Tabella Riassuntiva</b>	q=1.5	q=1	q=1	
accelerazione componente trasversale	0.49	0.73	0.33	g
accelerazione componente longitudinale	0.50	0.75	0.33	g
accelerazione componente verticale	0.33	0.33	0.09	g
Sforzo assiale	5774	5774	1509	kN
Taglio Sism testa pila direz. trasversale	8625	12803	5899	kN
Taglio Sism testa pila direz. longitudinale	9977	14966	6693	kN
Momento flessionale trasversale	97793	145154	66883	kN m
Momento flessionale longitudinale	84806	127210	56888	kN m

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 7. Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC 2008, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

		Coefficiente	EQ <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>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</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

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

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	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	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

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504015			B	

	Azioni	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e quindi, alle verifiche strutturali.

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
A1_SLU_gr1_Treno_	1.35	1.5	1.45	0	0.725	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr2_Scarico_	1.35	1.5	0	1.45	0	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr3_Fre/avv_	1.35	1.5	1.45	0	1.45	0.725	0.725	0.9	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr1+vento_	1.35	1.5	1.45	0	0.725	1.45	1.45	0.9	0.9	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr2+vento_	1.35	1.5	0	1.45	0	1.45	1.45	0.9	0.9	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr3+vento_	1.35	1.5	1.45	0	1.45	0.725	0.725	0.9	0.9	0	0	0	1.5
A1_SLU_vento_gr1_	1.35	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5
A1_SLU_vento_gr2_	1.35	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5
A1_SLU_vento_gr3_	1.35	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5
A1_SLU_Scalz_gr1_	1.35	1.5	0.87	0	0.435	0.87	0.87	0.54	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_Scalz_gr2_	1.35	1.5	0	0.87	0	0.87	0.87	0.54	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_Scalz_gr3_	1.35	1.5	0.87	0	0.87	0.435	0.435	0.54	0	0	0	0	1.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
SLE_rar_gr1_Treno_	1	1	1	0	0.5	1	1	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr2_Scarico_	1	1	0	1	0	1	1	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr3_Fre/avv_	1	1	1	0	1	0.5	0.5	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr4_Centrif_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr1+vento_	1	1	1	0	0.5	1	1	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_gr2+vento_	1	1	0	1	0	1	1	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_gr3+vento_	1	1	1	0	1	0.5	0.5	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_gr4+vento_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr1_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr2_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr3_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr4_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
SLE_fre_gr1_Treno_	1	1	0.6	0	0.3	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr2_Scarico_	1	1	0	0.6	0	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr3_Fre/avv_	1	1	0.6	0	0.6	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr4_Centrif_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.5	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr1+vento_	1	1	0.6	0	0.3	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr2+vento_	1	1	0	0.6	0	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr3+vento_	1	1	0.6	0	0.6	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr4+vento_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.5	0	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr1_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr2_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr3_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr4_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_gr1_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr2_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr3_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr4_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA	
			
		Progetto	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		E12CLVI0504015	
		B	

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
SLE_qp_gr1_Treno_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr2_Scarico_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr3_Fre/avv_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr1+vento_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr2+vento_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr3+vento_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_vento_gr1_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_vento_gr2_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_vento_gr3_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr1_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr2_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr3_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scari	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
E_103x_	1	1	0.2	0	0	0	0	0.5	0	1	0.3	0.3	1
E_103y_	1	1	0.2	0	0	0	0	0.5	0	0.3	1	0.3	1
E_103z_	1	1	0.2	0	0	0	0	0.5	0	0.3	0.3	1	1

*Nota: nelle combinazioni sismiche gli effetti dei convogli come azioni statiche sono tenute in conto direttamente a monte della combinazione*

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione ed inversione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

## 7.1 Caratteristiche di sollecitazioni

Come precedentemente descritto si è valutata la posizione del singolo convoglio per massimizzare la sollecitazione d'interesse. Questo ha portato alla definizione di tre configurazioni per la progettazione e verifica del pulvino, del fusto pila e della fondazione. Di seguito si riportano le tabelle di tutte le combinazioni di carico, funzione delle suddette configurazioni.

### 7.1.1 Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	30673	2110	1318	4943	10657
A1_SLU_gr2_Scarico_2	20195	171	1318	3265	7494
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	30673	3673	659	5725	6910
A1_SLU_gr1+vento_5	31653	2280	1937	5646	16584
A1_SLU_gr2+vento_6	21175	340	1937	3967	13422
A1_SLU_gr3+vento_7	31653	3842	1278	6427	12837
A1_SLU_vento_gr1_9	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_vento_gr2_10	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_vento_gr3_11	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_Scalz_gr1_13	26129	1168	791	4092	6394
A1_SLU_Scalz_gr2_14	19843	95	791	3130	4497
A1_SLU_Scalz_gr3_15	26129	2105	395	4560	4146
<hr/>					
SLE_rar_gr1_Treno_1	21380	1331	909	3320	7350
SLE_rar_gr2_Scarico_2	14155	80	909	2205	5168
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	21380	2408	454	3858	4765
SLE_rar_gr1+vento_5	22034	1443	1321	3788	11301
SLE_rar_gr2+vento_6	14808	192	1321	2674	9120

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE\_rar\_gr3+vento\_7

22034

2521

867

4327

8717

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica					
	IN17	12	EI2CLVI0504015		B			

SLE_rar_vento_gr1_9	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_vento_gr2_10	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_vento_gr3_11	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_gr4_Centrif_4	18247	1471	545	3127	4410
SLE_rar_gr4+vento_8	18900	1584	958	3596	8361
SLE_rar_vento_gr4_12	14635	188	688	2779	6586
SLE_qp_gr1+vento_33	13547	54	0	2025	0
E_103x_SLV_q=1.5_45	16845	8807	2218	4535	8889
E_103y_SLV_q=1.5_46	16845	2702	7393	1482	28611
E_103z_SLV_q=1.5_47	20887	2702	2218	1482	8889
E_103x_SLD_q=1_54	15566	5936	1517	3099	6217
E_103y_SLD_q=1_55	15566	1841	5057	1052	19705
E_103z_SLD_q=1_56	16623	1841	1517	1052	6217

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	27006	1978	1318	9930	9694
A1_SLU_gr2_Scarico_58	20195	171	1318	3265	7494
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	27006	3541	659	10711	5947
A1_SLU_gr1+vento_61	27986	2148	1937	10632	15621
A1_SLU_gr2+vento_62	21175	340	1937	3967	13422
A1_SLU_gr3+vento_63	27986	3710	1278	11413	11874
A1_SLU_vento_gr1_65	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_vento_gr2_66	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_vento_gr3_67	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_Scalz_gr1_69	23929	1121	791	7099	5816
A1_SLU_Scalz_gr2_70	19843	95	791	3130	4497
A1_SLU_Scalz_gr3_71	23929	2058	395	7568	3568
SLE_rar_gr1_Treno_57	18852	1270	909	6774	6686
SLE_rar_gr2_Scarico_58	14155	80	909	2205	5168
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	18852	2347	454	7312	4101
SLE_rar_gr1+vento_61	19505	1383	1321	7242	10637
SLE_rar_gr2+vento_62	14808	192	1321	2674	9120
SLE_rar_gr3+vento_63	19505	2460	867	7781	8053
SLE_rar_vento_gr1_65	14635	188	688	2779	6586

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto		Lotto		Codifica			
	IN17		12		EI2CLVI0504015		B	

SLE_rar_vento_gr2_66	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_vento_gr3_67	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_gr4_Centrif_60	16730	1434	545	5200	4011
SLE_rar_gr4+vento_64	17383	1547	958	5668	7963
SLE_rar_vento_gr4_68	14635	188	688	2779	6586
SLE_qp_gr1+vento_89	13547	54	0	2025	0
E_103x_SLV_q=1.5_101	16340	8797	2218	5226	8756
E_103y_SLV_q=1.5_102	16340	2692	7393	2174	28478
E_103z_SLV_q=1.5_103	20381	2692	2218	2174	8756
E_103x_SLD_q=1_110	15060	5926	1517	3791	6084
E_103y_SLD_q=1_111	15060	1830	5057	1743	19573
E_103z_SLD_q=1_112	16117	1830	1517	1743	6084

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	25444	1922	1318	4674	21900
A1_SLU_gr2_Scarico_114	20195	171	1318	3265	7494
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	25444	3484	659	5455	18152
A1_SLU_gr1+vento_117	26424	2091	1937	5377	27827
A1_SLU_gr2+vento_118	21175	340	1937	3967	13422
A1_SLU_gr3+vento_119	26424	3654	1278	6158	24080
A1_SLU_vento_gr1_121	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_vento_gr2_122	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_vento_gr3_123	20947	282	1031	4108	9879
A1_SLU_Scalz_gr1_125	22992	1100	791	3953	13140
A1_SLU_Scalz_gr2_126	19843	95	791	3130	4497
A1_SLU_Scalz_gr3_127	22992	2038	395	4421	10891
SLE_rar_gr1_Treno_113	17774	1244	909	3156	15103
SLE_rar_gr2_Scarico_114	14155	80	909	2205	5168
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	17774	2321	454	3694	12519
SLE_rar_gr1+vento_117	18427	1357	1321	3624	19055
SLE_rar_gr2+vento_118	14808	192	1321	2674	9120
SLE_rar_gr3+vento_119	18427	2434	867	4163	16470
SLE_rar_vento_gr1_121	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_vento_gr2_122	14635	188	688	2779	6586

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
	Progetto	Lotto	Codifica						
	IN17	12	E12CLVI0504015		B				

SLE_rar_vento_gr3_123	14635	188	688	2779	6586
SLE_rar_gr4_Centrif_116	16083	1419	545	3029	9062
SLE_rar_gr4+vento_120	16736	1532	958	3497	13013
SLE_rar_vento_gr4_124	14635	188	688	2779	6586
SLE_qp_gr1+vento_145	13547	54	0	2025	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	16124	8792	2218	4503	10439
E_103y_SLV_q=1.5_158	16124	2687	7393	1451	30161
E_103z_SLV_q=1.5_159	20166	2687	2218	1451	10439
E_103x_SLD_q=1_166	14845	5921	1517	3068	7768
E_103y_SLD_q=1_167	14845	1826	5057	1020	21256
E_103z_SLD_q=1_168	15901	1826	1517	1020	7768

### 7.1.2 Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	35567	2110	1318	21826	21199
A1_SLU_gr2_Scarico_2	25089	171	1318	4631	18036
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	35567	3673	659	35106	12181
A1_SLU_gr1+vento_5	36547	2280	1937	23882	32077
A1_SLU_gr2+vento_6	26069	340	1937	6687	28914
A1_SLU_gr3+vento_7	36547	3842	1278	37163	23059
A1_SLU_vento_gr1_9	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_vento_gr2_10	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_vento_gr3_11	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_Scalz_gr1_13	31023	1168	791	13436	12719
A1_SLU_Scalz_gr2_14	24737	95	791	3889	10822
A1_SLU_Scalz_gr3_15	31023	2105	395	21404	7309
SLE_rar_gr1_Treno_1	25006	1331	909	13964	14620
SLE_rar_gr2_Scarico_2	17780	80	909	2842	12439
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	25006	2408	454	23123	8401
SLE_rar_gr1+vento_5	25659	1443	1321	15335	21872
SLE_rar_gr2+vento_6	18433	192	1321	4213	19691

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504015	B

SLE\_rar\_gr3+vento\_7                      25659      2521      867      24493      15652

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE_rar_vento_gr1_9	18261	188	688	4283	12086
SLE_rar_vento_gr2_10	18261	188	688	4283	12086
SLE_rar_vento_gr3_11	18261	188	688	4283	12086

SLE_rar_gr4_Centrif_4	21872	1471	545	14894	8772
SLE_rar_gr4+vento_8	22525	1584	958	16265	16024
SLE_rar_vento_gr4_12	18261	188	688	4283	12086

SLE_qp_gr1+vento_33	17172	54	0	2459	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	20471	10063	2588	86979	29774
E_103y_SLV_q=1.5_46	20471	3079	8625	27614	98229
E_103z_SLV_q=1.5_47	24512	3079	2588	27614	29774
E_103x_SLD_q=1_54	19191	6778	1770	59060	20501
E_103y_SLD_q=1_55	19191	2093	5899	19239	67319
E_103z_SLD_q=1_56	20248	2093	1770	19239	20501

<b>CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA</b>					
-------------------------------------------------	--	--	--	--	--

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	31900	1978	1318	25757	20236
A1_SLU_gr2_Scarico_58	25089	171	1318	4631	18036
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	31900	3541	659	39037	11218
A1_SLU_gr1+vento_61	32880	2148	1937	27813	31114
A1_SLU_gr2+vento_62	26069	340	1937	6687	28914
A1_SLU_gr3+vento_63	32880	3710	1278	41093	22096
A1_SLU_vento_gr1_65	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_vento_gr2_66	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_vento_gr3_67	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_Scalz_gr1_69	28823	1121	791	16064	12142
A1_SLU_Scalz_gr2_70	24737	95	791	3889	10822
A1_SLU_Scalz_gr3_71	28823	2058	395	24032	6731

SLE_rar_gr1_Treno_57	22477	1270	909	16933	13956
SLE_rar_gr2_Scarico_58	17780	80	909	2842	12439
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	22477	2347	454	26091	7737
SLE_rar_gr1+vento_61	23130	1383	1321	18303	21208
SLE_rar_gr2+vento_62	18433	192	1321	4213	19691
SLE_rar_gr3+vento_63	23130	2460	867	27462	14988
SLE_rar_vento_gr1_65	18261	188	688	4283	12086

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE_rar_vento_gr2_66	18261	188	688	4283	12086
SLE_rar_vento_gr3_67	18261	188	688	4283	12086

SLE_rar_gr4_Centrif_60	20355	1434	545	16675	8374
SLE_rar_gr4+vento_64	21008	1547	958	18046	15625
SLE_rar_vento_gr4_68	18261	188	688	4283	12086

SLE_qp_gr1+vento_89	17172	54	0	2459	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	19965	10053	2588	87670	29641
E_103y_SLV_q=1.5_102	19965	3069	8625	28306	98096
E_103z_SLV_q=1.5_103	24007	3069	2588	28306	29641
E_103x_SLD_q=1_110	18686	6768	1770	59752	20368
E_103y_SLD_q=1_111	18686	2083	5899	19930	67186
E_103z_SLD_q=1_112	19742	2083	1770	19930	20368

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	30338	1922	1318	20051	32442
A1_SLU_gr2_Scarico_114	25089	171	1318	4631	18036
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	30338	3484	659	33331	23423
A1_SLU_gr1+vento_117	31318	2091	1937	22107	43319
A1_SLU_gr2+vento_118	26069	340	1937	6687	28914
A1_SLU_gr3+vento_119	31318	3654	1278	35387	34301
A1_SLU_vento_gr1_121	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_vento_gr2_122	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_vento_gr3_123	25841	282	1031	6364	18130
A1_SLU_Scalz_gr1_125	27886	1100	791	12755	19465
A1_SLU_Scalz_gr2_126	24737	95	791	3889	10822
A1_SLU_Scalz_gr3_127	27886	2038	395	20723	14054

SLE_rar_gr1_Treno_113	21399	1244	909	13108	22374
SLE_rar_gr2_Scarico_114	17780	80	909	2842	12439
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	21399	2321	454	22266	16154
SLE_rar_gr1+vento_117	22053	1357	1321	14478	29625
SLE_rar_gr2+vento_118	18433	192	1321	4213	19691
SLE_rar_gr3+vento_119	22053	2434	867	23637	23406
SLE_rar_vento_gr1_121	18261	188	688	4283	12086
SLE_rar_vento_gr2_122	18261	188	688	4283	12086

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE_rar_vento_gr3_123	18261	188	688	4283	12086
SLE_rar_gr4_Centrif_116	19708	1419	545	14380	13424
SLE_rar_gr4+vento_120	20362	1532	958	15751	20676
SLE_rar_vento_gr4_124	18261	188	688	4283	12086
SLE_qp_gr1+vento_145	17172	54	0	2459	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	19749	10048	2588	86947	31325
E_103y_SLV_q=1.5_158	19749	3064	8625	27583	99780
E_103z_SLV_q=1.5_159	23791	3064	2588	27583	31325
E_103x_SLD_q=1_166	18470	6764	1770	59029	22052
E_103y_SLD_q=1_167	18470	2079	5899	19207	68870
E_103z_SLD_q=1_168	19527	2079	1770	19207	22052

### 7.1.3 Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3

<b>CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE</b>					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	56490	2110	1318	27102	24494
A1_SLU_gr2_Scarico_2	46013	171	1318	5058	21331
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	56490	3673	659	44288	13828
A1_SLU_gr1+vento_5	57470	2280	1937	29581	36918
A1_SLU_gr2+vento_6	46992	340	1937	7537	33755
A1_SLU_gr3+vento_7	57470	3842	1278	46767	26253
A1_SLU_vento_gr1_9	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_vento_gr2_10	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_vento_gr3_11	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_Scalz_gr1_13	47729	1168	791	16356	14696
A1_SLU_Scalz_gr2_14	41443	95	791	4126	12798
A1_SLU_Scalz_gr3_15	47729	2105	395	26668	8297
SLE_rar_gr1_Treno_1	40504	1331	909	17290	16892
SLE_rar_gr2_Scarico_2	33278	80	909	3041	14711
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	40504	2408	454	29143	9537
SLE_rar_gr1+vento_5	41157	1443	1321	18943	25175
SLE_rar_gr2+vento_6	33932	192	1321	4694	22994

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504015	B

SLE\_rar\_gr3+vento\_7

41157

2521

867

30796

17820

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE_rar_vento_gr1_9	33759	188	688	4753	13805
SLE_rar_vento_gr2_10	33759	188	688	4753	13805
SLE_rar_vento_gr3_11	33759	188	688	4753	13805

SLE_rar_gr4_Centrif_4	0	0	37371	1471	545
SLE_rar_gr4+vento_8	0	0	38024	1584	958
SLE_rar_vento_gr4_12	0	0	33759	188	688

SLE_qp_gr1+vento_33	32670	54	0	2594	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	36634	13865	3728	116889	37669
E_103y_SLV_q=1.5_46	36634	4219	12428	36737	124546
E_103z_SLV_q=1.5_47	42226	4219	3728	36737	37669
E_103x_SLD_q=1_54	34863	8472	2278	78123	25561
E_103y_SLD_q=1_55	34863	2602	7593	25107	84185
E_103z_SLD_q=1_56	36323	2602	2278	25107	25561

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	52823	1978	1318	30703	23531
A1_SLU_gr2_Scarico_58	46013	171	1318	5058	21331
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	52823	3541	659	47889	12865
A1_SLU_gr1+vento_61	53803	2148	1937	33182	35955
A1_SLU_gr2+vento_62	46992	340	1937	7537	33755
A1_SLU_gr3+vento_63	53803	3710	1278	50368	25290
A1_SLU_vento_gr1_65	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_vento_gr2_66	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_vento_gr3_67	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_Scalz_gr1_69	45530	1121	791	18865	14118
A1_SLU_Scalz_gr2_70	41443	95	791	4126	12798
A1_SLU_Scalz_gr3_71	45530	2058	395	29177	7719

SLE_rar_gr1_Treno_57	37976	1270	909	20107	16228
SLE_rar_gr2_Scarico_58	33278	80	909	3041	14711
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	37976	2347	454	31960	8873
SLE_rar_gr1+vento_61	38629	1383	1321	21760	24511
SLE_rar_gr2+vento_62	33932	192	1321	4694	22994
SLE_rar_gr3+vento_63	38629	2460	867	33612	17156
SLE_rar_vento_gr1_65	33759	188	688	4753	13805

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE_rar_vento_gr2_66	33759	188	688	4753	13805
SLE_rar_vento_gr3_67	33759	188	688	4753	13805
SLE_rar_gr4_Centrif_60	35854	1434	545	20261	9737
SLE_rar_gr4+vento_64	36507	1547	958	21914	18020
SLE_rar_vento_gr4_68	33759	188	688	4753	13805
SLE_qp_gr1+vento_89	32670	54	0	2594	0
E_103x_SLV_q=1.5_101	36128	13855	3728	117555	37536
E_103y_SLV_q=1.5_102	36128	4209	12428	37403	124413
E_103z_SLV_q=1.5_103	41720	4209	3728	37403	37536
E_103x_SLD_q=1_110	34357	8462	2278	78790	25428
E_103y_SLD_q=1_111	34357	2591	7593	25774	84052
E_103z_SLD_q=1_112	35818	2591	2278	25774	25428

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	51261	1922	1318	24856	35736
A1_SLU_gr2_Scarico_114	46013	171	1318	5058	21331
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	51261	3484	659	42042	25071
A1_SLU_gr1+vento_117	52241	2091	1937	27335	48161
A1_SLU_gr2+vento_118	46992	340	1937	7537	33755
A1_SLU_gr3+vento_119	52241	3654	1278	44522	37495
A1_SLU_vento_gr1_121	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_vento_gr2_122	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_vento_gr3_123	46764	282	1031	7069	20708
A1_SLU_Scalz_gr1_125	44592	1100	791	15506	21442
A1_SLU_Scalz_gr2_126	41443	95	791	4126	12798
A1_SLU_Scalz_gr3_127	44592	2038	395	25818	15042
SLE_rar_gr1_Treno_113	36898	1244	909	16217	24646
SLE_rar_gr2_Scarico_114	33278	80	909	3041	14711
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	36898	2321	454	28070	17290
SLE_rar_gr1+vento_117	37551	1357	1321	17870	32929
SLE_rar_gr2+vento_118	33932	192	1321	4694	22994
SLE_rar_gr3+vento_119	37551	2434	867	29723	25573
SLE_rar_vento_gr1_121	33759	188	688	4753	13805
SLE_rar_vento_gr2_122	33759	188	688	4753	13805

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

SLE_rar_vento_gr3_123	33759	188	688	4753	13805
SLE_rar_gr4_Centrif_116	35207	1419	545	17927	14787
SLE_rar_gr4+vento_120	35860	1532	958	19580	23070
SLE_rar_vento_gr4_124	33759	188	688	4753	13805
SLE_qp_gr1+vento_145	32670	54	0	2594	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	35913	13851	3728	116821	39220
E_103y_SLV_q=1.5_158	35913	4205	12428	36669	126096
E_103z_SLV_q=1.5_159	41505	4205	3728	36669	39220
E_103x_SLD_q=1_166	34142	8458	2278	78056	27111
E_103y_SLD_q=1_167	34142	2587	7593	25040	85735
E_103z_SLD_q=1_168	35602	2587	2278	25040	27111

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504015	B

## 8. Verifiche strutturali

Le armature di calcolo derivanti dalle verifiche di resistenza e di esercizio soddisfano le quantità minime indicate dalla normativa; si riepilogano i quantitativi per il fusto pila mentre quelli per il plinto di fondazione sono riportati al paragrafo 11.5.

elemento	arm. flessionale	staffe	c.f
fusto	344 $\Phi$ 20 interasse 20 cm <sup>(1)</sup>	$\Phi$ 14/15 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	7.6 cm

<sup>(1)</sup> è riferito alla corona esterna di armatura mentre, l'interasse della corona interna è funzione dell'allineamento con quella esterna. È comunque rispettato l'iterasse minimo.

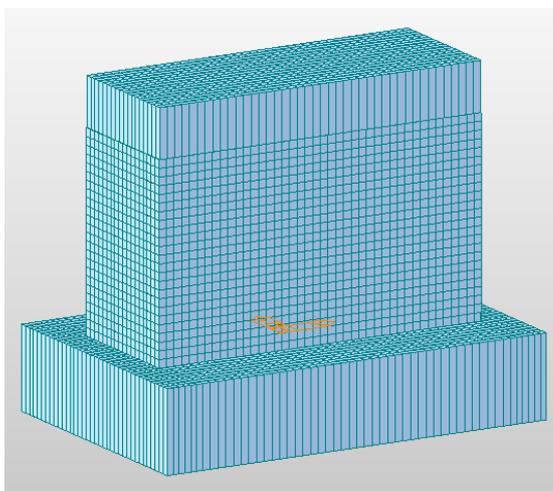
<sup>(2)</sup> in testa e alla base del fusto pila sono presenti  $\Phi$ 16/15 in sostituzione dei  $\Phi$ 14/15

<sup>(3)</sup> in direzione longitudinale sono presenti 6 bracci, mentre in direzione trasversale 4 bracci.

Le spille adottate sono disposte nel rispetto della norma vigente.

## 9. Fusto pila

Determinate le sollecitazioni indotte dai carichi statici e delle azioni sismiche è possibile verificare la sezione d'incastro del fusto. A queste sollecitazioni va aggiunta un'ulteriore armatura flessionale e a taglio che assorba un effetto locale indotto dal ritiro differenziale tra il plinto ed il fusto della pila. Questa sollecitazione è stata individuata mediante un modello spaziale della fondazione, nel programma di calcolo Midas Civil.



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale della sezione in oggetto vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

## 9.1 Modello locale per ritiro differenziale

Si richiama la *“Relazione effetti lenti”* per la descrizione del modello, delle analisi effettuate per il ritiro differenziale e del calcolo dell'armatura aggiuntiva. Nel seguito, pertanto, le verifiche a pressoflessione e a taglio sono state effettuate considerando un'armatura ridotta rispetto a quella realmente presente nel fusto della pila, eliminando cioè il quantitativo di acciaio necessario ad offrire una sufficiente resistenza nei confronti delle sollecitazioni indotte dai fenomeni termici e di ritiro differenziale. Questa riduzione è stata tenuta in conto nelle verifiche lasciando invariato il numero di barre d'armatura ed attribuendo loro un diametro equivalente diverso da quello reale.

## 9.2 Verifica a presso flessione

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

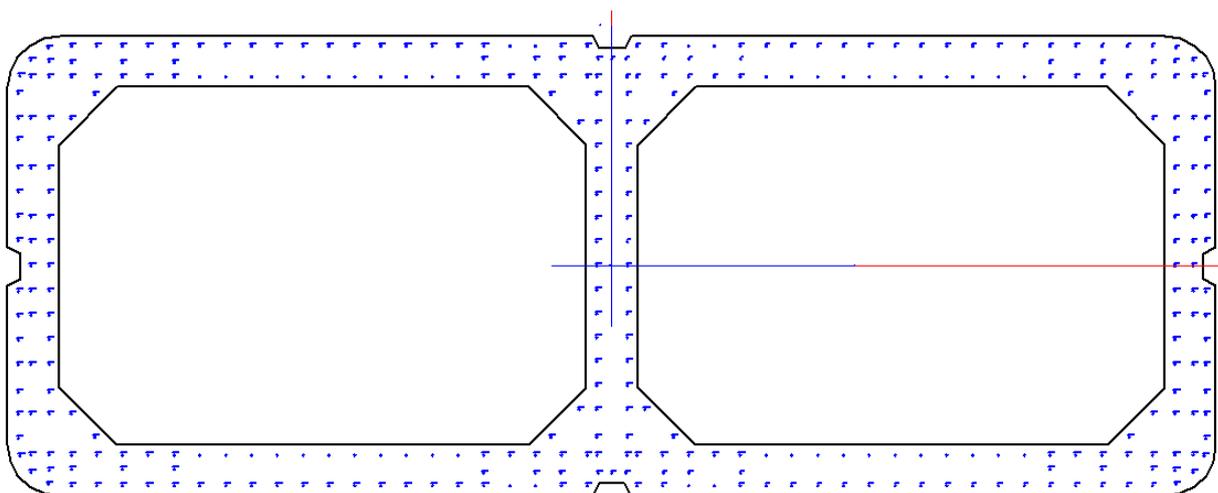


Figura 22 - Sezione implementata in RC-SEC

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: VI05\_P18\_H8.0\_fi18.3**

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicit : Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -** Classe: C32/40  
Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa  
Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa  
Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
Sc limite S.L.E. comb. Rare: 17.6 MPa  
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 17.6 MPa  
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm  
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 12.8 MPa  
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

**ACCIAIO -** Tipo: B450C  
Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CALCESTRUZZO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	112.3	304.4
2	102.3	309.4
3	102.3	434.4
4	104.3	446.8
5	109.9	458.0
6	118.8	466.8
7	129.9	472.5
8	142.3	474.4
9	557.3	474.4
10	562.3	464.4
11	582.3	464.4

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA
				
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

12	587.3	474.4
13	1002.3	474.4
14	1014.7	472.5
15	1025.8	466.8
16	1034.7	458.0
17	1040.3	446.8
18	1042.3	434.4
19	1042.3	309.4
20	1032.3	304.4
21	1032.3	284.4
22	1042.3	279.4
23	1042.3	154.4
24	1040.3	142.1
25	1034.7	130.9
26	1025.8	122.1
27	1014.7	116.4
28	1002.3	114.4
29	587.3	114.4
30	582.3	124.4
31	562.3	124.4
32	557.3	114.4
33	142.3	114.4
34	129.9	116.4
35	118.8	122.1
36	109.9	130.9
37	104.3	142.1
38	102.3	154.4
39	102.3	279.4
40	112.3	284.4

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	957.3	434.4
2	1002.3	389.4
3	1002.3	199.4
4	957.3	154.4
5	637.3	154.4
6	592.3	199.4
7	592.3	389.4
8	637.3	434.4

**DOMINIO N° 3**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	507.3	434.4
2	552.3	389.4
3	552.3	199.4
4	507.3	154.4
5	187.3	154.4
6	142.3	199.4
7	142.3	389.4
8	187.3	434.4

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	472.4	443.0	18.3
2	512.8	123.0	18.3
3	492.7	123.0	18.3
4	651.9	123.0	18.3
5	631.8	123.0	18.3
6	651.9	465.8	18.3
7	631.8	465.8	18.3
8	512.8	465.8	18.3
9	492.7	465.8	18.3
10	120.0	133.2	18.3
11	134.0	124.7	18.3
12	112.6	146.2	18.3
13	1024.6	133.2	18.3
14	1010.6	124.7	18.3
15	1032.0	146.2	18.3
16	120.0	455.7	18.3
17	134.0	464.2	18.3
18	112.6	442.7	18.3
19	1024.6	455.7	18.3
20	1010.6	464.2	18.3
21	1032.0	442.7	18.3
22	1033.7	274.1	18.3
23	1033.7	314.8	18.3
24	110.9	314.8	18.3
25	110.9	274.1	18.3
26	552.0	123.0	18.3
27	592.6	123.0	18.3
28	552.0	465.8	18.3
29	993.6	410.3	18.3
30	975.0	428.9	18.3
31	601.0	410.3	18.3
32	619.6	428.9	18.3
33	993.6	178.6	18.3
34	975.0	160.0	18.3
35	601.0	178.6	18.3
36	619.6	160.0	18.3
37	543.6	410.3	18.3
38	525.0	428.9	18.3
39	151.0	410.3	18.3
40	169.6	428.9	18.3
41	543.6	178.6	18.3
42	525.0	160.0	18.3
43	151.0	178.6	18.3
44	169.6	160.0	18.3
45	231.6	135.4	18.3
46	191.4	135.4	18.3
47	152.0	135.4	18.3
48	133.7	134.5	18.3
49	133.7	178.9	18.3
50	120.9	178.9	18.3
51	110.9	178.8	18.3
52	133.7	195.6	18.3
53	110.9	195.6	18.3
54	110.9	159.4	18.3

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015 B

55	133.7	146.0	18.3
56	110.9	255.5	18.3
57	110.9	236.5	18.3
58	110.9	217.5	18.3
59	120.9	146.0	18.3
60	120.9	217.7	18.3
61	120.9	256.1	18.3
62	120.9	275.2	18.3
63	133.7	217.7	18.3
64	133.7	236.9	18.3
65	133.7	256.1	18.3
66	133.7	275.2	18.3
67	561.1	145.8	18.3
68	560.9	160.4	18.3
69	560.9	182.3	18.3
70	560.9	201.0	18.3
71	560.9	219.7	18.3
72	560.9	238.4	18.3
73	560.9	257.1	18.3
74	553.0	145.8	18.3
75	532.9	145.8	18.3
76	472.6	145.8	18.3
77	231.6	145.8	18.3
78	211.5	145.8	18.3
79	191.4	145.8	18.3
80	171.3	145.8	18.3
81	152.0	145.8	18.3
82	532.9	123.0	18.3
83	472.6	123.0	18.3
84	452.5	123.0	18.3
85	432.4	123.0	18.3
86	412.4	123.0	18.3
87	392.3	123.0	18.3
88	372.2	123.0	18.3
89	352.1	123.0	18.3
90	332.0	123.0	18.3
91	311.9	123.0	18.3
92	291.8	123.0	18.3
93	271.8	123.0	18.3
94	251.7	123.0	18.3
95	231.6	123.0	18.3
96	211.5	123.0	18.3
97	191.4	123.0	18.3
98	171.3	123.0	18.3
99	152.0	123.0	18.3
100	472.4	133.0	18.3
101	512.4	133.0	18.3
102	532.3	133.0	18.3
103	561.3	133.0	18.3
104	560.9	275.8	18.3
105	231.6	453.5	18.3
106	191.4	453.5	18.3
107	152.0	453.5	18.3
108	133.7	454.4	18.3
109	133.7	409.9	18.3
110	120.9	409.9	18.3
111	110.9	410.1	18.3
112	133.7	393.3	18.3
113	110.9	393.3	18.3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

114	110.9	429.4	18.3
115	133.7	442.8	18.3
116	110.9	333.4	18.3
117	110.9	352.4	18.3
118	110.9	371.4	18.3
119	121.5	442.9	18.3
120	120.9	371.2	18.3
121	120.9	332.8	18.3
122	120.9	313.6	18.3
123	120.9	294.4	18.3
124	133.7	371.2	18.3
125	133.7	352.0	18.3
126	133.7	332.8	18.3
127	133.7	313.6	18.3
128	133.7	294.4	18.3
129	561.1	443.0	18.3
130	560.9	428.5	18.3
131	560.9	406.6	18.3
132	560.9	387.9	18.3
133	560.9	369.2	18.3
134	560.9	350.5	18.3
135	560.9	331.8	18.3
136	560.9	294.4	18.3
137	553.0	443.0	18.3
138	532.9	443.0	18.3
139	512.8	443.0	18.3
140	231.6	443.0	18.3
141	211.5	443.0	18.3
142	191.4	443.0	18.3
143	171.3	443.0	18.3
144	152.0	443.0	18.3
145	532.9	465.8	18.3
146	472.6	465.8	18.3
147	452.5	465.8	18.3
148	432.4	465.8	18.3
149	412.4	465.8	18.3
150	392.3	465.8	18.3
151	372.2	465.8	18.3
152	352.1	465.8	18.3
153	332.0	465.8	18.3
154	311.9	465.8	18.3
155	291.8	465.8	18.3
156	271.8	465.8	18.3
157	251.7	465.8	18.3
158	231.6	465.8	18.3
159	211.5	465.8	18.3
160	191.4	465.8	18.3
161	171.3	465.8	18.3
162	152.0	465.8	18.3
163	472.4	455.8	18.3
164	512.4	455.8	18.3
165	532.3	455.8	18.3
166	561.3	455.8	18.3
167	560.9	313.1	18.3
168	913.0	135.4	18.3
169	953.2	135.4	18.3
170	992.6	135.4	18.3
171	1010.9	134.5	18.3
172	1010.9	178.9	18.3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0504015	B

173	1023.7	178.9	18.3
174	1033.7	178.8	18.3
175	1010.9	195.6	18.3
176	1033.7	195.6	18.3
177	1033.7	159.4	18.3
178	1010.9	146.0	18.3
179	1033.7	255.5	18.3
180	1033.7	236.5	18.3
181	1033.7	217.5	18.3
182	1024.3	146.0	18.3
183	1023.7	217.7	18.3
184	1023.7	256.1	18.3
185	1023.7	275.2	18.3
186	1010.9	217.7	18.3
187	1010.9	236.9	18.3
188	1010.9	256.1	18.3
189	1010.9	275.2	18.3
190	583.5	145.8	18.3
191	583.7	160.4	18.3
192	583.7	182.3	18.3
193	583.7	201.0	18.3
194	583.7	219.7	18.3
195	583.7	238.4	18.3
196	583.7	257.1	18.3
197	591.6	145.8	18.3
198	611.7	145.8	18.3
199	672.0	145.8	18.3
200	913.0	145.8	18.3
201	933.1	145.8	18.3
202	953.2	145.8	18.3
203	973.3	145.8	18.3
204	992.6	145.8	18.3
205	611.7	123.0	18.3
206	672.0	123.0	18.3
207	692.1	123.0	18.3
208	712.1	123.0	18.3
209	732.2	123.0	18.3
210	752.3	123.0	18.3
211	772.4	123.0	18.3
212	792.5	123.0	18.3
213	812.6	123.0	18.3
214	832.7	123.0	18.3
215	852.8	123.0	18.3
216	872.8	123.0	18.3
217	892.9	123.0	18.3
218	913.0	123.0	18.3
219	933.1	123.0	18.3
220	953.2	123.0	18.3
221	973.3	123.0	18.3
222	992.6	123.0	18.3
223	672.2	133.0	18.3
224	632.2	133.0	18.3
225	612.3	133.0	18.3
226	583.3	133.0	18.3
227	572.3	133.0	18.3
228	583.7	275.8	18.3
229	913.0	453.5	18.3
230	953.2	453.5	18.3
231	992.6	453.5	18.3

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

232	1010.9	454.4	18.3
233	1010.9	409.9	18.3
234	1023.7	409.9	18.3
235	1033.7	410.1	18.3
236	1010.9	393.3	18.3
237	1033.7	393.3	18.3
238	1033.7	429.4	18.3
239	1010.9	442.8	18.3
240	1033.7	333.4	18.3
241	1033.7	352.4	18.3
242	1033.7	371.4	18.3
243	1024.3	442.9	18.3
244	1023.7	371.2	18.3
245	1023.7	332.8	18.3
246	1023.7	313.6	18.3
247	1023.7	294.4	18.3
248	1010.9	371.2	18.3
249	1010.9	352.0	18.3
250	1010.9	332.8	18.3
251	1010.9	313.6	18.3
252	1010.9	294.4	18.3
253	583.5	443.0	18.3
254	583.7	428.5	18.3
255	583.7	406.6	18.3
256	583.7	387.9	18.3
257	583.7	369.2	18.3
258	583.7	350.5	18.3
259	583.7	331.8	18.3
260	583.7	294.4	18.3
261	591.6	443.0	18.3
262	611.7	443.0	18.3
263	672.0	443.0	18.3
264	913.0	443.0	18.3
265	933.1	443.0	18.3
266	953.2	443.0	18.3
267	973.3	443.0	18.3
268	992.6	443.0	18.3
269	592.6	465.8	18.3
270	611.7	465.8	18.3
271	672.0	465.8	18.3
272	692.1	465.8	18.3
273	712.1	465.8	18.3
274	732.2	465.8	18.3
275	752.3	465.8	18.3
276	772.4	465.8	18.3
277	792.5	465.8	18.3
278	812.6	465.8	18.3
279	832.7	465.8	18.3
280	852.8	465.8	18.3
281	872.8	465.8	18.3
282	892.9	465.8	18.3
283	913.0	465.8	18.3
284	933.1	465.8	18.3
285	953.2	465.8	18.3
286	973.3	465.8	18.3
287	992.6	465.8	18.3
288	672.2	455.8	18.3
289	632.2	455.8	18.3
290	612.3	455.8	18.3

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA		
		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504015
				B

291	583.3	455.8	18.3
292	572.3	455.8	18.3
293	583.7	313.1	18.3

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	140	1	11	18.3
2	263	264	11	18.3
3	77	76	11	18.3
4	199	200	11	18.3
5	1	139	1	18.3
6	262	263	2	18.3
7	76	75	2	18.3
8	198	199	2	18.3

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	35566.76	21826.23	21199.15	0.00	0.00
2	25089.44	4630.95	18036.35	0.00	0.00
3	35566.76	35106.41	12180.97	0.00	0.00
4	36546.64	23882.35	32076.85	0.00	0.00
5	26069.31	6687.08	28914.06	0.00	0.00
6	36546.64	37162.54	23058.68	0.00	0.00
7	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
8	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
9	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
10	31023.19	13436.23	12719.49	0.00	0.00
11	24736.80	3888.52	10821.81	0.00	0.00
12	31023.19	21404.34	7308.58	0.00	0.00
13	31900.38	25756.65	20236.18	0.00	0.00
14	25089.44	4630.95	18036.35	0.00	0.00
15	31900.38	39036.83	11218.00	0.00	0.00
16	32880.26	27812.77	31113.88	0.00	0.00
17	26069.31	6687.08	28914.06	0.00	0.00
18	32880.26	41092.96	22095.71	0.00	0.00
19	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
20	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
21	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
22	28823.36	16063.74	12141.71	0.00	0.00
23	24736.80	3888.52	10821.81	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

24	28823.36	24031.85	6730.80	0.00	0.00
25	30337.72	20051.01	32441.59	0.00	0.00
26	25089.44	4630.95	18036.35	0.00	0.00
27	30337.72	33331.20	23423.41	0.00	0.00
28	31317.60	22107.14	43319.29	0.00	0.00
29	26069.31	6687.08	28914.06	0.00	0.00
30	31317.60	35387.33	34301.12	0.00	0.00
31	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
32	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
33	25840.96	6363.62	18129.51	0.00	0.00
34	27885.77	12755.12	19464.95	0.00	0.00
35	24736.80	3888.52	10821.81	0.00	0.00
36	27885.77	20723.23	14054.05	0.00	0.00
37	20470.73	86978.65	29774.12	0.00	0.00
38	20470.73	27614.17	98229.14	0.00	0.00
39	24512.39	27614.17	29774.12	0.00	0.00
40	19965.02	87670.47	29641.29	0.00	0.00
41	19965.02	28305.99	98096.32	0.00	0.00
42	24006.68	28305.99	29641.29	0.00	0.00
43	19749.48	86947.28	31324.80	0.00	0.00
44	19749.48	27582.81	99779.82	0.00	0.00
45	23791.14	27582.81	31324.80	0.00	0.00

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

- N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	25005.59	13963.98	14620.10
2	17779.84	2842.19	12438.86
3	25005.59	23122.73	8400.67
4	25658.84	15334.73	21871.91
5	18433.09	4212.95	19690.67
6	25658.84	24493.48	15652.47
7	18260.59	4282.85	12086.34
8	18260.59	4282.85	12086.34
9	18260.59	4282.85	12086.34
10	22477.05	16932.53	13955.99
11	17779.84	2842.19	12438.86
12	22477.05	26091.28	7736.55
13	23130.30	18303.28	21207.79
14	18433.09	4212.95	19690.67
15	23130.30	27462.03	14988.36
16	18260.59	4282.85	12086.34
17	18260.59	4282.85	12086.34
18	18260.59	4282.85	12086.34
19	21399.35	13107.53	22373.51
20	17779.84	2842.19	12438.86
21	21399.35	22266.28	16154.08
22	22052.60	14478.28	29625.31
23	18433.09	4212.95	19690.67
24	22052.60	23637.03	23405.88
25	18260.59	4282.85	12086.34
26	18260.59	4282.85	12086.34

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0504015</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0504015	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0504015	B						

27	18260.59	4282.85	12086.34
28	19191.36	59059.95	20501.14
29	19191.36	19238.56	67319.21
30	20247.81	19238.56	20501.14
31	18685.65	59751.76	20368.31
32	18685.65	19930.38	67186.39
33	19742.10	19930.38	20368.31
34	18470.11	59028.58	22051.82
35	18470.11	19207.20	68869.89
36	19526.56	19207.20	22051.82

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	21872.09	14894.02 (0.00)	8772.06 (0.00)
2	22525.34	16264.77 (4046332.45)	16023.86 (3986399.11)
3	18260.59	4282.85 (0.00)	12086.34 (0.00)
4	20354.96	16675.15 (0.00)	8373.59 (0.00)
5	21008.21	18045.90 (224202.00)	15625.40 (194129.75)
6	18260.59	4282.85 (0.00)	12086.34 (0.00)
7	19708.35	14380.15 (0.00)	13424.11 (0.00)
8	20361.60	15750.90 (148356.18)	20675.91 (194744.37)
9	18260.59	4282.85 (0.00)	12086.34 (0.00)

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17171.84	2458.84 (0.00)	0.00 (0.00)
2	17171.84	2458.84 (0.00)	0.00 (0.00)
3	17171.84	2458.84 (0.00)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.9 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 50%;">Codifica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0504015</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0504015
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0504015					

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	35566.76	21826.23	21199.15	35566.98	109897.79	107123.64	5.04	904.8(343.3)
2	S	25089.44	4630.95	18036.35	25089.26	55346.46	215441.87	11.95	904.8(343.3)
3	S	35566.76	35106.41	12180.97	35566.70	114820.83	39684.28	3.27	904.8(343.3)
4	S	36546.64	23882.35	32076.85	36546.84	105077.23	141968.52	4.42	904.8(343.3)
5	S	26069.31	6687.08	28914.06	26069.58	51963.74	222402.60	7.70	904.8(343.3)
6	S	36546.64	37162.54	23058.68	36546.59	114639.31	71244.75	3.09	904.8(343.3)
7	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
8	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
9	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
10	S	31023.19	13436.23	12719.49	31023.12	104501.25	98832.67	7.77	904.8(343.3)
11	S	24736.80	3888.52	10821.81	24737.07	70021.23	192721.22	17.83	904.8(343.3)
12	S	31023.19	21404.34	7308.58	31023.43	108182.72	36836.02	5.05	904.8(343.3)
13	S	31900.38	25756.65	20236.18	31900.42	107073.14	83498.79	4.15	904.8(343.3)
14	S	25089.44	4630.95	18036.35	25089.26	55346.46	215441.87	11.95	904.8(343.3)
15	S	31900.38	39036.83	11218.00	31900.47	109658.06	31381.22	2.81	904.8(343.3)
16	S	32880.26	27812.77	31113.88	32880.42	104782.94	118010.42	3.78	904.8(343.3)
17	S	26069.31	6687.08	28914.06	26069.58	51963.74	222402.60	7.70	904.8(343.3)
18	S	32880.26	41092.96	22095.71	32880.11	110031.33	58836.44	2.67	904.8(343.3)
19	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
20	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
21	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
22	S	28823.36	16063.74	12141.71	28823.54	102961.66	77758.35	6.41	904.8(343.3)
23	S	24736.80	3888.52	10821.81	24737.07	70021.23	192721.22	17.83	904.8(343.3)
24	S	28823.36	24031.85	6730.80	28823.49	105099.45	29293.48	4.37	904.8(343.3)
25	S	30337.72	20051.01	32441.59	30337.83	94646.64	151580.94	4.69	904.8(343.3)
26	S	25089.44	4630.95	18036.35	25089.26	55346.46	215441.87	11.95	904.8(343.3)
27	S	30337.72	33331.20	23423.41	30337.61	105474.45	73397.59	3.15	904.8(343.3)
28	S	31317.60	22107.14	43319.29	31317.67	88912.00	173922.14	4.02	904.8(343.3)
29	S	26069.31	6687.08	28914.06	26069.58	51963.74	222402.60	7.70	904.8(343.3)
30	S	31317.60	35387.33	34301.12	31317.56	104560.76	102363.12	2.97	904.8(343.3)
31	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
32	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
33	S	25840.96	6363.62	18129.51	25841.17	68702.46	198303.00	10.92	904.8(343.3)
34	S	27885.77	12755.12	19464.95	27885.96	93585.90	142114.82	7.31	904.8(343.3)
35	S	24736.80	3888.52	10821.81	24737.07	70021.23	192721.22	17.83	904.8(343.3)
36	S	27885.77	20723.23	14054.05	27886.03	102106.37	68593.48	4.91	904.8(343.3)
37	S	20470.73	86978.65	29774.12	20470.58	92316.88	31424.59	1.06	904.8(343.3)
38	S	20470.73	27614.17	98229.14	20470.73	56768.08	199742.93	2.04	904.8(343.3)
39	S	24512.39	27614.17	29774.12	24512.44	94644.49	102908.47	3.44	904.8(343.3)
40	S	19965.02	87670.47	29641.29	19965.23	91538.25	31327.21	1.05	904.8(343.3)
41	S	19965.02	28305.99	98096.32	19965.11	56996.57	197840.28	2.02	904.8(343.3)
42	S	24006.68	28305.99	29641.29	24006.56	94226.11	99210.07	3.34	904.8(343.3)
43	S	19749.48	86947.28	31324.80	19749.40	91173.63	32467.33	1.05	904.8(343.3)
44	S	19749.48	27582.81	99779.82	19749.39	54760.95	200144.37	2.00	904.8(343.3)
45	S	23791.14	27582.81	31324.80	23790.89	93271.84	106109.91	3.38	904.8(343.3)

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0504015</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0504015	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0504015	B						

es min            Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min            Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min            Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max            Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max            Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max            Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	1002.3	474.4	0.00320	1010.6	464.2	-0.01104	134.0	124.7
2	0.00350	1025.8	466.8	0.00337	1024.6	455.7	-0.00804	120.0	133.2
3	0.00350	1002.3	474.4	0.00293	992.6	465.8	-0.02082	152.0	123.0
4	0.00350	1014.7	472.5	0.00331	1010.6	464.2	-0.00796	134.0	124.7
5	0.00350	1025.8	466.8	0.00338	1024.6	455.7	-0.00806	120.0	133.2
6	0.00350	1002.3	474.4	0.00307	992.6	465.8	-0.01535	152.0	123.0
7	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
8	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
9	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
10	0.00350	1002.3	474.4	0.00314	1010.6	464.2	-0.01325	134.0	124.7
11	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00769	134.0	124.7
12	0.00350	1002.3	474.4	0.00287	992.6	465.8	-0.02322	152.0	123.0
13	0.00350	1002.3	474.4	0.00308	992.6	465.8	-0.01513	152.0	123.0
14	0.00350	1025.8	466.8	0.00337	1024.6	455.7	-0.00804	120.0	133.2
15	0.00350	1002.3	474.4	0.00285	992.6	465.8	-0.02387	152.0	123.0
16	0.00350	1002.3	474.4	0.00323	1010.6	464.2	-0.01051	134.0	124.7
17	0.00350	1025.8	466.8	0.00338	1024.6	455.7	-0.00806	120.0	133.2
18	0.00350	1002.3	474.4	0.00299	992.6	465.8	-0.01861	152.0	123.0
19	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
20	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
21	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
22	0.00350	1002.3	474.4	0.00303	992.6	465.8	-0.01705	152.0	123.0
23	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00769	134.0	124.7
24	0.00350	1002.3	474.4	0.00281	992.6	465.8	-0.02556	152.0	123.0
25	0.00350	1014.7	472.5	0.00331	1010.6	464.2	-0.00820	134.0	124.7
26	0.00350	1025.8	466.8	0.00337	1024.6	455.7	-0.00804	120.0	133.2
27	0.00350	1002.3	474.4	0.00303	992.6	465.8	-0.01720	152.0	123.0
28	0.00350	1014.7	472.5	0.00335	1010.6	464.2	-0.00711	134.0	124.7
29	0.00350	1025.8	466.8	0.00338	1024.6	455.7	-0.00806	120.0	133.2
30	0.00350	1002.3	474.4	0.00315	1010.6	464.2	-0.01271	134.0	124.7
31	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
32	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
33	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00752	134.0	124.7
34	0.00350	1014.7	472.5	0.00329	1010.6	464.2	-0.00918	134.0	124.7
35	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1010.6	464.2	-0.00769	134.0	124.7
36	0.00350	1002.3	474.4	0.00298	992.6	465.8	-0.01886	152.0	123.0
37	0.00350	1002.3	474.4	0.00273	992.6	465.8	-0.02882	152.0	123.0
38	0.00350	1025.8	466.8	0.00336	1024.6	455.7	-0.00872	120.0	133.2
39	0.00350	1002.3	474.4	0.00311	1010.6	464.2	-0.01454	134.0	124.7
40	0.00350	1002.3	474.4	0.00272	992.6	465.8	-0.02909	152.0	123.0
41	0.00350	1025.8	466.8	0.00336	1024.6	455.7	-0.00880	120.0	133.2
42	0.00350	1002.3	474.4	0.00308	1010.6	464.2	-0.01525	134.0	124.7
43	0.00350	1002.3	474.4	0.00273	992.6	465.8	-0.02892	152.0	123.0
44	0.00350	1025.8	466.8	0.00336	1024.6	455.7	-0.00895	120.0	133.2
45	0.00350	1002.3	474.4	0.00312	1010.6	464.2	-0.01425	134.0	124.7

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

a, b, c            Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d                Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003807	0.000032122	-0.015555411	----	----
2	0.000008923	0.000010365	-0.010492309	----	----
3	0.000001840	0.000064744	-0.029060828	----	----
4	0.000004621	0.000021250	-0.011228832	----	----
5	0.000009169	0.000009755	-0.010459177	----	----
6	0.000002845	0.000046748	-0.021531156	----	----
7	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
8	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
9	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
10	0.000003700	0.000038697	-0.018567939	----	----
11	0.000007507	0.000013142	-0.010335247	----	----
12	0.000001772	0.000071743	-0.032314163	----	----
13	0.000003255	0.000045148	-0.021183051	----	----
14	0.000008923	0.000010365	-0.010492309	----	----
15	0.000001549	0.000074153	-0.033234241	----	----
16	0.000004169	0.000029712	-0.014775560	----	----
17	0.000009169	0.000009755	-0.010459177	----	----
18	0.000002514	0.000056829	-0.025981550	----	----
19	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
20	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
21	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
22	0.000003150	0.000050852	-0.023783642	----	----
23	0.000007507	0.000013142	-0.010335247	----	----
24	0.000001507	0.000079066	-0.035522301	----	----
25	0.000005237	0.000020387	-0.011446012	----	----
26	0.000008923	0.000010365	-0.010492309	----	----
27	0.000002993	0.000051660	-0.024009919	----	----
28	0.000005810	0.000015781	-0.009851718	----	----
29	0.000009169	0.000009755	-0.010459177	----	----
30	0.000003789	0.000036933	-0.017820069	----	----
31	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
32	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
33	0.000007575	0.000012467	-0.010090626	----	----
34	0.000005127	0.000023464	-0.012788702	----	----
35	0.000007507	0.000013142	-0.010335247	----	----
36	0.000002894	0.000056629	-0.026267776	----	----
37	0.000001750	0.000087732	-0.039878137	----	----
38	0.000009204	0.000011654	-0.011381435	----	----
39	0.000004026	0.000041584	-0.020264886	----	----
40	0.000001757	0.000088485	-0.040241631	----	----
41	0.000009220	0.000011842	-0.011485832	----	----
42	0.000003927	0.000043858	-0.021244586	----	----
43	0.000001810	0.000087878	-0.040007326	----	----
44	0.000009520	0.000011478	-0.011623881	----	----
45	0.000004164	0.000040404	-0.019843295	----	----

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.51	1014.7	472.5	6.8	134.0	124.7	---	---
2	S	2.07	1025.8	466.8	10.8	120.0	133.2	---	---
3	S	3.94	1002.3	474.4	0.9	152.0	123.0	0	0.0
4	S	3.93	1014.7	472.5	2.0	134.0	124.7	---	---
5	S	2.50	1025.8	466.8	6.1	120.0	133.2	---	---
6	S	4.37	1002.3	474.4	-4.3	134.0	124.7	484	5.3
7	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
8	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
9	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
10	S	3.50	1014.7	472.5	1.1	134.0	124.7	---	---
11	S	2.07	1025.8	466.8	10.8	120.0	133.2	---	---
12	S	3.98	1002.3	474.4	-6.2	152.0	123.0	1563	15.8
13	S	3.93	1014.7	472.5	-3.9	134.0	124.7	646	7.9
14	S	2.50	1025.8	466.8	6.1	120.0	133.2	---	---
15	S	4.50	1002.3	474.4	-14.3	134.0	124.7	3985	39.5
16	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
17	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
18	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
19	S	3.46	1014.7	472.5	-1.0	134.0	124.7	237	2.6
20	S	2.07	1025.8	466.8	10.8	120.0	133.2	---	---
21	S	3.95	1014.7	472.5	-8.9	134.0	124.7	2321	23.7
22	S	3.92	1014.7	472.5	-6.7	134.0	124.7	1616	18.4
23	S	2.50	1025.8	466.8	6.1	120.0	133.2	---	---
24	S	4.50	1014.7	472.5	-17.3	134.0	124.7	4640	47.3
25	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
26	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
27	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
28	S	9.22	1002.3	474.4	-281.6	152.0	123.0	41758	341.9
29	S	7.00	1025.8	466.8	-90.9	120.0	133.2	13625	118.4
30	S	3.82	1014.7	472.5	-9.9	134.0	124.7	2564	26.3
31	S	9.30	1002.3	474.4	-293.2	152.0	123.0	41963	344.6
32	S	7.12	1025.8	466.8	-97.2	120.0	133.2	13815	118.4
33	S	3.86	1014.7	472.5	-12.2	134.0	124.7	3532	39.5
34	S	9.34	1002.3	474.4	-292.0	152.0	123.0	41626	339.3
35	S	7.18	1025.8	466.8	-100.6	120.0	133.2	14021	121.0
36	S	3.87	1014.7	472.5	-13.0	134.0	124.7	3775	42.1

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_{c\text{ eff}}$
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
∅	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	0.000	.0	77	0.00000 (0.00000)	0	0.003 (990.00)	2336464.07	848855.81	
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
6	S	-0.00003	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	745	0.010 (990.00)	214297.26	136945.89	
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
11	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
12	S	-0.00004	0.00000	0.833	18.3	77	0.00002 (0.00002)	775	0.014 (990.00)	188585.69	55919.17	
13	S	-0.00002	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	692	0.008 (990.00)	179900.52	208448.57	
14	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
15	S	-0.00008	0.00000	0.833	18.3	79	0.00004 (0.00004)	791	0.034 (990.00)	113127.56	61743.31	
16	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
19	S	-0.00001	0.00000	0.743	18.3	79	0.00000 (0.00000)	684	0.002 (990.00)	345331.49	589453.36	
20	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
21	S	-0.00005	0.00000	0.833	18.3	79	0.00003 (0.00003)	776	0.021 (990.00)	125652.75	91160.47	
22	S	-0.00004	0.00000	0.833	18.3	79	0.00002 (0.00002)	723	0.014 (990.00)	100166.85	204960.40	
23	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
24	S	-0.00009	0.00000	0.833	18.3	79	0.00005 (0.00005)	776	0.040 (990.00)	83332.06	82517.14	
25	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
26	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
27	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
28	S	-0.00146	0.00000	0.833	18.3	77	0.00084 (0.00084)	895	0.756 (990.00)	50511.44	17533.75	
29	S	-0.00047	0.00000	0.833	18.3	79	0.00027 (0.00027)	864	0.236 (990.00)	23720.13	83001.05	
30	S	-0.00005	0.00000	0.833	18.3	79	0.00003 (0.00003)	773	0.023 (990.00)	101465.72	108124.67	
31	S	-0.00152	0.00000	0.833	18.3	77	0.00088 (0.00088)	893	0.785 (990.00)	49906.19	17012.13	
32	S	-0.00050	0.00000	0.833	18.3	79	0.00029 (0.00029)	872	0.254 (990.00)	23774.33	80144.55	
33	S	-0.00007	0.00000	0.833	18.3	79	0.00004 (0.00004)	732	0.027 (990.00)	91666.66	93680.85	
34	S	-0.00151	0.00000	0.833	18.3	77	0.00088 (0.00088)	897	0.786 (990.00)	48943.55	18284.27	
35	S	-0.00052	0.00000	0.833	18.3	79	0.00030 (0.00030)	868	0.262 (990.00)	22624.76	81123.98	
36	S	-0.00007	0.00000	0.833	18.3	79	0.00004 (0.00004)	733	0.029 (990.00)	84622.91	97155.71	

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.11	1002.3	474.4	5.4	134.0	124.7	---	---
2	S	3.53	1014.7	472.5	0.7	134.0	124.7	0	0.0
3	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
4	S	3.11	1002.3	474.4	2.1	134.0	124.7	---	---
5	S	3.53	1014.7	472.5	-2.9	134.0	124.7	434	5.3
6	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---
7	S	3.08	1014.7	472.5	0.8	134.0	124.7	---	---
8	S	3.52	1014.7	472.5	-4.4	134.0	124.7	983	10.5
9	S	2.19	1025.8	466.8	10.2	134.0	124.7	---	---

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	0.833	18.3	79	0.00004 (0.00004)	0	0.003 (0.20)	4046332.45	3986399.11
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

5	S	-0.00002	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	695	0.006 (0.20)	224202.00	194129.75
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
8	S	-0.00003	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	752	0.010 (0.20)	148356.18	194744.37
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.52	142.3	474.4	17.6	992.6	123.0	---	---
2	S	1.52	142.3	474.4	17.6	992.6	123.0	---	---
3	S	1.52	142.3	474.4	17.6	992.6	123.0	---	---

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### 9.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni.

In accordo al §7.9.5 delle NTC2008, le sollecitazioni di progetto sono state assunte pari al valore minimo tra:

- Taglio calcolato sulla base della gerarchia delle resistenze;
- Taglio ricavato moltiplicando il valore derivante dall'analisi per il fattore di struttura  $q$  e per un fattore di sicurezza aggiuntiva  $\gamma_{bd1}$  pari a 1.25.

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo le indicazioni del §4.1.2.1.3.2

[1]:

$$V_{Rcd} = \min(V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

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

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

in cui

$d$  altezza utile della sezione

$b_w$  larghezza minima della sezione

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive

$\theta$  inclinazione delle bielle di calcestruzzo (posto pari a 45°)

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

$f_{cd}'$  resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5  $f_{cd}$ )

$\alpha_{cv}$  coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione (posto cautelativamente pari a 1)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

**P18 (H=7.5-8.0m)**Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale

H <sub>pila</sub>	8.00	m	Altezza fusto pila
M <sub>Rd,inf,long</sub>	91538.25	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
M <sub>E,i,long</sub>	86978.65	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
V <sub>Rd</sub>	1		Fattore di sovrarresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
V <sub>E,i,long</sub>	10063	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
V <sub>gr,0</sub>	10590	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze V <sub>gr0</sub> =min (V <sub>ed</sub> v <sub>rd</sub> M <sub>rd</sub> /Med; V <sub>ed</sub> q)
V <sub>E,i,long</sub> /V <sub>gr,c</sub>	0.950	-	
V <sub>Rd</sub>	1.00	-	Fattore di sovrarresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
V <sub>gr,i,long</sub>	10590	kN	Sollecitazione di taglio

Verifiche

<b>Direzione Longitudianle</b>				
altezza della sezione	h	3600	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	86	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	1000	mm	
altezza utile della sezione	d	3514	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	2909592	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Ø <sub>bl</sub>	20	mm	
diametro delle staffe	Ø <sub>st</sub>	11.2	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	n <sub>bw</sub>	6.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe or	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispe	$\vartheta$	24	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	V <sub>Rsd</sub>	10773	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compress	V <sub>Rcd</sub>	10773	KN	
taglio resistente di calcolo	V <sub>Rd</sub>	10773	KN	
taglio agente sul pannello	V <sub>Ed</sub>	10590	KN	
	C.S.	0.98	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

<b>Direzione Trasversale</b>				
altezza della sezione	h	9400	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	86	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	800	mm	
altezza utile della sezione	d	9314	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	5849192	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Øbl	20	mm	
diametro delle staffe	Øst	11.2	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	n <sub>bw</sub>	4.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale	$\vartheta$	22	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	VR <sub>sd</sub>	21206	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	VR <sub>cd</sub>	21206	KN	
taglio resistente di calcolo	VR <sub>d</sub>	21206	KN	
taglio agente sul pannello	VE <sub>d</sub>	8625	KN	
	C.S.	0.41	<1	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 9.4 Verifica minimi di armatura

Secondo quanto prescritto dalle NTC 2008 e dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” i quantitativi minimi di armatura da rispettare sono:

- L'area dell'armatura longitudinale dovrà essere non inferiore allo 0,6% dell'area della sezione effettiva del calcestruzzo. Questa prescrizione non si applica ai tratti di pile che, per motivi idraulici, sono realizzati a sezione piena; per queste, fatte salve le esigenze di calcolo, si manterrà l'armatura corrispondente alla sezione del tratto cavo immediatamente superiore;
- Le barre di armatura longitudinale non dovranno distare fra loro più di 300 mm compatibilmente con i limiti forniti nella Tab. 2.5.2.2.6-1;

Diametro delle barre [mm]	Massimo interasse delle barre [mm]
32	300
24	250
20	200

Tab. 2.5.2.2.6-1 – Diametri e relativi interassi massimi delle barre

- Non è ammesso l'impiego di staffe elicoidali (spiral);
- Non è consentito congiungere tra loro i bracci delle staffe per sovrapposizione. Le staffe devono essere chiuse risvoltando i bracci nel nucleo di calcestruzzo mediante la piegatura dei ferri di 135° verso l'interno e per una lunghezza non inferiore a 10 volte il diametro della staffa;
- Nella zona di spiccato delle pile e in quella di sommità delle pile a telaio, per un tratto di lunghezza non inferiore a 3 metri non è consentito operare alcun tipo di giunzione delle armature verticali; al di fuori di tale tratto è consentito congiungere, in modo graduale, le barre verticali mediante sovrapposizione o altro. In particolare, le giunzioni devono essere effettuate in modo da interessare non più di 1/3 delle barre longitudinali presenti nella generica sezione, sfalsando due riprese di armatura successive di almeno 40 diametri in senso verticale;
- L'interasse delle armature trasversali s non deve essere superiore a 10 volte il diametro delle barre longitudinali, né a 1/5 del diametro del nucleo della sezione interna alle stesse;
- Nelle pile a sezione cava dovranno prevedersi spille di collegamento fra le armature longitudinali in numero di almeno 6 a metro quadro;
- Nel caso in cui il fattore di struttura “q” sia minore o uguale ad 1,5 l'armatura di confinamento delle pile si devono rispettare le limitazioni sulla percentuale meccanica:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Sezioni rettangolari piene o cave

In entrambe le direzioni parallele ai lati della sezione deve verificarsi che:

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

Dove:

$A_{sw}$  = Area totale delle staffe e/o delle spille in una direzione di confinamento;

$b$  = Dimensione del nucleo di calcestruzzo confinato perpendicolare alla direzione del confinamento, misurata fra i bracci delle armature più esterne;

$s$  = Interasse verticale delle staffe.

$\zeta = 0,07$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,35 g$

$\zeta = 0,05$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,25 g$

$\zeta = 0,04$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,15 g$

$\zeta = 0,03$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) < 0,15 g$

<b>minimi per armatura flessionale</b>			
numero di ferri longitudinali	n	344	
diametro del ferro longitudinale	fi	20	mm
passo massimo longitudinale	p	20	cm
area dell'armatura longitudinale	As	108070.7873	mm <sup>2</sup>
area di calcestruzzo (non riempito)	Ac	11452700	mm <sup>3</sup>
		0.94%	>0.6%
<b>minimi per armatura trasversale</b>			
diametro minimo armatura a taglio	fi	8	mm
dimensione (diametro) del nucleo	d	4000	mm
interasse massimo staffe	s	200	mm

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

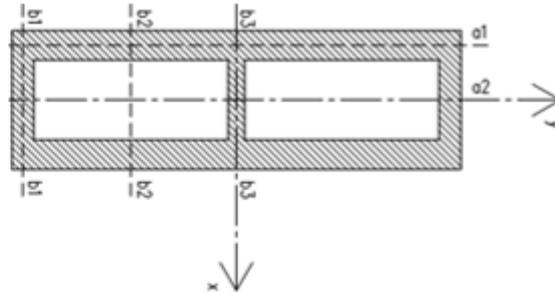
12

EI2CLVI0504015

B

## Verifica a confinamento

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

Sez. **b1-b1**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

	d	A	n°
sp	10	78.5	8
st	16	200.96	10

A<sub>sw</sub> 2637.6 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.108 \quad \text{ok}$$

b 3500 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **a1-a1**

Confinamento lungo la direzione trasv. del viadotto (direzione y)

	d	A	n°
sp	10	78.5	20
st	16	200.96	10

A<sub>sw</sub> 3579.6 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.057 \quad \text{ok}$$

b 9100 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **b2-b2**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

	d	A	n°
sp	10	78.5	0
st	16	200.96	4

A<sub>sw</sub> 803.84 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.144 \quad \text{ok}$$

b 800 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **a2-a2**

Confinamento lungo la direzione trasv. del viadotto (direzione y)

	d	A	n°
sp	10	78.5	0
st	16	200.96	6

A<sub>sw</sub> 1205.76 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.144 \quad \text{ok}$$

b 1200 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **b3-b3**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

	d	A	n°
sp	10	78.5	8
st	16	200.96	8

A<sub>sw</sub> 2235.68 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.092 \quad \text{ok}$$

b 3500 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 9.5 Verifica deformabilità

Lo spostamento della singola campata soggetta, convenzionalmente, alle sole azioni di frenatura di 2 modelli di carico LM71, per doppio binario, non vede superare i 5 mm, come prescritto nell'Allegato 3 del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili"

forza massima di frenatura	Ff	1760.0	kN
altezza pila estradosso appoggi	h	8.5	m
rigidezza flessionale longitudinale	J	22.3	m <sup>4</sup>
modulo elastico	E	33345.8	MPa
spostamento in testa pila	D	0.49	mm

## 9.6 Determinazione spostamenti

Per l'identificazione dell'escursione dei giunti tra le testate di due travi adiacenti si richiama il "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" al capitolo 2.5.2.1.5.3 il quale fa riferimento allo spostamento longitudinale  $E_L$  identificabile come il contributo di una dilatazione termica, più un contributo indotto dall'azione sismica sulle fondazioni e sulle pile:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

dove:

- $E_1$ = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- $E_2$ = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
- $E_3$ = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
- $k_1$ = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- $k_2$ = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

**spostamento longitudinale indotto dal moto relativo delle pile**

categoria di terreno

**C**

periodo inizio tratto velocità costante

TC

**0.452**

s

periodo tratto a spostamento costante

TD

**2.495**

s

coef. categoria e topografia terreno

S

**1.373**

accelerazione orizzontale max al sito

ag

**0.224**

g

periodo di vibrare longitudinale

T1

**0.21**

sec

fattore di struttura

q

**1.5**

fattore di duttilità in spostamento

 $\mu$ **2.1**

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)

**0.50**

g

w

**29.82**

sec

**0.01**

m

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

dEe

**0.0000**

m

spostamento totale relativo

**dEd****0.0114**

m

**spostamento longitudinale indotto dal moto relativo del terreno**

spostamento massimo orizz. del terreno

**dg****0.0850**

m

spostamenti massimi terreno punto i

dji

**0.085**

m

spostamenti massimi terreno punto j

dgi

**0.085**

m

velocità prop. onde di taglio nel terreno

vs

**270**

m/s

distanza tra i-esima tra punto i j (dist. Pile)

x

**40**

m

spostamento massimo rel

dij0

**0.1502**

m

tipologia di moto

**indipendente**

forti discontinuità del terreno

**senza**

distanza

**>20**

terreni

**uguali**

spost. relativo tra due punti dipendenti

di(x)

**0.042**

m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

**spostamento longitudinale relativo alla termica**

variazione termica uniforme	DT	<b>15</b>	°C
coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	<b>1.00E-05</b>	1/°C
dilatazione termica	Dt	<b>0.006</b>	m
dilatazione termica incrementata del 50%	<b>Dt</b>	<b>0.009</b>	m

**spostamento longitudinale finale**

coefficiente non contemporaneità del moto	K1	<b>0.45</b>	
coefficiente controfase pile	k2	<b>0.55</b>	

spostamento longitudinale minimo	EL min	<b>0.17</b>	m
spostamento long di calcolo	EL	<b>0.06</b>	m
spostamento longitudinale	<b>EL</b>	<b>0.165</b>	m

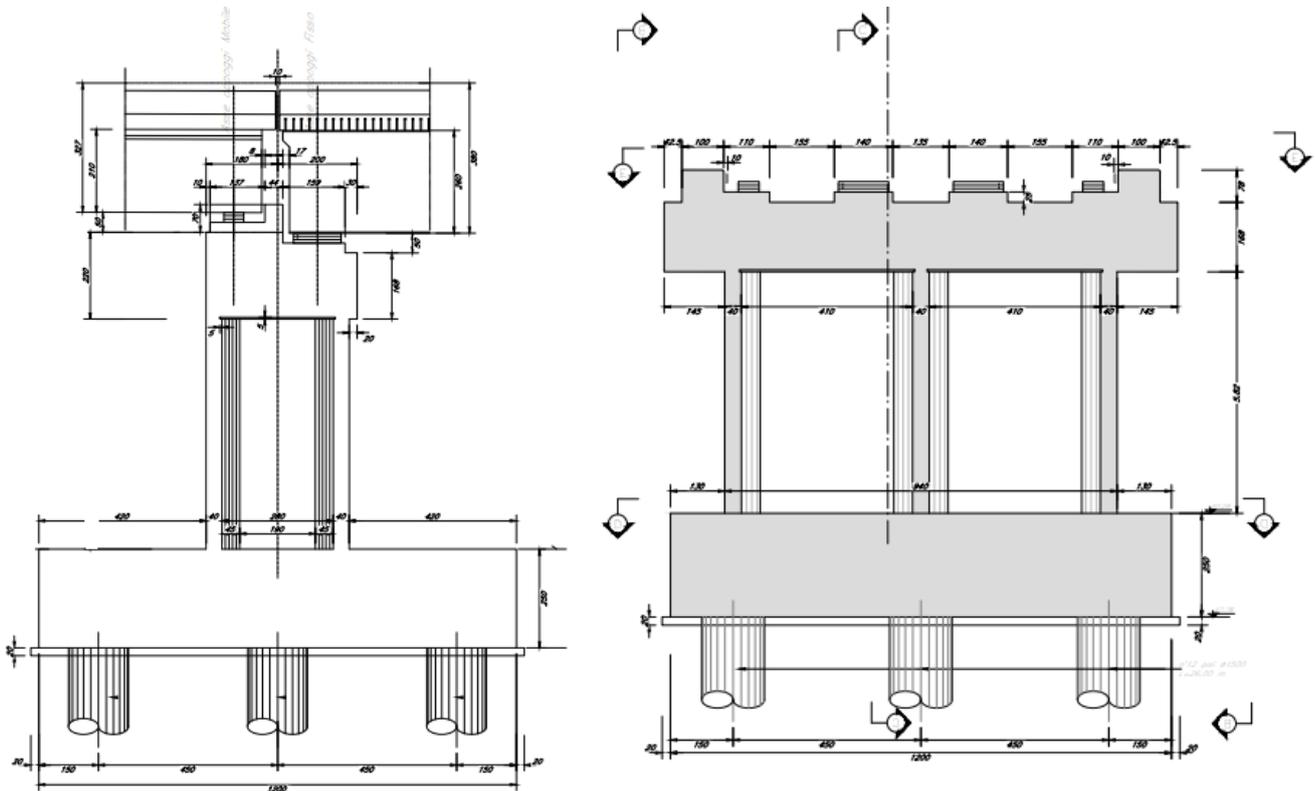
**altri spostamenti longitudinali**

escursione longitudinale giunto	Eg	<b>± 9.3</b>	cm
corsa appoggi mobili	Cap	<b>± 10.3</b>	cm

## 10. Pulvino

Il pulvino presenta un'altezza di 2.2m lato impalcato c.a.p. e un'altezza di 1.68m lato impalcato in misto, sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni pari a 3.8m x 9.4m rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto.

Su di esso sono disposti gli apparecchi d'appoggio degli impalcati secondo lo schema sotto riportato. Su ogni pulvino sono inoltre presenti un ritegno sismico longitudinale centrale e due trasversali laterali.





GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 11. Plinto di fondazione

La progettazione del plinto di fondazione vede la determinazione dello stato sollecitativo in funzione dell'interazione tra pali e terreno di fondazione. Le sollecitazioni agenti in testa palo sono state dedotte dalle relazioni geotecniche.

Note le reazioni dei singoli pali, sono state calcolate le sollecitazioni agenti sul plinto mediante un modello spaziale dell'intera struttura di fondazione nel software di calcolo Midas Civil.

### 11.1 Geometria del plinto e della palificata

Nella seguente figura è mostrata la geometria della palificata della tipologia di pila in esame per il viadotto VI05. È inoltre esplicitato il sistema di riferimento e la numerazione dei pali utilizzata nel calcolo.

Si prevedono 12 pali aventi diametro  $D=1500$  mm. Il plinto è caratterizzato da un'altezza di 2.5 m ed ha delle dimensioni in pianta pari a 12.00 m x 16.50 m. Sul plinto di fondazione in esame è previsto un ricoprimento di terreno di spessore pari a circa 1.0 m.

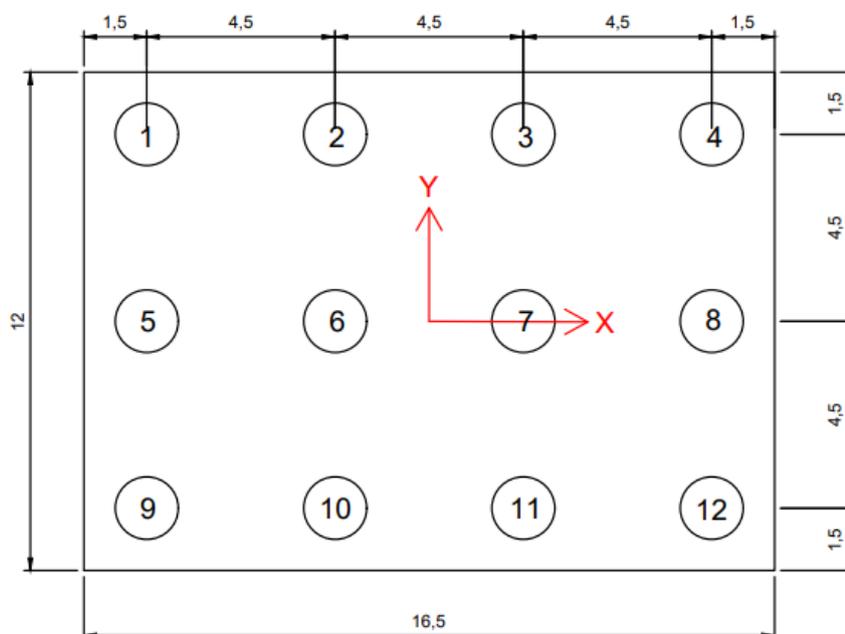


Figura 24 – Geometria del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 11.2 Modellazione strutturale

Per valutare il comportamento del plinto di fondazione è stato realizzato un modello agli elementi finiti, mediante il programma di calcolo Midas Civil.

I vari elementi strutturali presenti nel modello sono stati modellati come di seguito descritto:

- *Plinto di fondazione*: nel suo piano medio mediante elementi “plate-thick” di spessore pari a 2.5 m;
- *Palo di fondazione*: mediante elementi “solid” nel tratto iniziale in prossimità del plinto e mediante un elemento “beam” nel tratto terminale. L'utilizzo di elementi “solid” nella modellazione della parte iniziale dei pali consente infatti di evitare la nascita di forti concentrazioni di tensione nel plinto di fondazione. Favorendo dunque la diffusione delle sollecitazioni provenienti dai pali, si ottiene un comportamento della struttura molto prossimo a quello reale.

Si riporta di seguito una vista tridimensionale, una vista in pianta e un prospetto del modello realizzato.

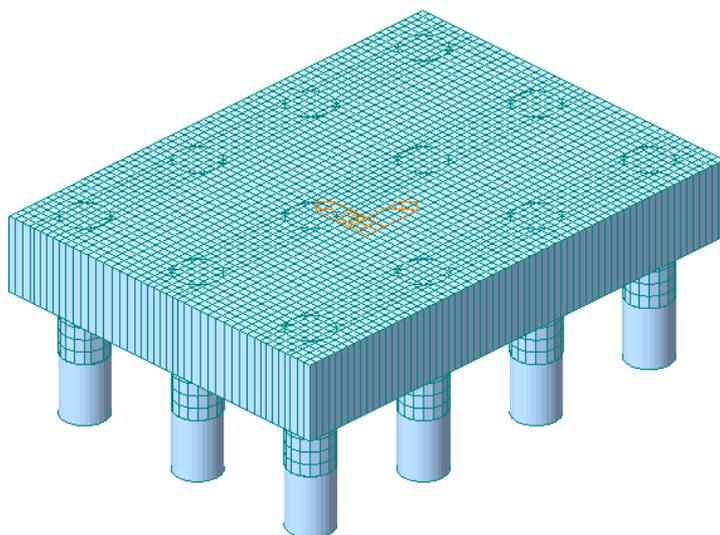


Figura 25 – Vista estrusa del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

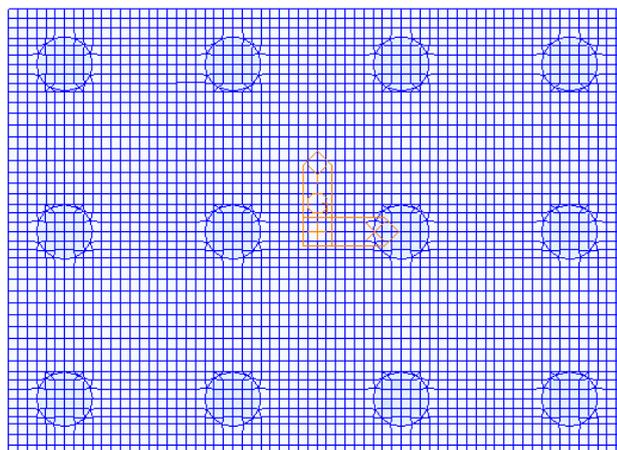


Figura 26 – Pianta del modello agli elementi finiti

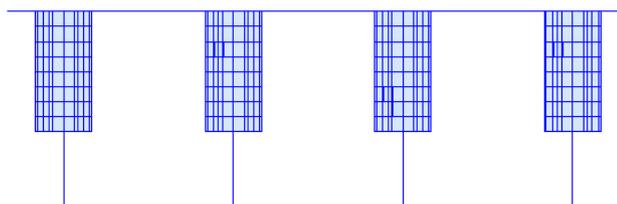


Figura 27 – Prospetto del modello agli elementi finiti

La piastra è vincolata lungo il perimetro della pila cava, cautelativamente con vincoli di incastro perfetto.

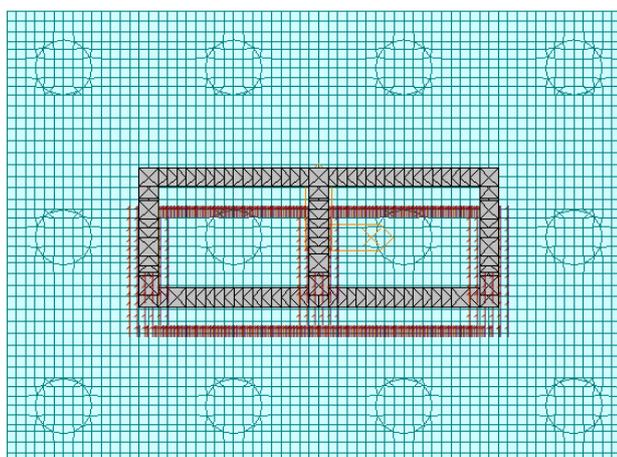


Figura 28 – Sistema di vincoli del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

L'elemento "beam" che schematizza il tratto terminale di ogni singolo palo di fondazione è collegato agli elementi "solid" del tratto superiore mediante una serie di "rigid link".

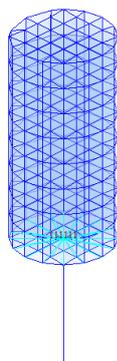


Figura 29 – Sistema di vincoli del palo nel modello agli elementi finiti

Agli elementi "plate" che costituiscono il plinto è stato assegnato un calcestruzzo C25/30, così come ai pali di fondazione.

## 11.3 Azioni di progetto

### 11.3.1 Reazioni dei pali

La progettazione del plinto di fondazione è stata effettuata a partire dalle massime sollecitazioni in testa palo dedotte dalla relazione geotecnica.

Sono state considerate tutte le combinazioni che presentano azioni che:

- presentano il massimo sforzo di compressione sul palo;
- presentano il massimo sforzo di trazione sul palo;
- massimizzano il momento longitudinale;
- massimizzano il momento trasversale;
- massimizzano le deformazioni del plinto.

Le combinazioni agli SLU, SLV, SLE e SLD sono quelle esplicitate nel paragrafo **Errore**.

**L'origine riferimento non è stata trovata..**

Tali azioni sono state applicate nel modello di calcolo in termini di reazioni dei pali, mediante delle forze e dei momenti nodali alla base degli elementi beam che schematizzano la parte terminale dei pali stessi.

A titolo di esempio, nella figura che segue sono riportate le forze e momenti nodali della combinazione SLV-Treno 1-Sisma prevalente in direzione longitudinale.



## 11.4 Risultati di analisi

Si riportano a titolo di esempio alcuni dei diagrammi delle sollecitazioni ritenuti più significativi. Le sollecitazioni sono espresse come forze al metro; gli assi locali e la convenzione di lettura degli output degli elementi è riportata a seguire.

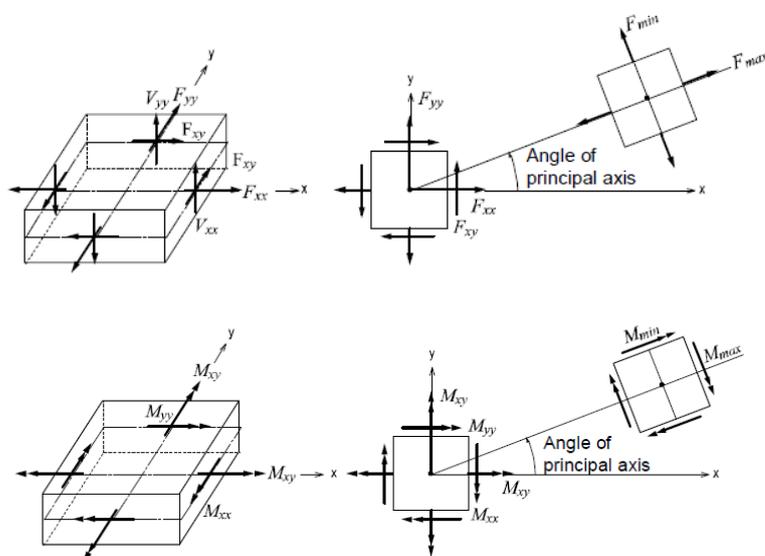


Figura 31 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno

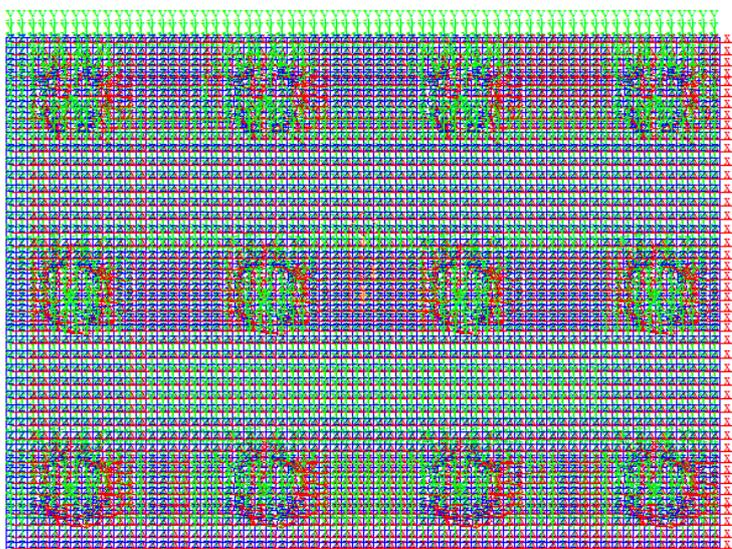


Figura 32 – Assi locali per gli elementi del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

La direzione 1 del Wood Armer Moment coincide con la direzione X del sistema di riferimento riportato nel par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

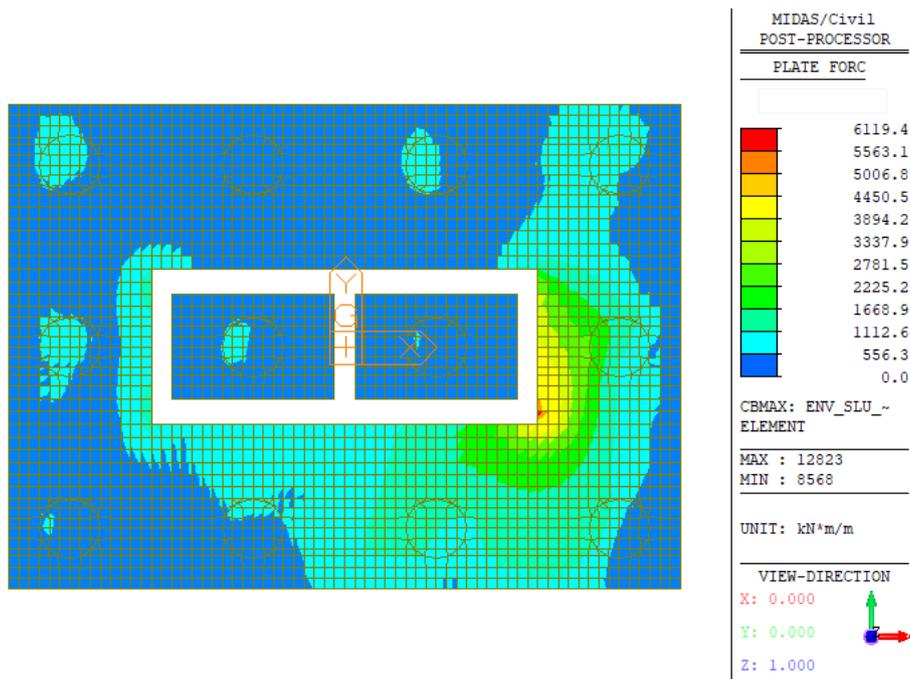


Figura 33 – Wood Armer Moment – Direction1 – Top (Involuppo SLU/SLV)

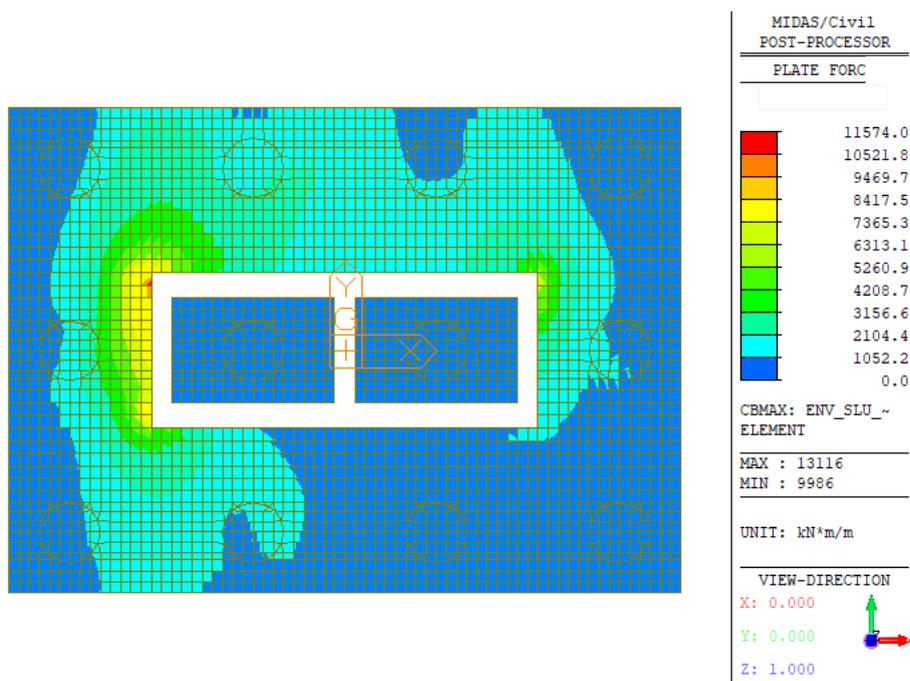


Figura 34 – Wood Armer Moment – Direction1 – Bottom (Involuppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

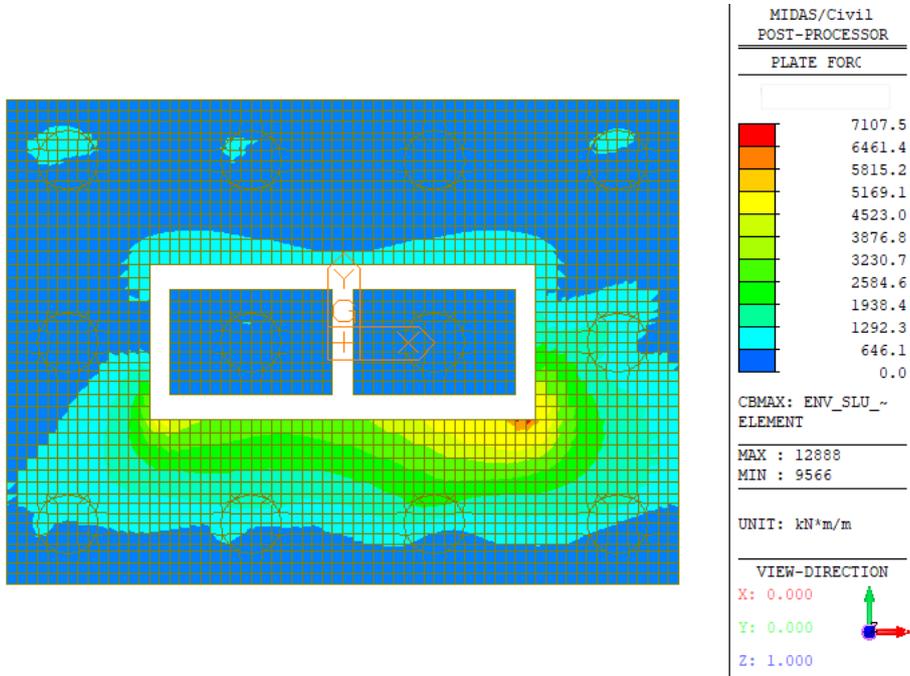


Figura 35 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

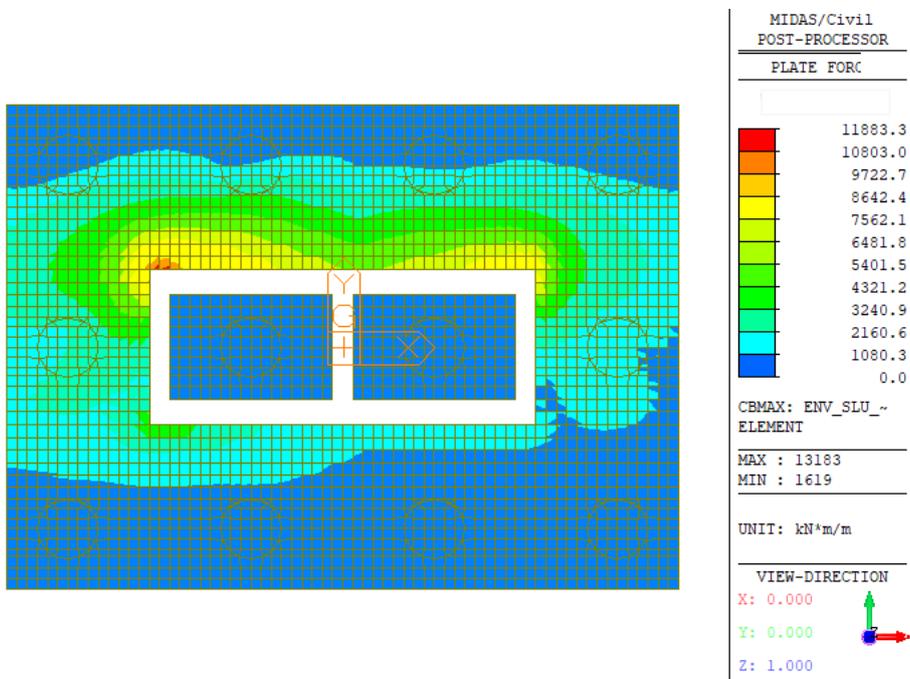


Figura 36 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

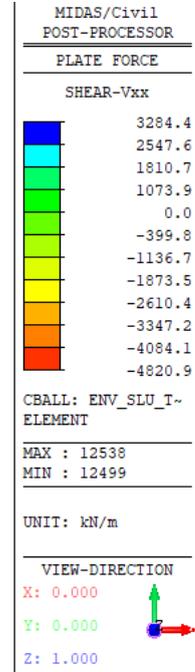
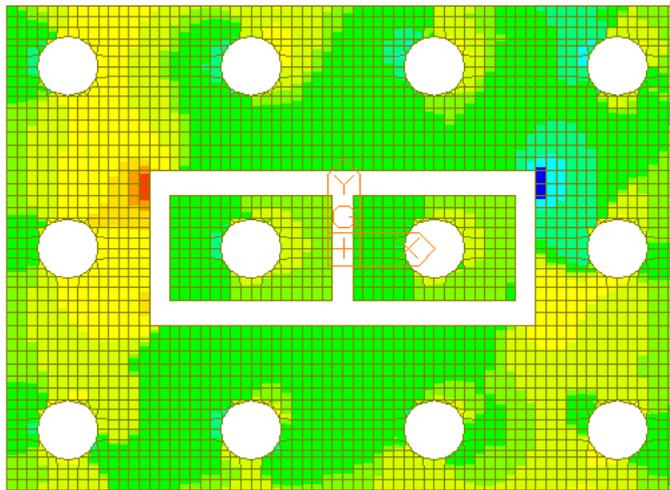


Figura 37 – Vxx, Inviluppo SLU/SLV

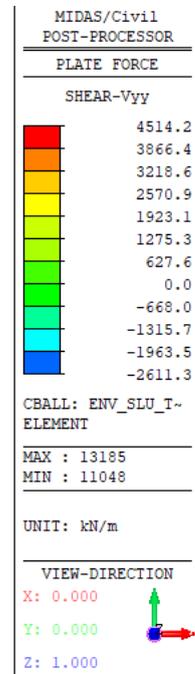
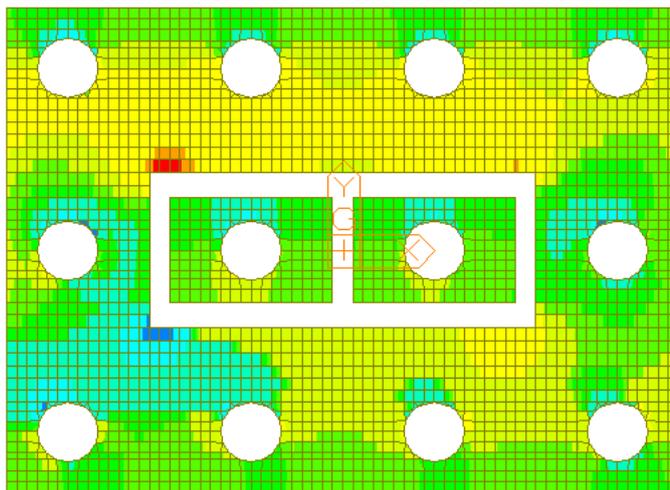


Figura 38 – Vyy, Inviluppo SLU/SLV

## 11.5 Dimensionamento e verifica delle armature

### 11.5.1 Dimensionamento delle armature

In funzione delle sollecitazioni precedentemente riportate è stata definita per il plinto la seguente armatura.

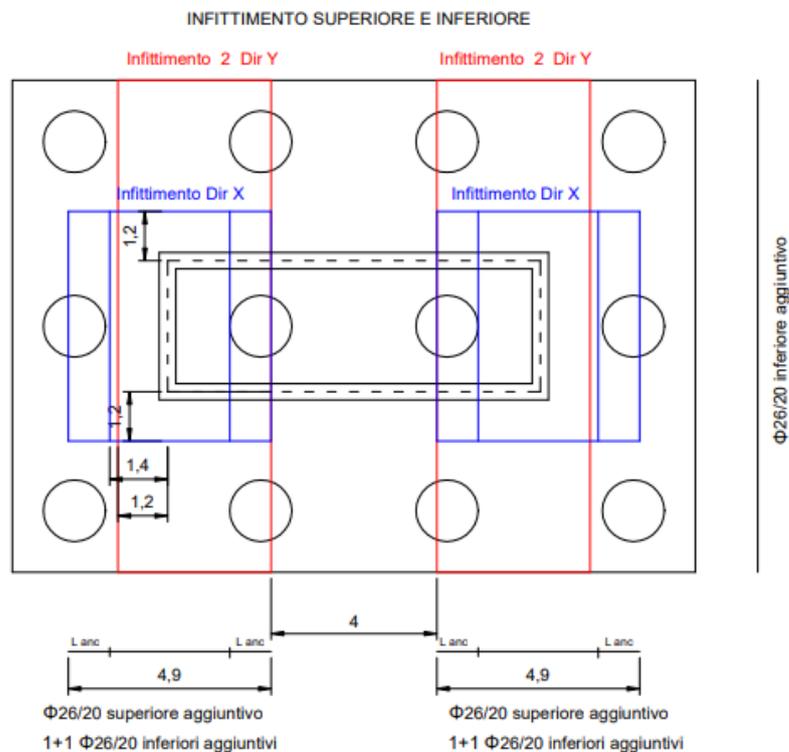
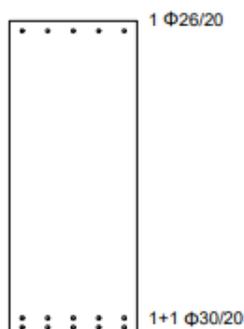


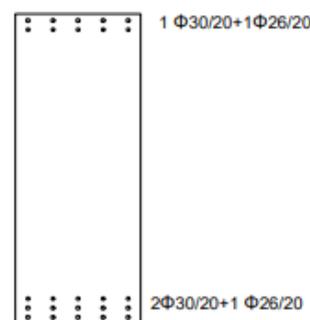
Figura 39 – Zone di infittimento dell'armatura a flessione del plinto

### Maglia base

#### Armatura in direzione X



#### Armatura in direzione Y



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### Armatura aggiuntiva

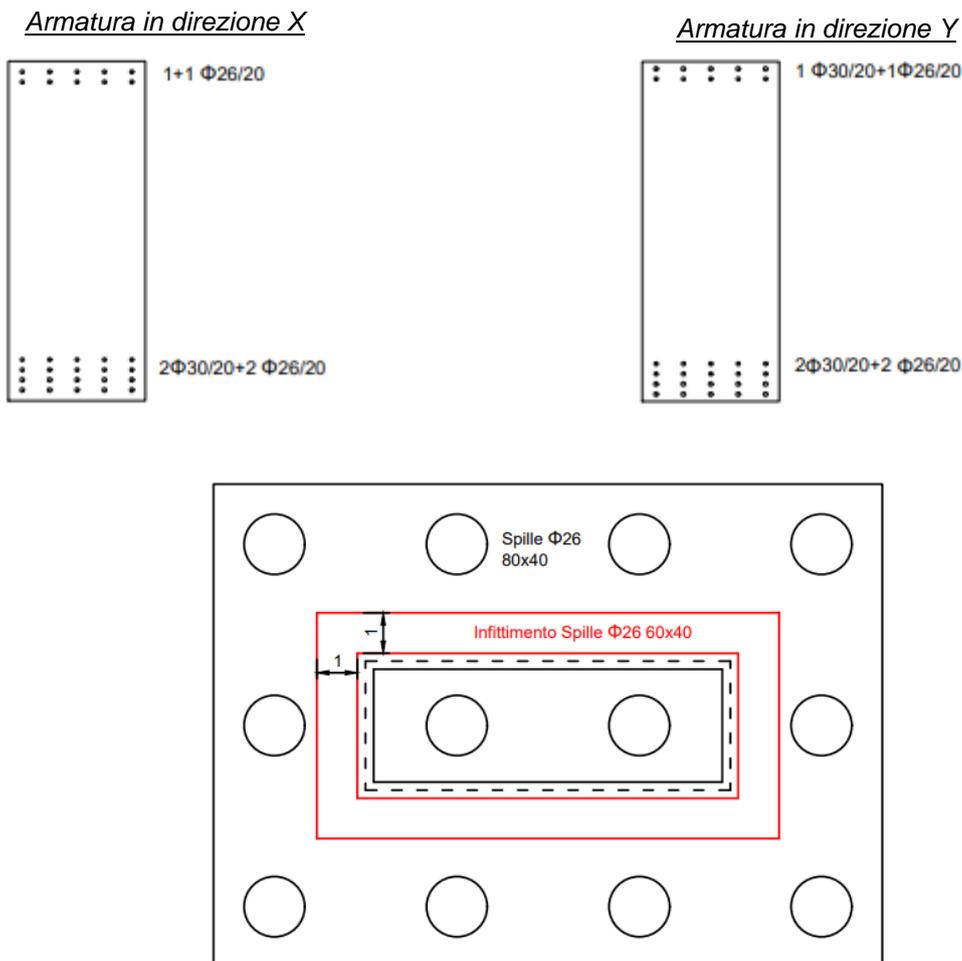


Figura 40 – Armatura a taglio del plinto

#### 11.5.2 Verifica a flessione

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

Sono state considerate due sezioni distinte per il dimensionamento e la verifica delle armature nelle due direzioni X e Y, di altezza pari all'altezza del plinto (2.5 m) e di larghezza pari a 1 m.

Il plinto è stato verificato nei confronti dei momenti massimi derivanti dagli involuipi delle combinazioni SLU, SLV, SLE rara, SLE fessurazione, SLE quasi permanente, sia nelle zone di infittimento che nelle zone in cui è presente la sola maglia di base.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Tali sollecitazioni sono riportate nella tabella che segue. Le sollecitazioni massime sono ottenute mediando i valori nell'intorno del picco su una larghezza di circa 1 m.

	W-A Mom_Top_X (kNm/m)	W-A Mom_Top_Y (kNm/m)	W-A Mom_Bottom_X (kNm/m)	W-A Mom_Bottom_Y (kNm/m)
SLU/SLV	4488.5	5695.0	8545.0	9714.4
SLE Rara	2330.7	3112.1	6047.7	6797.3
SLE Fessurazione	348.6	304.7	3355.6	3508.9
SLE Quasi Perm.	221.2	212.5	1912.0	1835.3

A titolo di esempio, vengono riportati gli output del programma per le due sezioni nelle zone di infittimento e per tutti i casi di carico sopra descritti.

#### Sezione per la verifica delle armature in direzione X

##### **DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME FILE SEZIONE: VI05\_P18\_DirX**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

##### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504015

B

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  :

1.00

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  :

0.50

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	125.0
2	50.0	125.0
3	50.0	-125.0
4	-50.0	-125.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	-94.8	26
2	20.0	-94.8	26
3	0.0	-94.8	26
4	-20.0	-94.8	26
5	-40.0	-94.8	26
6	40.0	-102.2	26
7	20.0	-102.2	26
8	0.0	-102.2	26
9	-20.0	-102.2	26
10	-40.0	-102.2	26
11	40.0	-109.7	30
12	20.0	-109.7	30
13	0.0	-109.7	30
14	-20.0	-109.7	30
15	-40.0	-109.7	30
16	40.0	109.6	26
17	20.0	109.6	26
18	0.0	109.6	26
19	-20.0	109.6	26
20	-40.0	109.6	26
21	40.0	117.1	26
22	20.0	117.1	26
23	0.0	117.1	26
24	-20.0	117.1	26
25	-40.0	117.1	26
26	40.0	-117.1	30
27	20.0	-117.1	30
28	0.0	-117.1	30
29	-20.0	-117.1	30
30	-40.0	-117.1	30

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-4488.50	0.00
2	0.00	8545.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2330.70	0.00
2	0.00	6047.70	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-348.60 (-3205.20)	0.00 (0.00)
2	0.00	3355.60 (3412.62)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-221.20 (-3205.20)	0.00 (0.00)
2	0.00	1912.00 (3412.62)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-4488.50	0.00	-5092.94	1.13	106.2(37.0)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504015	B

2 S 0.00 8545.00 0.00 10702.35 1.25 123.8(37.0)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.072	50.0	-125.0	0.00192	40.0	-117.1	-0.04485	40.0	117.1
2	0.00350	0.109	-50.0	125.0	0.00245	40.0	117.1	-0.02859	40.0	-117.1

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

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000199698	-0.021462257	0.072	0.700
2	0.000000000	0.000132549	-0.013068601	0.109	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.08	50.0	-125.0	-200.5	-40.0	117.1	2900	53.1
2	S	6.81	-50.0	125.0	-246.5	-40.0	-117.1	4500	123.8

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0504015	B

sr max Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 wk Massima distanza tra le fessure [mm]  
 Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00104	0	0.500	26.0	66	0.00060 (0.00060)	466 0.280 (990.00)		-3205.20	0.00
2	S	-0.00129	0	0.500	28.1	64	0.00090 (0.00074)	392 0.354 (990.00)		3412.62	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.46	50.0	-125.0	-30.0	-40.0	117.1	2900	53.1
2	S	3.78	-50.0	125.0	-136.8	-40.0	-117.1	4500	123.8

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00016	0	0.500	26.0	66	0.00009 (0.00009)	466 0.042 (0.20)		-3205.20	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	28.1	64	0.00041 (0.00041)	392 0.161 (0.20)		3412.62	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.29	50.0	-125.0	-19.0	-40.0	117.1	2900	53.1
2	S	2.15	-50.0	125.0	-77.9	-40.0	-117.1	4500	123.8

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00010	0	0.500	26.0	66	0.00006 (0.00006)	466 0.027 (990.00)		-3205.20	0.00
2	S	-0.00041	0	0.500	28.1	64	0.00023 (0.00023)	392 0.092 (990.00)		3412.62	0.00

#### Sezione per la verifica delle armature in direzione Y

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: VI05\_P18\_DirY

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	125.0
2	50.0	125.0
3	50.0	-125.0
4	-50.0	-125.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	-97.4	26
2	20.0	-97.4	26
3	0.0	-97.4	26
4	-20.0	-97.4	26
5	-40.0	-97.4	26
6	40.0	-104.8	26
7	20.0	-104.8	26
8	0.0	-104.8	26
9	-20.0	-104.8	26
10	-40.0	-104.8	26
11	40.0	-112.3	30
12	20.0	-112.3	30
13	0.0	-112.3	30
14	-20.0	-112.3	30
15	-40.0	-112.3	30
16	40.0	112.2	26
17	20.0	112.2	26

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA		
		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504015
				B

18	0.0	112.2	26
19	-20.0	112.2	26
20	-40.0	112.2	26
21	40.0	-119.7	30
22	20.0	-119.7	30
23	0.0	-119.7	30
24	-20.0	-119.7	30
25	-40.0	-119.7	30
26	40.0	119.7	30
27	20.0	119.7	30
28	0.0	119.7	30
29	-20.0	119.7	30
30	-40.0	119.7	30

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-5695.00	0.00
2	0.00	9714.40	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-3112.10	0.00
2	0.00	6797.30	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-304.70 (-3287.31)	0.00 (0.00)
2	0.00	3508.90 (3472.81)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
		Progetto	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		EI2CLVI0504015	B

1	0.00	-212.50 (-3287.31)	0.00 (0.00)
2	0.00	1835.30 (3472.81)	0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.4 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-5695.00	0.00	-5938.69	1.04	115.0(37.0)
2	S	0.00	9714.40	0.00	10931.75	1.13	123.8(37.0)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.068	50.0	-125.0	0.00238	40.0	-119.7	-0.04806	40.0	119.7
2	0.00350	0.094	-50.0	125.0	0.00269	40.0	119.7	-0.03378	40.0	-119.7

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

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000210714	-0.022839239	0.068	0.700
2	0.000000000	0.000152345	-0.015543160	0.094	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.72	50.0	-125.0	-225.8	-40.0	119.7	2100	61.9
2	S	7.31	-50.0	125.0	-271.9	-40.0	-119.7	3850	123.8

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 e1 Esito della verifica  
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e\_sm - e\_cm)$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00116	0	0.500	28.1	38	0.00082 (0.00068)	292	0.239 (990.00)	-3287.31	0.00
2	S	-0.00140	0	0.500	28.1	38	0.00107 (0.00082)	278	0.298 (990.00)	3472.81	0.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.36	50.0	-125.0	-22.1	-40.0	119.7	2100	61.9
2	S	3.78	-50.0	125.0	-140.4	-40.0	-119.7	3850	123.8

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00011	0	0.500	28.1	38	0.00007 (0.00007)	292	0.019 (0.20)	-3287.31	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	28.1	38	0.00042 (0.00042)	278	0.117 (0.20)	3472.81	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.25	50.0	-125.0	-15.4	-40.0	119.7	2100	61.9
2	S	1.98	-50.0	125.0	-73.4	-40.0	-119.7	3850	123.8

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00008	0	0.500	28.1	38	0.00005 (0.00005)	292	0.013 (990.00)	-3287.31	0.00
2	S	-0.00038	0	0.500	28.1	38	0.00022 (0.00022)	278	0.061 (990.00)	3472.81	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

### 11.5.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni. Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo le indicazioni del §4.1.2.1.3.2 [1]:

$$V_{Rcd} = \min(V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

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

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

in cui:

- d altezza utile della sezione
- $b_w$  larghezza minima della sezione
- $A_{sw}$  area dell'armatura trasversale
- s interasse tra due armature trasversali consecutive
- $\theta$  inclinazione delle bielle di calcestruzzo (posto pari a 45°)
- $\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento
- $f_{cd}'$  resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5  $f_{cd}$ )
- $\alpha_{cv}$  coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione (posto cautelativamente pari a 1)

La verifica è stata effettuata nei confronti del valore massimo di taglio  $V_{Ed,max}$ , per le combinazioni SLU e SLV.

In particolar modo, per ogni elemento plate e per ogni combinazione è stato calcolato il taglio

risultante  $V_{Ed} = \sqrt{V_{xx}^2 + V_{yy}^2}$ , dove  $V_{xx}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse x locale

dell'elemento plate, mentre  $V_{yy}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse y. Il taglio di progetto è ottenuto poi mediando le sollecitazioni nell'intorno del picco su una larghezza di circa 1 m.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504015

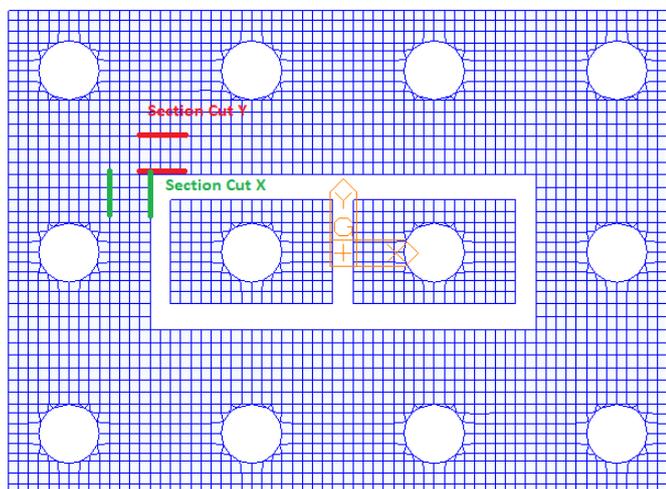


Figura 41 – Section cut considerate per la verifica a taglio

Non sono stati presi in considerazione gli elementi “plate” del plinto di fondazione in corrispondenza dei pali e della pila.

Di seguito viene esplicitata la verifica a taglio per la sezione più gravosa, sulla quale agisce un taglio massimo  $V_{Ed,max} = 4414 \text{ kN/m}$ .

### Caratteristiche materiali

#### CIs

$R_{ck}$	30	$\text{N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	24.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	32.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	14.11	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	2.56	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	3.07	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	31447	$\text{N/mm}^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )
$\nu$	0.2		coefficiente di Poisson

#### Acciaio barre longitudinali

$f_{yk}$	450	$\text{N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{yd}$	391.3	$\text{N/mm}^2$	resistenza di progetto di snervamento

#### Acciaio staffe

$f_{yk}$	450	$\text{N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{yd}$	391.3	$\text{N/mm}^2$	resistenza di progetto di snervamento

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504015	B

### Calcoli preliminari

$A_{sl}$	5309.3	mm <sup>2</sup>	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0022		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0022		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media considerata nei calcoli
$n_{bw}$	<b>1.67</b>		numero di bracci degli spilli (in 1 m)
$\varphi_{st}$	<b>26</b>	mm	diametro degli spilli
$S_{st}$	<b>400</b>	mm	passo degli spilli
$A_{sw}$	884.9	mm <sup>2</sup>	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

### Elemento non armato a taglio

$k$	1.29		
$k_{eff}$	1.29		
$v_{min}$	0.26		
$V_{Rd,1}$	654.96	KN	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	612.50	KN	taglio resistente - valore 2
$V_{Rd}$	654.96	KN	taglio resistente di calcolo

### Elemento armato a taglio

$\alpha$	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
$\theta$	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
$f'_{cd}$	7.055	N/mm <sup>2</sup>	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$\alpha_c$	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
$N_{Rd}$	35275	KN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	4621.6	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	5285.7	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	4621.6	KN	taglio resistente di calcolo
$V_{Ed}$	<b>4414</b>	kN	Taglio di calcolo
Verifica	ok		
FS	1.05		Coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

#### 11.5.4 Verifica a taglio-punzonamento

Le verifiche a punzonamento sono state condotte secondo le formulazioni dell'Eurocodice 2, par. 6.4. Il punzonamento può essere determinato dalla reazione concentrata del palo agente su un'area relativamente piccola di plinto.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del palo e al perimetro di verifica di base  $u_1$ . Si definiscono le seguenti tensioni di taglio di progetto lungo le sezioni di verifica:

- $v_{Rd,c}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,cs}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra dotata di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata.

L'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

Se  $v_{Ed}$  supera il valore  $v_{Rd,c}$  si deve disporre armatura specifica per il taglio-punzonamento e deve risultare:

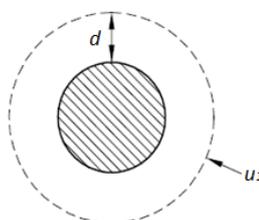
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

La tensione massima di taglio, nel caso generale di reazione d'appoggio eccentrica rispetto al perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Dove:

- $d$  è l'altezza utile media della piastra;
- $u_1$  è la lunghezza del perimetro di verifica
- $V_{Ed}$  è il taglio agente
- $\beta$  è un coefficiente assunto pari a 1



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

Secondo quanto riportato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2 il perimetro di verifica di base  $u_1$  può generalmente essere collocato a una distanza pari a  $2d$  dall'area caricata. Tuttavia, considerando lo spessore elevato del plinto di fondazione e, a favore di sicurezza, tale perimetro è stato collocato ad una distanza  $d$  dal bordo del palo.

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,c}$  per una piastra priva di armatura specifica a taglio è pari a:

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

Dove:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$ , dove  $\rho_{ly}$  e  $\rho_{lz}$  sono riferiti all'acciaio teso aderente rispettivamente nelle direzioni y e z.
- $\sigma_{cp} = 0$
- $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
- $k_1 = 1$
- $v_{min} = 0.035 k^2 \sqrt{f_{ck}}$

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,cs}$  per una piastra munita di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

Dove:

- $A_{sw}$  è l'area di armatura a taglio- punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;
- $s_r$  è il passo dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;
- $f_{ywd,ef}$  è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento, secondo la relazione  $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$ ;
- $\alpha$  è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra (pari a  $90^\circ$  nel caso di armatura verticale).

Inoltre, in adiacenza ai pilastri la resistenza a taglio-punzonamento è limitata a un valore massimo di:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

Dove:

- $u_0$  è il perimetro del pilastro;
- $v_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$
- $v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$

La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato (palo 1), per lo sforzo assiale massimo della combinazione SLV - Treno 1 – Sisma X prevalente:  $V_{Ed} = 8472$  kN.

Tale sforzo assiale massimo è stato poi ridotto a causa dell'effetto favorevole del peso del plinto di fondazione e del terreno di ricoprimento.

#### Caratteristiche materiali

$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. cubica cls
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. cilindrica cls
$\gamma_c$	1.5		Coefficiente sicurezza cls
$T_{rd}$	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Resist. unit. a taglio
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento acciaio
$\gamma_s$	1.15		Coefficiente di sicurezza acciaio

#### Armatura tesa

$A_{lx}$	48.62	cm <sup>2</sup> /m	Armatura tesa in direzione x (media)
$A_{ly}$	39.82	cm <sup>2</sup> /m	Armatura tesa in direzione y (media)

#### Impronta di carico

a	75	cm	(a = raggio per sezioni circolari)
h	250	cm	Altezza plinto
d	241	cm	Altezza utile
$\beta$	1		Coeff. che tiene conto eccentricità del carico

$u_1$	809.31	cm	Perimetro di verifica di base
$u_0$	471.24	cm	Perimetro dell'area caricata
k	1.29		Coefficiente
$\rho_l$	0.0018		Percentuale di armatura tesa

#### Peso del plinto

$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico cls
$h_{plinto}$	2.5	m	Altezza plinto
A	10.48	m <sup>2</sup>	Area di verifica in corrispondenza del baricentro del plinto
$\Delta V_{sd}$	654.7	kN	Riduzione di taglio dovuta al peso proprio del plinto

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504015	B

Peso del rinterro

$\gamma_{terr}$	19	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico terreno
$h_{rint}$	1.0	m	Altezza rinterro
A	19.12	m <sup>2</sup>	Area di verifica in corrispondenza dell'estradosso del plinto
$\Delta V_{sd}$	363.3	kN	Riduzione di taglio dovuta al peso del rinterro

Tensione massima di taglio

$V_{ed}$	8472	kN	Reazione agli SLU
$V_{ed}$	7454	kN	Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro)
$V_{ed}$	921	kN/m	Taglio applicato per unità di lunghezza
$V_{ed}$	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio agente

Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo

$V_{ed}$	0.66	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio a rifosso del palo
$V_{rdmax}$	3.83	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente massima
Verifica	ok		
FS	5.83		

Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio

$V_{Rd,c}$	0.26	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente senza armatura a taglio
$V_{min}$	0.26	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{Rd}$	618.25	kN/m	Taglio resistente per unità di lunghezza
Verifica	no		
FS	0.67		

Resistenza a punz. per unità di lungh. con armatura a taglio

**STAFFE**

$f_{ywd,ef}$	391.30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento
$\alpha$	90.00	°	Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra
	1.57	rad	

$s_r$	400	mm	Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento
$d/s_r$	6.03		

$A_{sw\ min}$	1045.5	mm <sup>2</sup>	Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo le staffe)
---------------	--------	-----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

$\varphi$	26		Diametro armatura taglio-punzonamento
n ferri	3.75		Numero di ferri in uno strato
$A_{sw}$	1991.0	mm <sup>2</sup>	Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato

GENERAL CONTRACTOR			ALTA SORVEGLIANZA 	
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504015	B

### CAVALLOTTI

$f_{ywd,ef}$	391.30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento
$\alpha$	90.00	°	Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra
	1.57	rad	

sr	<b>1500</b>	mm	Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento
d/sr	1.61		

$A_{sw\ min}$	3920.5	mm <sup>2</sup>	Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo i cavallotti)
---------------	--------	-----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

$\varphi$	<b>24</b>		Diametro armatura taglio-punzonamento
n ferri	<b>2</b>		Numero di ferri in uno strato
$A_{sw}$	904.78	mm <sup>2</sup>	Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato

$V_{Rd,cs}$	0.60	N/mm <sup>2</sup>	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente
$V_{Ed}$	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio-punzonamento agente
Verifica	ok		
FS	1.56		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504015	B

## 12. Valutazione della accettabilità dei risultati ottenuti (rif.par.10.2 DM 14/01/2008)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (MIDAS).

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.

Per lo studio dei plinti di fondazione sono stati sviluppati modelli agli elementi finiti a piastra caricati con tutti i carichi analizzati in modo da ottenere, in base alla distribuzione effettiva delle sollecitazioni, la corretta distribuzione di dettaglio delle armature.

Il confronto tra i risultati del PE con quelli del PD è stato criticamente eseguito al fine di validare i valori ottenuti.