

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO, IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

RELAZIONE DI CALCOLO

GA - GALLERIE

GA01 - GALLERIA CASALNUOVO DA km 0+550.00 A km 2+860.21

SEZIONE TIPO H da km 1+561.55 a km 1+600.00

RELAZIONE DI CALCOLO

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI	

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

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	C	L	G	A	0	1	H	0	0	0	1	C	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ANTIGA	14/06/18	GILBERT	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	ANTIGA	
B	EMISSIONE PER RdV	ANTIGA	10/09/18	GILBERT	11/09/18	D'ANGELO	11/09/18		
C	EMISSIONE PER RdV	ANTIGA	10/10/18	GILBERT	11/10/18	D'ANGELO	11/10/18		
									12/10/18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C
				PAGINA 2 di 154		

1	PREMESSA.....	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
4	MATERIALI UTILIZZATI	10
4.1	CALCESTRUZZO C25/30 MPA	10
4.2	ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C.....	10
4.3	FESSURAZIONE	10
4.4	TENSIONI DI ESERCIZIO	12
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	13
6	CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI.....	14
7	MODELLAZIONE DELLA COPERTURA E DEI DIAFRAMMI.....	15
7.1	AZIONI DI PROGETTO.....	15
7.1.1	Carichi permanenti.....	15
7.1.2	Carichi accidentali.....	16
7.1.3	Azione termica.....	16
7.1.4	Ritiro.....	16
7.1.5	Azione sismica	16
7.1.6	Combinazioni di carico	17
7.2	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA.....	20
7.3	MODELLAZIONE DEL PROCESSO REALIZZATIVO	22
7.4	MODELLO DI CALCOLO.....	24

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 3 di 154

7.5	ANALISI E VERIFICHE.....	32
7.5.1	<i>Sollecitazioni</i>	32
7.5.1.1	<i>Inviluppi per le combinazioni SLU</i>	33
7.5.1.2	<i>Inviluppi per le combinazioni SLE.....</i>	39
7.5.1.3	<i>Inviluppi per le combinazioni SISMA</i>	47
7.5.1.4	<i>Inviluppi per le combinazioni A2M2.....</i>	53
7.5.2	<i>Verifiche</i>	61
7.5.3	<i>Verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU).....</i>	63
7.5.4	<i>Verifica agli Stati Limite Ultimi (SLE).....</i>	71
7.6	ELENCO FERRI.....	73
7.7	VERIFICA DI STABILITÀ DELL'OPERA (RESISTENZA DEL TERRENO DI VALLE).....	75
7.8	VERIFICA AL SOLLEVAMENTO DEL FONDO SCAVO	76
7.9	VERIFICHE GEOTECNICHE DIAFRAMMI	78
7.10	VERIFICHE ASOLE SOLETTA DI COPERTURA	82
7.10.1	<i>Verifica delle travi di bordo delle asole della copertura</i>	82
7.10.2	<i>Verifica della struttura finale di chiusura delle asole della copertura</i>	96
8	MODELLAZIONE DEL SOLETTONE DI FONDO E DELLE FODERE.....	100
8.1	AZIONI DI PROGETTO.....	100
8.1.1	<i>Carichi permanenti</i>	100
8.1.2	<i>Treni di carico.....</i>	100
8.1.3	<i>Azioni sismiche</i>	102

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 4 di 154

8.2	MODELLI DI CALCOLO	102
8.2.1	<i>Geometria del modello lato sinistro.....</i>	<i>104</i>
8.2.2	<i>Geometria del modello lato destro.....</i>	<i>108</i>
8.2.3	<i>Condizioni di carico lato sinistro</i>	<i>111</i>
8.2.4	<i>Condizioni di carico lato destro</i>	<i>119</i>
8.2.5	<i>Combinazioni di carico lato sinistro</i>	<i>127</i>
8.2.6	<i>Combinazioni di carico lato destro</i>	<i>129</i>
8.2.7	<i>Output grafici e numerici</i>	<i>130</i>
8.3	VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI	137
8.3.1	<i>Soletta inferiore lato sinistro.....</i>	<i>137</i>
8.3.2	<i>Soletta inferiore lato destro.....</i>	<i>139</i>
8.3.3	<i>Piedritti laterali di spessore 35 cm.....</i>	<i>141</i>
8.3.4	<i>Piedritti laterali di spessore 15 cm.....</i>	<i>142</i>
8.4	MODELLI DI CALCOLO PER COMBINAZIONE SOLLEVAMENTO (UPL)	145
8.4.1	<i>Modello soletta sinistra.....</i>	<i>145</i>
8.4.2	<i>Modello soletta destra.....</i>	<i>148</i>
8.4.3	<i>Output grafici e numerici.....</i>	<i>151</i>
8.5	ELENCO FERRI	154

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 5 di 154

1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le analisi e le verifiche strutturali delle opere che caratterizzano la Galleria artificiale ferroviaria Casalnuovo, prevista tra il km 0+550.00 ed il km 2+860.21, della tratta ferroviaria Napoli – Canello.

Nell'ambito dell'intera opera, lunga 2310.21 m, si distinguono 16 sezioni trasversali rappresentative dei tratti omogenei di galleria.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	6 di 154

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in oggetto si sviluppa tra la progressiva 1+561.55 e la progressiva 1+600.00, per una lunghezza complessiva di 38.45 m.

La tipologia strutturale della galleria, adottata per il tratto in questione ed indicata come "Sezione Tipo H", è caratterizzata da paratie di diaframmi contrastate da solettoni gettati in opera, in copertura ed in fondazione.

Si tratta, in particolare, di una tipologia di sezione a doppia canna. Nella fattispecie, la sezione è caratterizzata da una copertura costituita da un solettone di spessore pari a 1.30 m, solidarizzato alle paratie per mezzo di piedritti laterali di spessore pari a 1.65 m e ed un piedritto centrale di spessore pari a 1.10 m. Le paratie sono realizzate con diaframmi gettati in opera, costituiti da pannelli di 1.20 m x 2.50 m aventi una lunghezza complessiva pari a 19.00 m per le pareti laterali e di 0.80 m x 2.50 m e lunghezza di 31.00 m per la parete centrale. La struttura di rivestimento interna è costituita da un solettone di fondazione di spessore variabile tra 0.90 m e 1.50 m e larghezza netta pari a 9.95 m e da fodere dello spessore di 35 cm sul lato esterno e 15 cm sul lato interno e altezza netta pari a 6.06 m circa per la galleria di sinistra, mentre per la galleria di destra è presente un solettone di fondazione di spessore variabile tra 0.65 m e 1.00 m e larghezza netta variabile tra 8.46 m e 8.52 m e da fodere dello spessore di 35 cm sul lato esterno e 15 cm sul lato interno e altezza netta pari a 6.35 m circa (galleria sinistra e destra secondo la sezione trasversale di Figura 1).

Raggiunta la quota di fondazione della galleria artificiale, lo scavo verrà ulteriormente approfondito di 1.0 m per la realizzazione, mediante getto sott'acqua, di un solettone sacrificale in calcestruzzo avente la funzione di rendere stabile il fondo scavo anche dopo pompaggio dell'acqua interna allo scavo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p align="center">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</p> <p align="center">TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p align="center">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>8 di 154</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	8 di 154
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	8 di 154								

- VI. Esecuzione del solettone sommerso di sacrificio e agottamento dell'acqua interna allo scavo;
- VII. Completamento delle gallerie e rinterro dello scavo al di sopra del solettone superiore.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 9 di 154		

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta di seguito l'elenco dei documenti dei quali si è tenuto conto in sede di progettazione.

- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- UNI EN 1992-1-1 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto -binario - "RFI DTC INC PO SP IFS 001 A".
- Istruzioni tecniche per la progettazione di manufatti sotto-binario da costruire in zona sismica - "RFI DTC ICI PO SP INF 004 A".
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – "RFI DTC INC CS SP IFS 001 A 29122011".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 10 di 154

4 MATERIALI UTILIZZATI

4.1 CALCESTRUZZO C25/30 MPA

Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione semplice	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m,$
dove $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5;$	$f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_c = 31476 \text{ N/mm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.20$
Densità di Massa	$\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
Coefficiente di Espansione Termica:	$\alpha = 1.00E-05 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

4.2 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_s = 200000 \text{ MPa}$

4.3 FESSURAZIONE

Per eseguire le verifiche a fessurazione del cemento armato si individua come classe di esposizione del calcestruzzo, tra quelle riportate nella seguente tabella, la XC2, come da Tabelle materiali.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 11 di 154	

prospetto 4.1 Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte ad atmosfera salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 Attacco di cicli gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo
6 Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno

Tale classe di esposizione rientra nelle condizioni ambientali Ordinarie come desumibile dalla tabella 4.1.III.

Tabella 4.1.III – 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

Inoltre la struttura è realizzata con c.a. ordinario e si utilizza pertanto un'armatura definita poco sensibile.

A seguito delle condizioni di seguito riassunte: Combinazione rara - Armatura poco sensibile - Ambiente ordinario.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	12 di 154

Pertanto, l'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, dovrà risultare:

- a) $\delta f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b) $\delta f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
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	$\leq w_1$

I valori limite sono pari a: $w_1 = 0.2$ mm; $w_2 = 0.3$ mm; $w_3 = 0.4$ mm.

Riepilogando:

- combinazione rara w_1 (per le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili)
- combinazione rara w_2 (per le strutture non a permanente contatto con il terreno)
- combinazione frequente w_3
- combinazione quasi permanente w_2

4.4 TENSIONI DI ESERCIZIO

Tensione massima del calcestruzzo

$$\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 13.75 \text{ MPa (combinazione rara)}$$

$$\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 10.0 \text{ MPa (combinazione quasi permanente)}$$

Tensione massima dell'acciaio

$$\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa (combinazione rara)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 13 di 154

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si riportano di seguito la stratigrafia delle unità intercettate ed i parametri geotecnici di progetto del volume di terreno che interagisce con l'opera, desunti dagli elaborati specialistici:

da quota 0.00 m a quota -4.00÷-4.50 m da p.c. esistente: unità Ra (Riporto antropico)

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 300\div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E_{op} = 30 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

da quota -4.00÷-4.50 m da p.c. in poi: unità Po (Piroclasti recenti sabbioso limose)

$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E_{op} = E_0/5 = 40 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

Il peso di volume naturale del terreno di rinterro è pari a 18 kN/m^3 mentre per quanto riguarda i parametri geomeccanici (φ' , c' , E_{op}) sono stati ipotizzati gli stessi parametri dell'unità Ra.

La quota assoluta della falda da indagini è pari a 15.2 m mentre quella di progetto è pari a 16.2 m, utilizzate rispettivamente in fase provvisoria (calcolo solettone sacrificale) ed in fase definitiva (fase esercizio).

La falda è presente ad una quota variabile lungo il tratto in questione, passando da una quota minima di +0.57 m ad una quota massima di +1.02 m da fondo scavo in fase provvisoria, mentre in fase definitiva varia da +1.57 m a +2.02 m da fondo scavo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 14 di 154

6 CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

Per eseguire le analisi numeriche riportate nella presente relazione sono stati impiegati i seguenti software:

- Software di calcolo agli elementi finiti 2D (FEM) per il calcolo della copertura e dei diaframmi: Plaxis 2D 2018.
- Software di calcolo agli elementi finiti (FEM) per il calcolo delle strutture interne delle gallerie (solettone di fondazione e fodere): SAP2000 della CSI Berkeley.

Inoltre, per l'elaborazione dei dati di input/output ed altro sono stati implementati opportuni fogli elettronici in excel.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 15 di 154

7 MODELLAZIONE DELLA COPERTURA E DEI DIAFRAMMI

In questo capitolo vengono illustrati dapprima i criteri di dimensionamento della copertura e dei diaframmi, successivamente sono descritte le analisi svolte e infine vengono riportate le verifiche strutturali eseguite.

Le analisi di seguito riportate sono quelle eseguite per la sezione tipo "F" che risultano essere valide anche per questa sezione.

Per la descrizione della copertura e dei diaframmi delle gallerie, si rimanda al precedente § 2.

7.1 AZIONI DI PROGETTO

7.1.1 Carichi permanenti

Il peso proprio delle diverse parti strutturali è stato calcolato in maniera semi-automatica dal programma di calcolo utilizzato, considerando per il calcestruzzo un peso specifico pari a 25 kN/m³.

I carichi permanenti portati considerati sono quelli dovuti al peso del rinterro e del massetto in copertura. In particolare, il peso del rinterro è stato simulato con elementi terreno considerando un peso specifico di 18 kN/m³ ed un'altezza di rinterro massima pari a 5.00 m, da cui risulta:

$$q_{\text{rinterro}} = 18.00 \text{ kN/m}^3 \times 5.00 \text{ m} = 90.00 \text{ kN/m}^2$$

Per quanto riguarda il peso del massetto è stato considerato il seguente carico uniforme distribuito, tenendo conto di un'altezza media di 0.1 m:

$$q_{\text{massetto}} = 25.00 \text{ kN/m}^3 \times 0.1 \text{ m} = 2.50 \text{ kN/m}^2$$

L'azione della spinta del terreno è stata portata in conto in maniera automatica dal programma di calcolo in funzione delle diverse fasi di scavo e di carico analizzate, a partire da una condizione geostatica iniziale corrispondente alla condizione di spinta a riposo ($k_0 = 1 - \sin\phi$).

L'azione della spinta idraulica è stata invece portata in conto in maniera automatica dal programma di calcolo in funzione delle diverse fasi di scavo analizzate applicando una

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 16 di 154	

distribuzione di carico con andamento triangolare con valore nullo in sommità ed alla base dello scavo un valore pari a:

Fase provvisoria: $\gamma_w \cdot h_{fald,max} = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 1.87 \text{ m} = 18.87 \text{ kN/m}^2$

Fase definitiva: $\gamma_w \cdot h_{fald,max} = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 2.87 \text{ m} = 28.87 \text{ kN/m}^2$

7.1.2 Carichi accidentali

Il sovraccarico accidentale agente a piano campagna, nella fase definitiva, è stato assunto pari 20 kN/m². La spinta prodotta invece dal sovraccarico agente sui lati adiacenti è stato calcolato in maniera automatica dal programma di calcolo.

Il sovraccarico accidentale agente in fase provvisoria a piano campagna dovuto ai mezzi di cantiere è stato assunto pari 10 kN/m², applicato sia sulla copertura che sul piano campagna come un carico uniforme distribuito della stessa intensità

7.1.3 Azione termica

Per tenere conto degli effetti dovuti alla variazione termica del solettone di copertura, è stata considerata una variazione termica costante pari a $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$, immessa nel programma di calcolo come deformazione impressa sull'elemento calcolata come $\alpha\Delta T$ (α è il coeff. di dilatazione termica del calcestruzzo, pari a 1.00E-05 °C⁻¹).

7.1.4 Ritiro

I fenomeni di ritiro, considerati attivi solo sul solettone di copertura, sono stati considerati come una variazione termica costante pari a $\Delta T = -11.05^\circ\text{C}$ (contrazione), calcolata con la relazione suggerita dall'Appendice 1 della normativa RFI DTC INC CS SP IFS 001 A. Tale variazione termica è stata immessa nel programma di calcolo come deformazione impressa sull'elemento "plate" calcolata come $\alpha\Delta T$ (α è il coeff. di dilatazione termica del calcestruzzo, pari a 1.00E-05 °C⁻¹).

7.1.5 Azione sismica

L'azione sismica è stata calcolata in funzione dei dati sismici di progetto considerati. Nella fattispecie, assegnando all'opera in esame una vita nominale VN=75 anni ed una classe d'uso III con CU=1.5, dando luogo ad un periodo di riferimento VR=VN·CU=112.5 anni, in

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	17 di 154		

funzione della latitudine e della longitudine del sito in esame, si ottengo, per lo SLV, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

$$a_g/g = 0.221 \text{ (accelerazione orizzontale massima al sito)}$$

$$F_o = 2.472 \text{ (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale)}$$

$$T_C^* = 0.347 \text{ s (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale)}$$

$$S_s = 1.372 \text{ (coefficiente di amplificazione stratigrafica)}$$

$$S_t = 1.00 \text{ (coefficiente di amplificazione topografica)}$$

In particolare, l'azione sismica è stata modellata attraverso un'analisi pseudo-statica, andando ad applicare all'intero modello di calcolo un'accelerazione orizzontale e verticale massima pari a:

$$a_x = a_g/g * S_s * S_t = \pm 0.221 \times 1.372 \times 1.00 = \pm 0.304 \text{ g}$$

$$a_y = \pm 0.50 * a_x = \pm 0.50 \times 0.304 = \pm 0.152 \text{ g}$$

Tale modellazione schematizza in maniera più realistica e raffinata l'interazione terreno-struttura in fase sismica rispetto a quanto si otterrebbe con le classiche formulazioni presenti in letteratura (per esempio Wood).

In fase sismica il sovraccarico accidentale e l'azione termica sono stati considerati agenti (ψ_{2j}).

7.1.6 Combinazioni di carico

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione caratteristica (SLE)
- combinazione sismica (SLV)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 18 di 154

Nelle analisi svolte, il sovraccarico accidentale è stato considerato come carico variabile principale mentre l'azione termica e il ritiro come secondari, adottando i seguenti coefficienti di combinazione:

Caso di carico	Tipo	γ	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}	$\gamma \times \Psi_{0j}$
Q accid.	Q1	1.5	0.8	0.5	0.2	1.2
Termico	Q2	1.5	0.6	0.6	0.5	0.9
Ritiro	Q3	1.5	0.8	0.5	0.0	1.2

In particolare, il sovraccarico accidentale è stato considerato attivo in tutte le fasi di calcolo analizzate, mentre l'azione termica e il ritiro sono state considerate attive solo nella fase di raggiungimento del fondo scavo e nella configurazione finale dell'opera. L'azione termica ("TERM") e il ritiro ("RTR") sono state combinate tra loro in maniera tale da massimizzare gli effetti di contrazione e dilatazione sulla copertura:

- Massima contrazione: $0.6 \times \text{TERM} (-)$ "+" $0.8 \times \text{RTR} (-)$;
- Massima dilatazione: $0.6 \times \text{TERM} (+)$;

Per le azioni sismiche sono state definite $8 \times 2 = 16$ combinazioni di carico, per la presenza del carico termico (TERM (\pm)):

1. $- a_x \text{"+"} - 0.3 \times a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
2. $- a_x \text{"+"} 0.3 \times a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
3. $a_x \text{"+"} - 0.3 \times a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
4. $a_x \text{"+"} 0.3 \times a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
5. $- 0.3 \times a_x \text{"+"} - a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
6. $- 0.3 \times a_x \text{"+"} a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
7. $0.3 \times a_x \text{"+"} - a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$
8. $0.3 \times a_x \text{"+"} a_y \text{"+"} 0.2 \times Q \text{"+"} 0.5 \times \text{TERM} (\pm)$

Si riassumono di seguito le principali combinazioni analizzate:

COMB.	P_p	S_t	S_w	q_{rinterro}	q_{massetto}	Q	TERM	RTR	EQK (a_x)	EQK (a_y)
SLE-1 PROV. V.	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
SLE-2 PROV. V.	1	1	1	0	0	1	-0.6	-0.8	0	0
SLE-3 PROV. V.	1	1	1	0	0	1	0.6	0	0	0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 19 di 154	

COMB.	P _p	S _t	S _w	q _{rinterro}	q _{massetto}	Q	TERM	RTR	EQK (a _x)	EQK (a _y)
SLE-4 DEF	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
SLE-5 DEF	1	1	1	1	1	1	-0.6	-0.8	0	0
SLE-6 DEF	1	1	1	1	1	1	0.6	0	0	0
SLU-1 PROV.	1.35	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0	0
SLU-2 PROV.	1.35	1.35	1.35	0	0	1.5	-0.9	-1.2	0	0
SLU-3 PROV.	1.35	1.35	1.35	0	0	1.5	0.9	0	0	0
SLU-4 DEF	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0	0	0	0
SLU-5 DEF	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	-0.9	-1.2	0	0
SLU-6 DEF	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0.9	0	0	0
EQK-1 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	-1	-0.3
EQK-2 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	-1	0.3
EQK-3 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	1	-0.3
EQK-4 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	1	0.3
EQK-5 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	-0.3	-1
EQK-6 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	-0.3	1
EQK-7 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	0.3	-1
EQK-8 DEF	1	1	1	1	1	0.2	0.5	0	0.3	1
EQK-9 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	-1	-0.3
EQK-10 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	-1	0.3
EQK-11 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	1	-0.3
EQK-12 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	1	0.3
EQK-13 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	-0.3	-1
EQK-14 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	-0.3	1
EQK-15 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	0.3	-1
EQK-16 DEF	1	1	1	1	1	0.2	-0.5	0	0.3	1

Dove:

P_p = peso proprio

S_t = Spinta terreno

S_w = Spinta idraulica

PROVV = Fase provvisoria (Q= 10kPa)

DEF = Fase definitiva (Q=20 kPa)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 20 di 154

7.2 APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le strutture di sostegno flessibili, è stato adottato l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali:

- combinazione 1: A1 + M1 + R1
- combinazione 2: A2 + M2 + R1

Nelle verifiche degli stati limite ultimi in condizioni statiche sono stati adottati i coefficienti parziali prescritti dalla normativa (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008). Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R1).

Per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata condotta con i parametri previsti per la combinazione 1 (A1+M1+R1), applicando i coefficienti parziali A1 all'effetto delle azioni, incrementando, quindi, le sollecitazioni sugli elementi strutturali derivanti dall'analisi con il coefficiente $\gamma = 1.35$. Nelle analisi svolte per la combinazione A1+M1+R1 i carichi variabili sono stati moltiplicati per $1.5/1.35 = 1.11$. Il calcolo delle azioni resistenti allo SLU è stato eseguito in conformità ai par. 4.1.2.1.2.1÷4.1.2.1.3.2 del DM 2008.

Le verifiche di stati limite di esercizio in condizioni statiche (SLE) hanno riguardato la valutazione di spostamenti compatibili con la funzionalità dell'opera e la verifica delle tensioni in esercizio e della fessurazione (si veda § 4.4e §.4.3). Il calcolo delle tensioni e dell'apertura delle fessure allo SLE è stato eseguito in conformità ai par. 4.1.2.2.4 e 4.1.2.2.5 del DM 2008. Si precisa che il calcolo allo stato limite di fessurazione è stato eseguito con i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica; nello specifico si è fatto utile riferimento alla circolare n.252 del 15/10/1996 al par. B.6.6.

Le verifiche di stabilità al sollevamento del fondo scavo sono state condotte con riferimento al par. 6.2.3.2 del DM 14/01/2008 adottando i coefficienti parziali prescritti dalla normativa (tabelle 6.2.III per le azioni e 6.2.I per i parametri geotecnici del DM 14/01/2008).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 21 di 154	

Le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera sono state condotte con riferimento al par. 6.5.3.1.2 del DM 14/01/2008 adottando i coefficienti parziali prescritti dalla normativa (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

La verifica di stabilità globale non risulta significativa in considerazione della conformazione pianeggiante dei luoghi e della tipologia di opera.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità. Si è adottato il metodo pseudostatico, come descritto al § 7.1.5.

Le analisi svolte con il codice di calcolo Plaxis 2D sono state eseguite nell'ipotesi di stato piano di deformazione, certamente realistica per l'opera considerando il suo sviluppo in direzione longitudinale rispetto alle dimensioni della sezione trasversale analizzata.

Scopi principali di queste analisi sono stati:

- lo studio dell'interazione degli elementi strutturali durante le fasi esecutive dell'opera al fine di ottenere le sollecitazioni interne degli elementi strutturali;
- lo studio dell'interazione paratia-terreno al fine di verificare la compatibilità del campo deformativo ottenuto e la stabilità del sistema.

In particolare, per modellare la risposta meccanica dello scheletro solido, sono stati impiegati legami costitutivi elasto-plastici (nel caso specifico Mohr Coulomb model- MC e Hardening Soil model – HS) che permettono di cogliere le deformazioni irreversibili che si sviluppano nel volume al contorno dello scavo. L'esistenza di deformazioni plastiche implica la necessità di considerare, nell'analisi, l'andamento dei carichi con il proseguire dell'esecuzione delle opere infatti, la soluzione del problema, a differenza del caso elastico, dipende anche dal percorso tensionale seguito. Pertanto, l'analisi è stata sviluppata in fasi successive per riprodurre tutte le principali lavorazioni previste per la sezione esaminata: le condizioni finali di ciascuna fase saranno le condizioni iniziali per la fase successiva. Per la definizione delle fasi modellate si fa riferimento a quanto riportato nei successivi paragrafi.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C
				PAGINA 22 di 154		

7.3 MODELLAZIONE DEL PROCESSO REALIZZATIVO

Per ogni sezione di calcolo analizzata viene modellato l'intero processo costruttivo che si articola, tipicamente nelle seguenti fasi salienti:

1. CONDIZIONI INIZIALI

Si prevede uno step di carico iniziale in cui tutti gli elementi terreno siano presenti e bilanciati tra monte e valle; la quota di scavo coincide con il piano campagna esistente e la quota della falda freatica a monte e a valle sono alla stessa quota. Questa fase è molto importante per ristabilire al meglio le condizioni iniziali di partenza.

2. SCAVO FINO ALLA QUOTA DI IMPOSTA DELLA COPERTURA

3. ATTIVAZIONE DELLA COPERTURA E DEI DIAFRAMMI

4. SCAVO ALL'INTERNO DELLE DUE GALLERIE

Nelle fasi di scavo analizzate, è stato considerato uno "sbilanciamento" massimo di 3 m tra la quota di scavo della galleria di sinistra rispetto a quella di destra. Inoltre il sovraccarico accidentale previsto in fase provvisoria è attivo.

5. RAGGIUNGIMENTO DEL FONDO SCAVO

L'ultima fase statica, corrisponde al raggiungimento del fondo scavo di progetto. Solo in questa fase viene attivato sia il carico termico che quello del ritiro.

6. ATTIVAZIONE DEL SOLETTONE SACRIFICALE SOTTO FALDA

In questa fase viene attivato il solettone sacrificale eseguito sotto falda. Il solettone sacrificale è stato modellato con elementi finiti bidimensionali caratterizzati da un legame costitutivo elasto-plastico di tipo Mohr Coulomb (MC) aventi i seguenti parametri meccanici equivalenti a quelli di un calcestruzzo magro (C12/15):

$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 56^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 1200 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_{op} = 27000 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

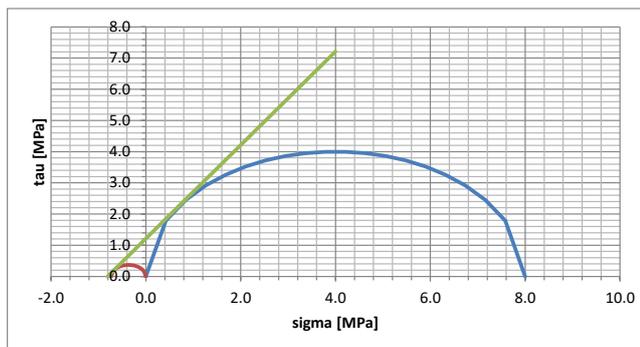
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 23 di 154
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H								

Modello Mohr-Coulomb (MC)

Modello Jet-Grouting

f_{ck}	12.00	MPa	
f_{ctm}	1.57	MPa	
f_{ctk}	1.10	MPa	
γ_M	1.50	-	
σ_1	8.000	MPa	
σ_2	0.000	MPa	
σ_3	0.000	MPa	
σ_4	-0.734	MPa	
ϕ	56.30	deg	0.983 rad
c'	1211.45	kPa	
$f1(\sigma_1, \sigma_2)$	-3.390E-07	-	
$f2(\sigma_3, \sigma_2)$	5.488E-07	-	

CALCOLO



7. EMUNGIMENTO DELLA FALDA ALL'INTERNO DELLO SCAVO

8. ATTIVAZIONE DEL SOLETTONE DI FONDAZIONE

In questa fase viene attivato il solettone di fondazione che viene simulato con un elemento strutturale collegato ai diaframmi avente solo rigidità assiale (EA). Inoltre la rigidità del solettone sacrificale viene ridotta del 60%.

9. MODELLAZIONE DELLA CONFIGURAZIONE A LUNGO TERMINE

In questa fase la quota di falda, che nelle fasi intermedia è pari alla quota prevista in fase provvisoria, viene innalzata sino alla quota di progetto di lungo termine. Inoltre viene simulato il rinterro sopra la copertura delle gallerie e viene attivato il sovraccarico accidentale previsto per la fase definitiva. Solo in questa fase viene attivato sia il carico termico che quello del ritiro.

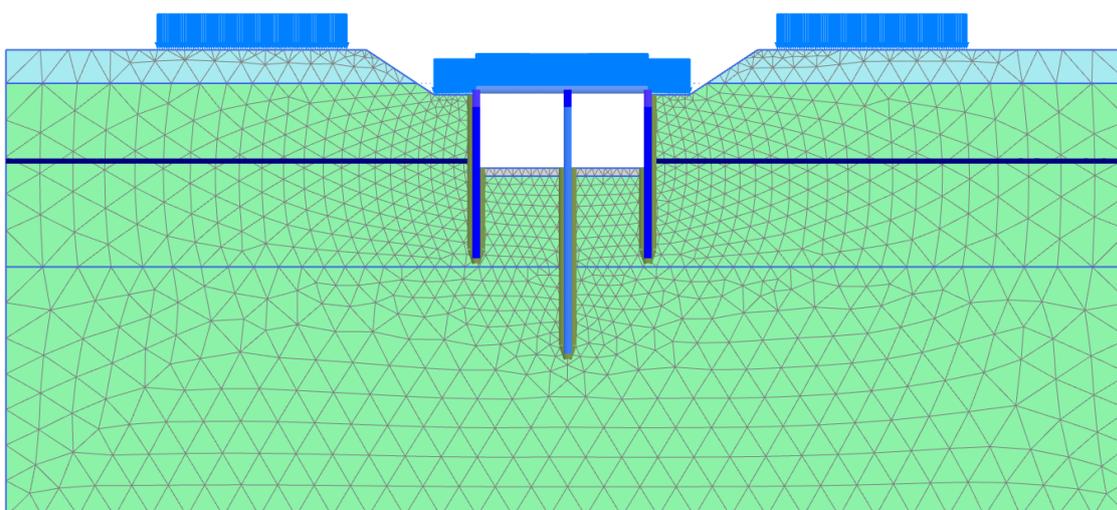
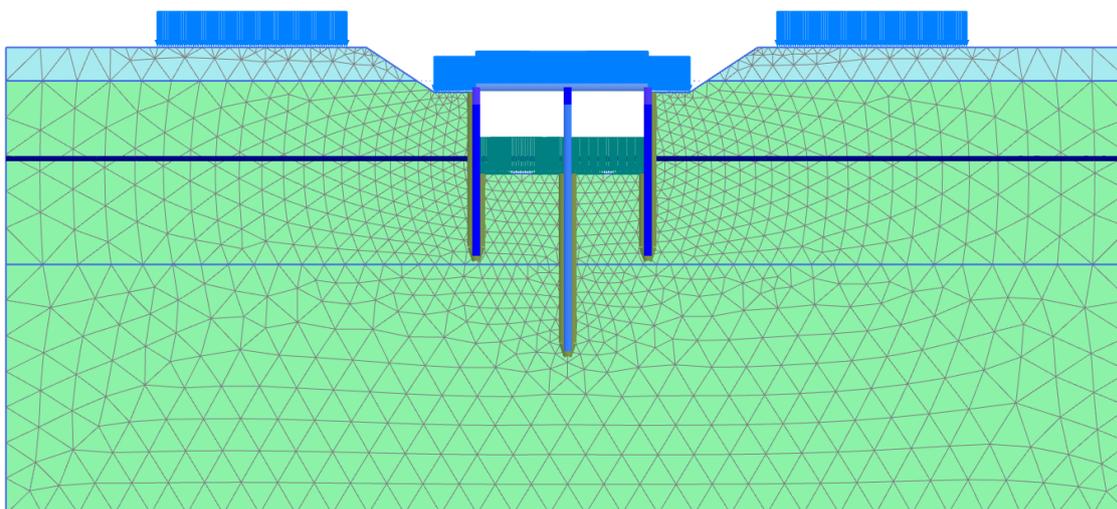
10. ANALISI SISMICA A LUNGO TERMINE

In questa fase viene eseguita l'analisi sismica. Il sovraccarico accidentale previsto per la fase definitiva e il carico termico sono attivi.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 24 di 154

7.4 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo geotecnico e strutturale dei diaframmi e della copertura si è utilizzato il codice di calcolo Plaxis 2D 2018. Si riportano di seguito, alcune figure del modello di calcolo adottato relative alle fasi realizzative dell'opera più significative (raggiungimento fondo scavo, realizzazione solettone sacrificale e fase finale).



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 25 di 154

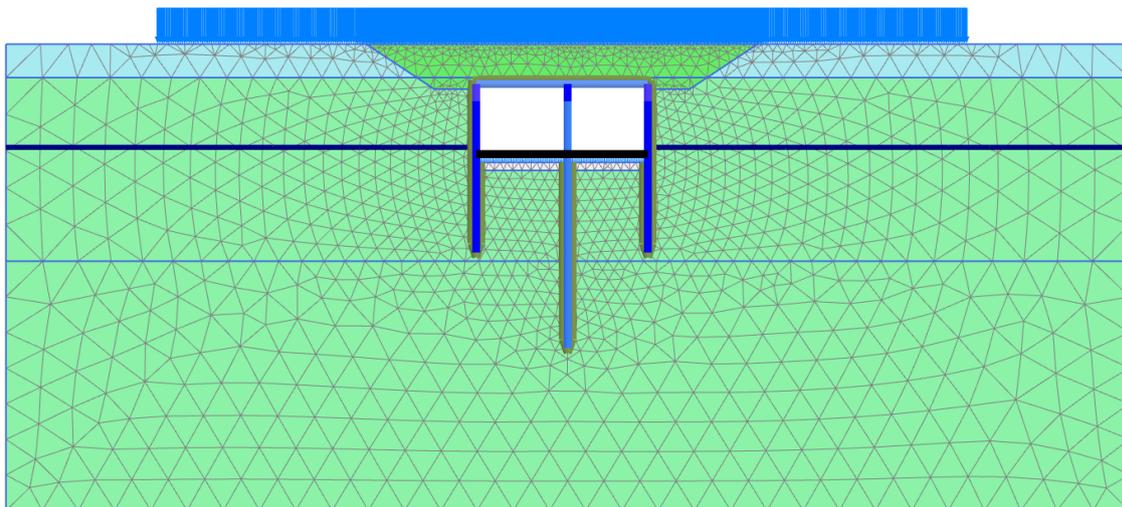


Figura 2 – Modello di calcolo

Le analisi eseguite hanno lo scopo di calcolare le sollecitazioni e gli spostamenti delle paratie considerando l'interazione terreno-struttura al procedere dello scavo pertanto, si sono riprodotte in successione le principali fasi esecutive previste in progetto e qui di seguito descritte:

Fase 0: Inizializzazione geostatica del modello.

Fase 1: Scavo fino a quota di imposta copertura.

Fase 2: Attivazione dei diaframmi e della copertura.

Fase 3: Attivazione del sovraccarico accidentale in fase provvisoria sul piano campagna e in copertura.

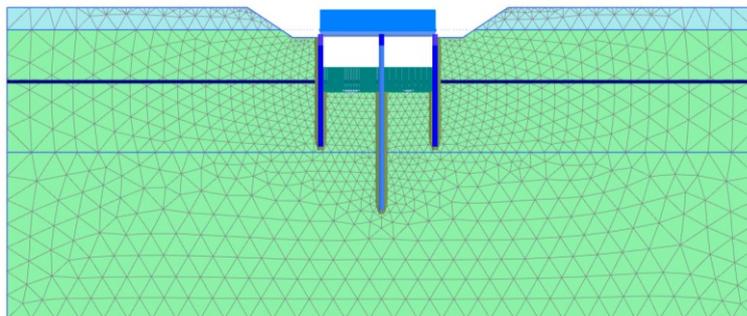
Fase 4÷8: Scavo all'interno delle due gallerie fino a quota di fondo scavo, in presenza di falda. Nelle fasi di scavo analizzate, è stato considerato uno "sbilanciamento" massimo di 3 m tra la quota di scavo della galleria di sinistra rispetto a quella di destra.

Fase 9: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico e di quello del ritiro (massima contrazione) nella copertura.

Fase 10: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico (massima dilatazione) nella copertura.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 26 di 154

Fase 11: Disattivazione del sovraccarico accidentale in fase provvisoria sul piano campagna (in copertura rimane attivo).



Fase 12: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico e di quello del ritiro (massima contrazione) nella copertura.

Fase 13: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico (massima dilatazione) nella copertura.

Fase 14: Attivazione del solettone sacrificale sotto falda.

Fase 15: Emungimento della falda all'interno dello scavo delle due gallerie.

Fase 16: Attivazione del solettone di fondazione.

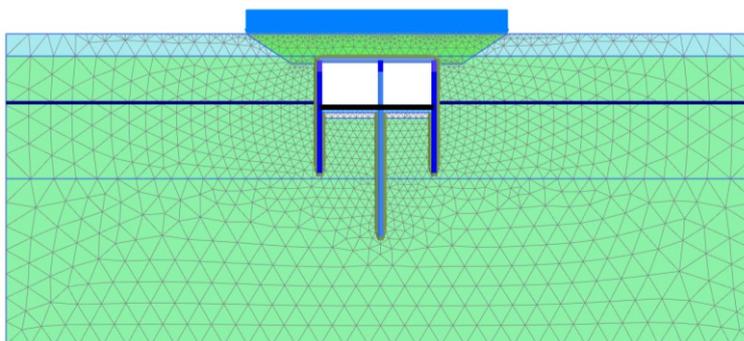
Fase 17: Rinterro della copertura e attivazione del sovraccarico accidentale in fase definitiva sul piano campagna. Inoltre la rigidità del solettone sacrificale viene ridotta del 60%. In questa fase il livello della falda viene innalzato fino alla quota di progetto (fase esercizio).

Fase 18: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico e di quello del ritiro (massima contrazione) nella copertura.

Fase 19: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico (massima dilatazione) nella copertura.

Fase 20: Disattivazione del sovraccarico accidentale in fase definitiva sul piano campagna posto alle due estremità delle gallerie (nella zona di copertura rimane attivo).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 27 di 154

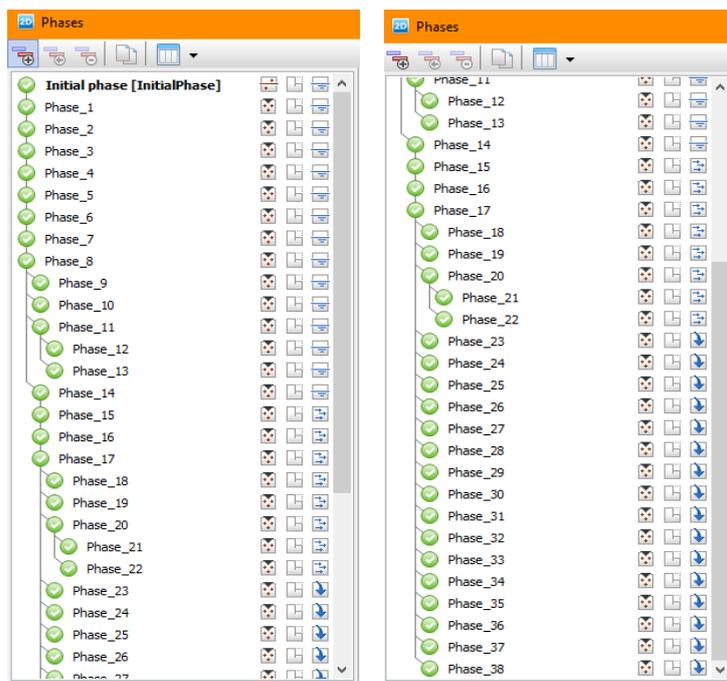


Fase 21: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico e di quello del ritiro (massima contrazione) nella copertura.

Fase 22: Attivazione, solo per questa fase, del carico termico (massima dilatazione) nella copertura.

Fase 23÷38: Analisi sismica in fase definitiva con le combinazioni indicata al § 0.

Si riporta di seguito, per maggiore chiarezza di esposizione, lo schema sequenziale delle fasi di calcolo implementate e sopra descritte.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C
				PAGINA 28 di 154		

I parametri geotecnici dei terreni e la stratigrafia di riferimento adottati nel modello di calcolo sono di seguito riassunti.

Strato	Quota da p.c. esistente		γ	ϕ	c'
	Da (m)	A (m)			
Ra	0.0	-4.20	19.0	35	0
Po	-4.20	in poi	16.0	35	0

Strato	E_{50ref}	E_{oedref}	E_{urref}	m	k_0	R_{inter}
-	MPa	MPa	MPa	-	-	-
Ra	30.0	-	-	-	0.426	0.67
Po	40.0	40.0	120	0.0	0.426	0.67

L'unità stratigrafica "Ra" e il "rinterro" sono stati modellati con elementi finiti bidimensionali caratterizzati da un legame costitutivo elasto-plastico di tipo Mohr Coulomb – MC. Per i parametri del "rinterro" si veda quanto già detto al par.5.

L'unità stratigrafica "Po" è stata modellata con elementi finiti bidimensionali caratterizzati da un legame costitutivo elasto-plastico di tipo Hardening Soil model – HS.

Si evidenzia che le unità stratigrafiche "Ra" e "rinterro" intervengono nelle analisi solo come sovraccarichi "verticali", in quanto l'intero scavo delle gallerie avviene all'interno della unità "Po".

Le principali caratteristiche del modello costitutivo sono le seguenti:

- una differente rigidità per percorsi tensionali di primo carico e di scarico-ricarico;
- sviluppo di deformazioni plastiche per stati tensionali deviatorici e sferici;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 29 di 154

- criterio di rottura di tipo Mohr-Coulomb.

Il modulo di rigidezza E_{50} per percorsi tensionali di primo carico (modulo di rigidezza secante) è funzione della tensione di confinamento applicata:

$$E_{50} = E_{50}^{ref} \left(\frac{c \cdot \cos \phi - \sigma'_3 \cdot \sin \phi}{c \cdot \cos \phi + p^{ref} \cdot \sin \phi} \right)^m$$

dove $p^{ref} = 100$ kPa è la pressione di riferimento, σ'_3 è la tensione efficace principale minore, E_{50}^{ref} è il modulo di rigidezza secante alla pressione di riferimento, "m" è un coefficiente che regola la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale (0.5 (sabbie) $\leq m \leq 1.0$ (argille)).

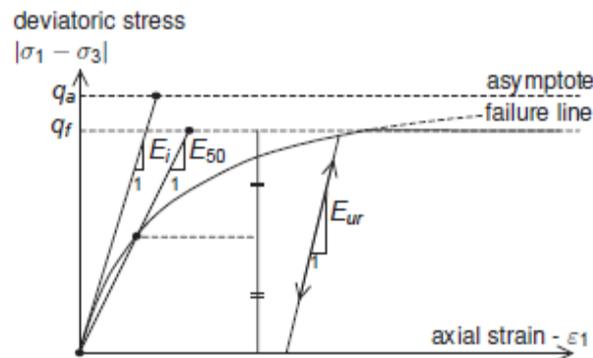


Figura 3 – Legame iperbolico sforzi-deformazioni in carico vergine per una prova triassiale drenata standard

Il modulo di rigidezza E_{ur} per percorsi tensionali di scarico-ricarico funzione della tensione di confinamento applicata:

$$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left(\frac{c \cdot \cos \phi - \sigma'_3 \cdot \sin \phi}{c \cdot \cos \phi + p^{ref} \cdot \sin \phi} \right)^m$$

dove $p^{ref} = 100$ kPa è la pressione di riferimento, σ'_3 è la tensione efficace principale minore, E_{ur}^{ref} è il modulo di rigidezza secante alla pressione di riferimento, "m" è un coefficiente che regola la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale (0.5 (sabbie) $\leq m \leq 1.0$ (argille)). In molti casi pratici E_{ur}^{ref} è pari a $2 \div 5 E_{50}^{ref}$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 30 di 154

Il modulo di rigidezza E_{oed} per percorsi tensionali in condizioni edometriche funzione della tensione verticale applicata:

$$E_{oed} = E_{oed}^{ref} \left(\frac{c \cdot \cos \phi - \frac{\sigma'_3}{K_0^{nc}} \cdot \sin \phi}{c \cdot \cos \phi + p^{ref} \cdot \sin \phi} \right)^m$$

dove $- \sigma'_1 = \frac{- \sigma'_3}{K_0^{nc}} = p^{ref} = 100 \text{ kPa}$ è la pressione di riferimento, $- \sigma'_1 = \frac{- \sigma'_3}{K_0^{nc}}$ è la tensione verticale efficace, E_{oed}^{ref} è il modulo di rigidezza (tangente) edometrico alla pressione di riferimento, "m" è un coefficiente che regola la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale ($0.5 \text{ (sabbie)} \leq m \leq 1.0 \text{ (argille)}$).

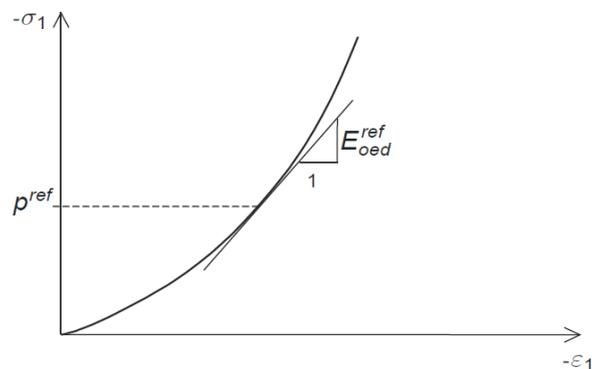


Figura 4 – Definizione di E_{oed}^{ref} dai risultati di una prova edometrica

Nel modello, le proprietà degli elementi interfaccia sono state applicate definendo dei materiali con legame costitutivo analogo a quelli dei terreni circostanti ma con parametri di resistenza ridotti. In particolare è stata adottata una resistenza attritiva con resistenza a taglio ridotta con fattore " R_{inter} " rispetto a quella del terreno circostante:

$$c'_{inter} = R_{inter} \cdot c'$$

$$\text{tg } \phi'_{inter} = R_{inter} \cdot \text{tg } \phi'$$

La copertura e i diaframmi in progetto sono stati modellati con elementi "plate" caratterizzati da un legame costitutivo lineare elastico isotropo ovvero da una rigidezza flessionale EJ (E è modulo di Young, J è il momento di inerzia), da una rigidezza assiale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. ASTALDI S.p.A.	<p style="text-align: center;">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p style="text-align: center;">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>31 di 154</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	31 di 154
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	31 di 154								

EA (A è l'area) e da un coefficiente di Poisson ν . I parametri sono implementati nell'analisi per metro di sviluppo longitudinale "fuori piano", quindi dividendo per l'interasse "i" relativo a ciascun elemento dove di pertinenza.

Il solettone di fondazione, che in questo modello ha la sola funzione di pendolo interno, è stato modellato mediante elementi "anchor" resistenti solo a compressione assegnando una rigidezza assiale EA.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 32 di 154	

7.5 ANALISI E VERIFICHE

Di seguito le analisi e le verifiche (considerando una fascia di lunghezza 1.00 m) dei diaframmi e del solettone di copertura.

7.5.1 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni (momento, taglio e sforzo assiale) per gli involucri per le combinazioni SLU, SLE e SISMA.

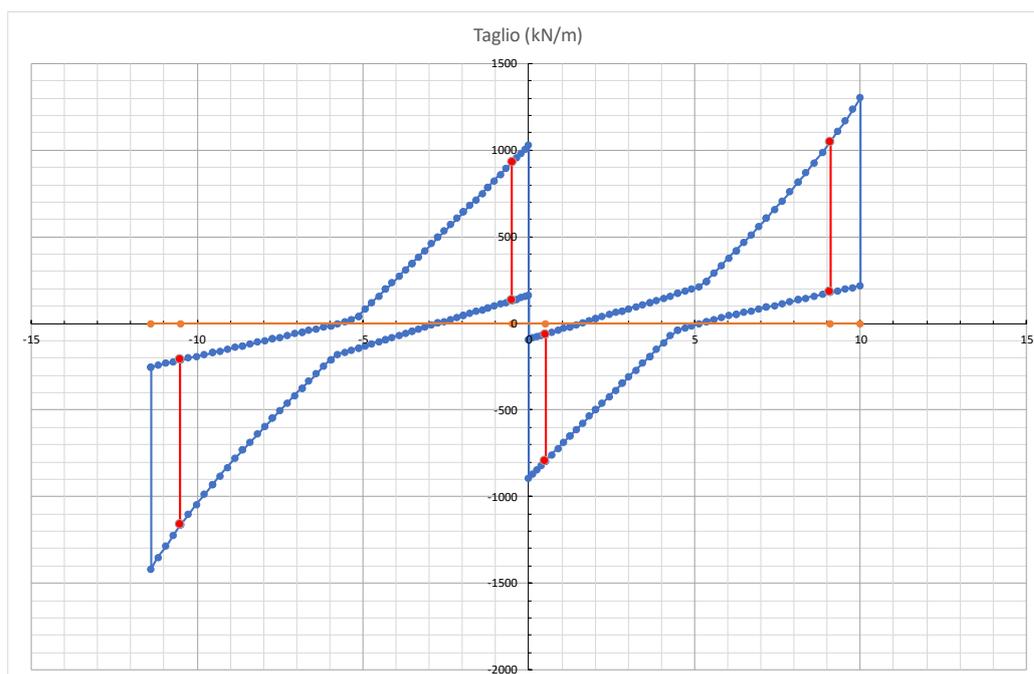
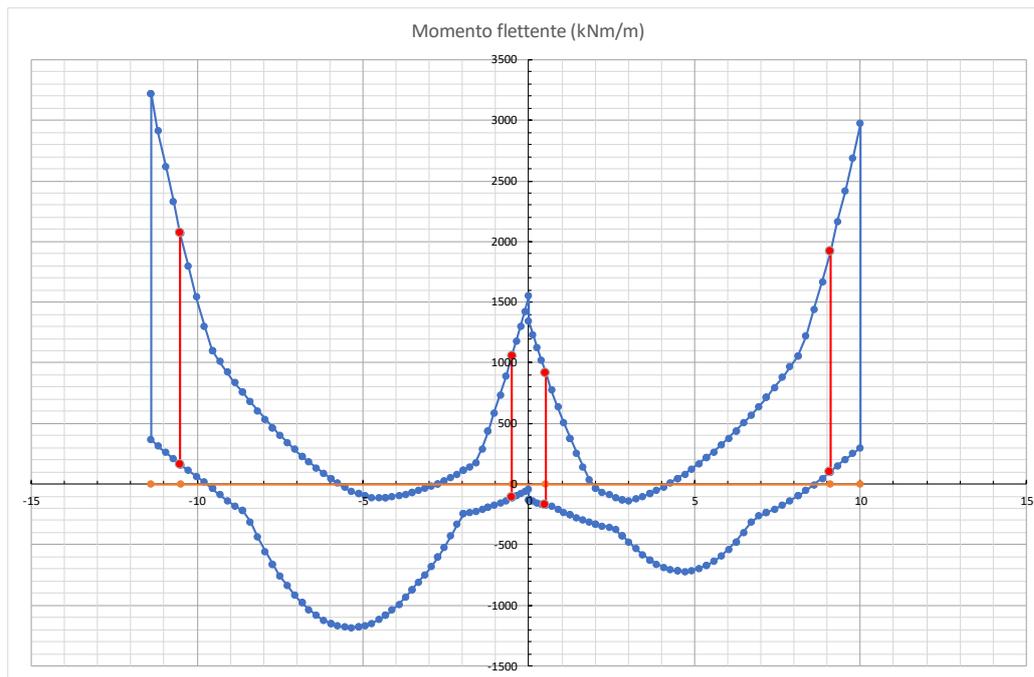
Le unità di misura adottate e riportate negli output di calcolo sono:

- kN per le forze;
- m per le lunghezze;
- mm per gli spostamenti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 33 di 154
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H								

7.5.1.1 Involuppi per le combinazioni SLU

- Soletta di copertura



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

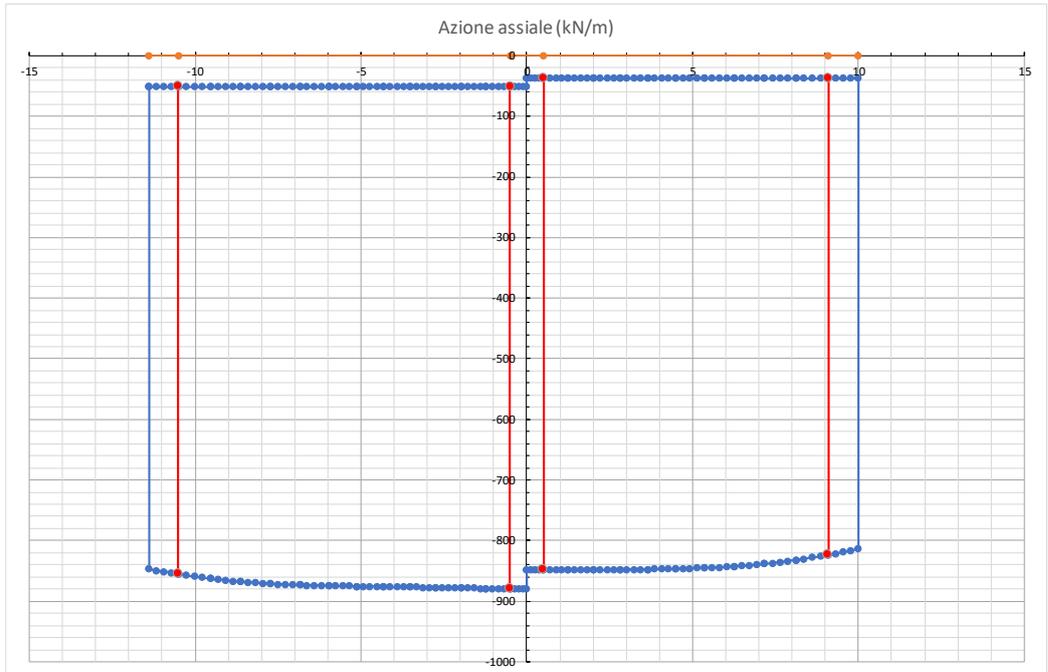
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI

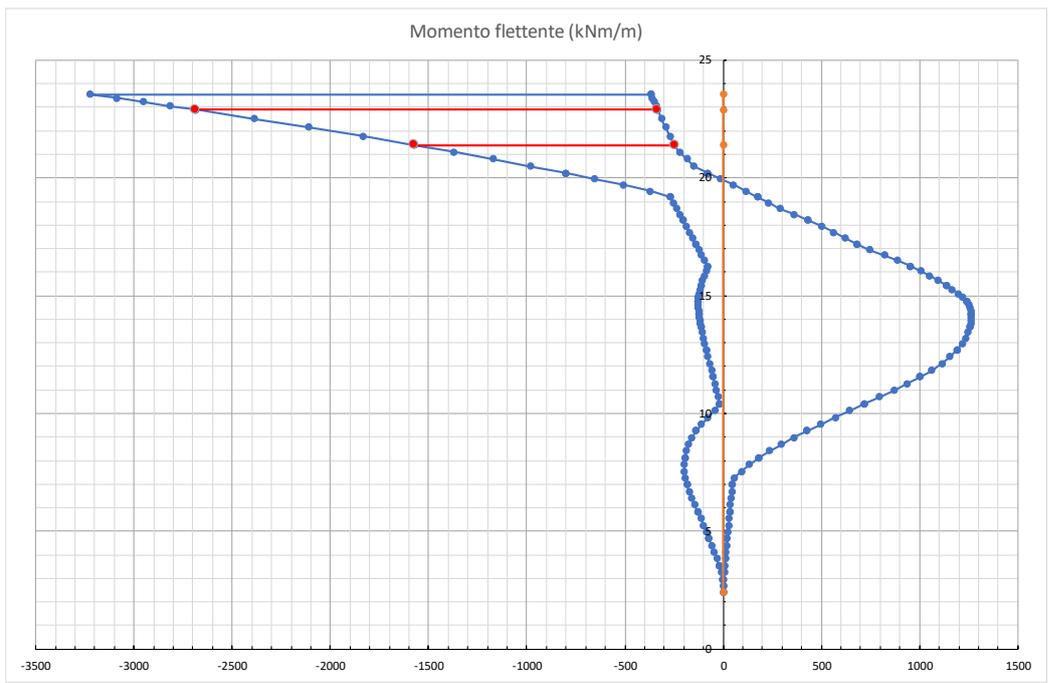
TRATTA NAPOLI-CANCELLO

IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	34 di 154



- **Piedritto e diaframma esterno sinistro**



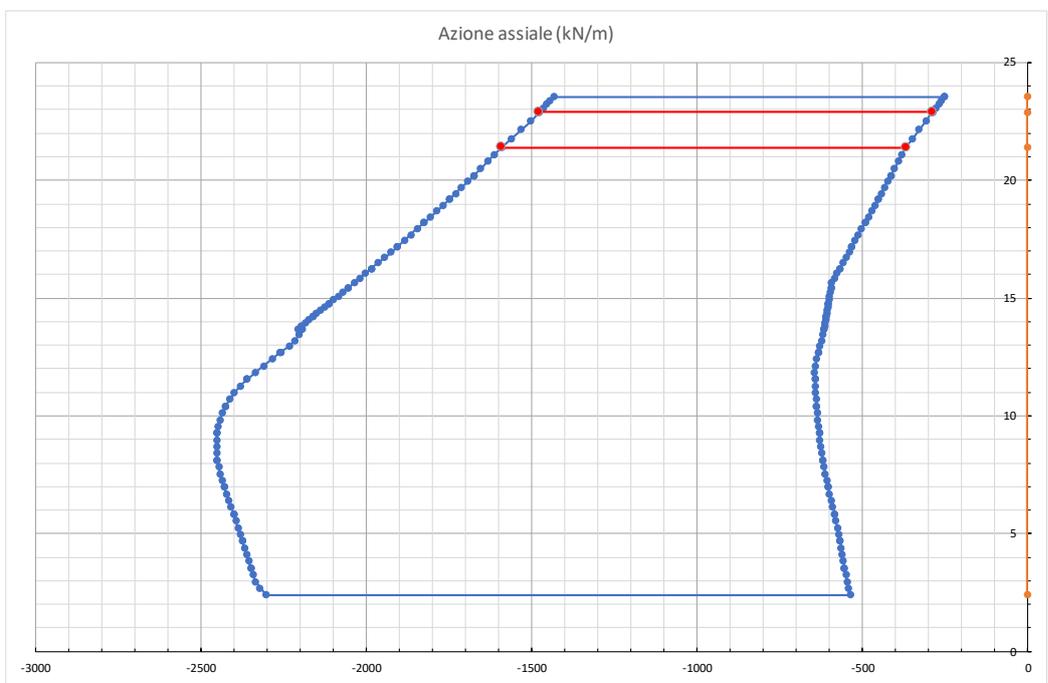
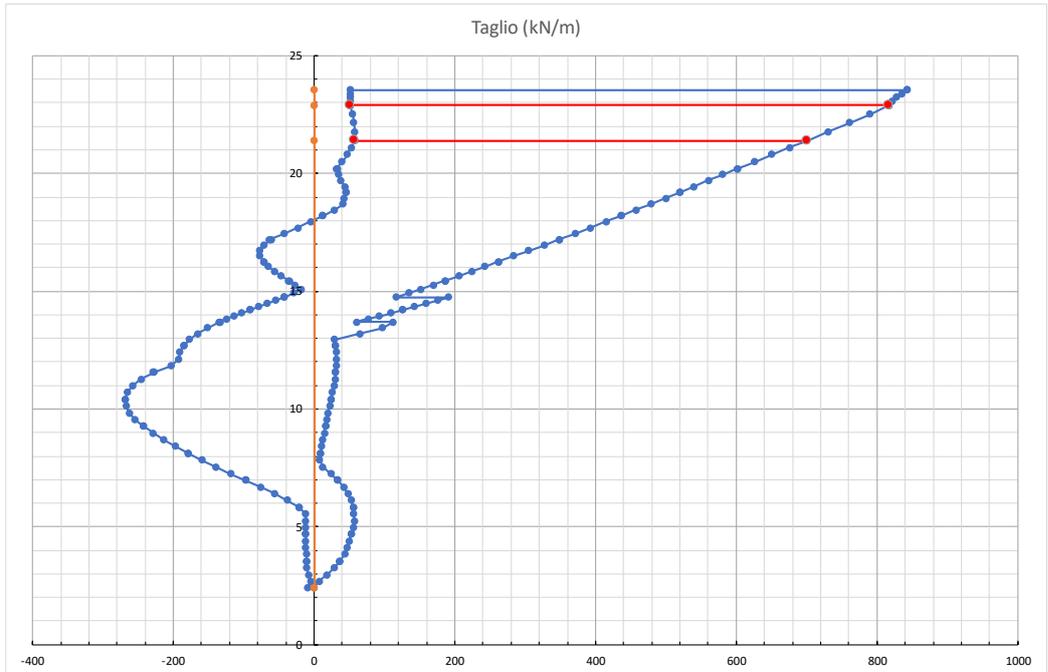
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

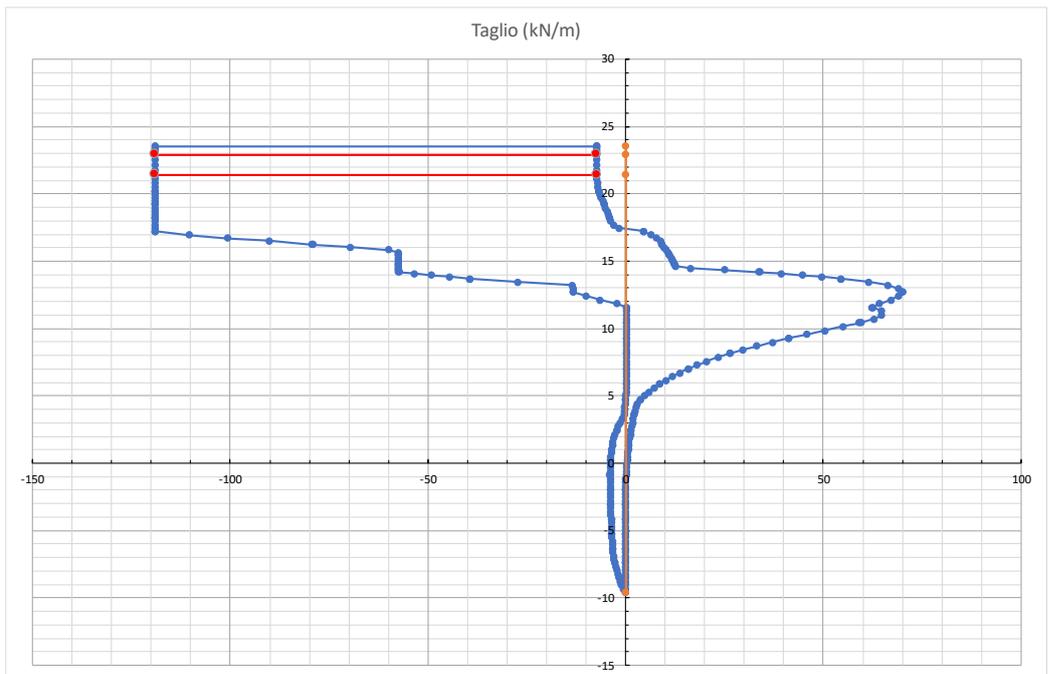
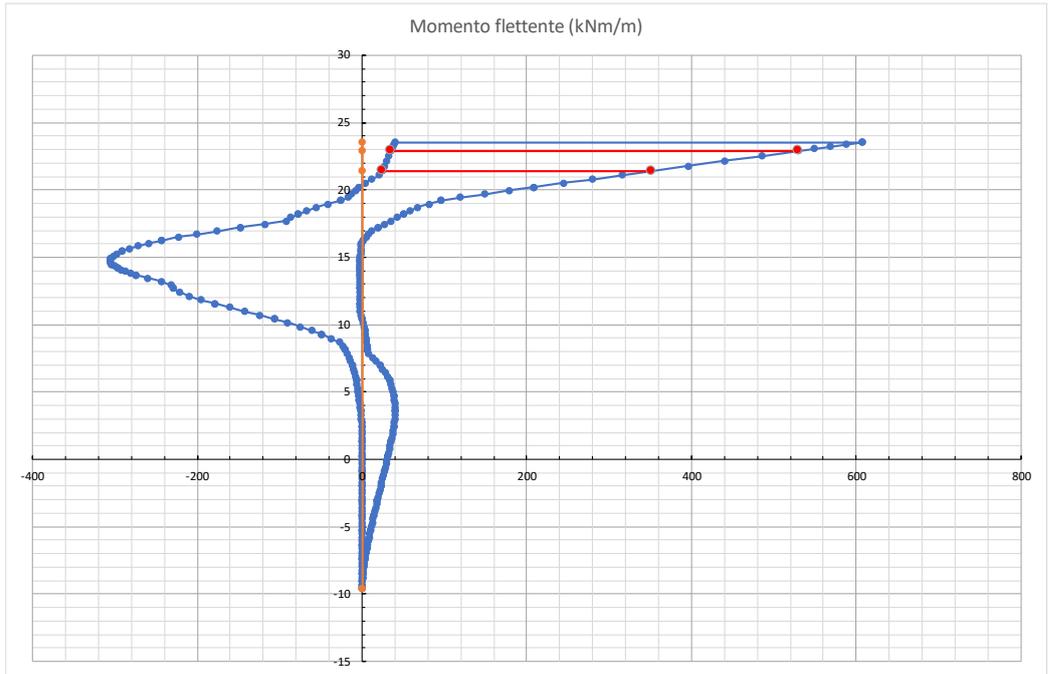
LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	35 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 36 di 154

- **Piedritto e diaframma centrale**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

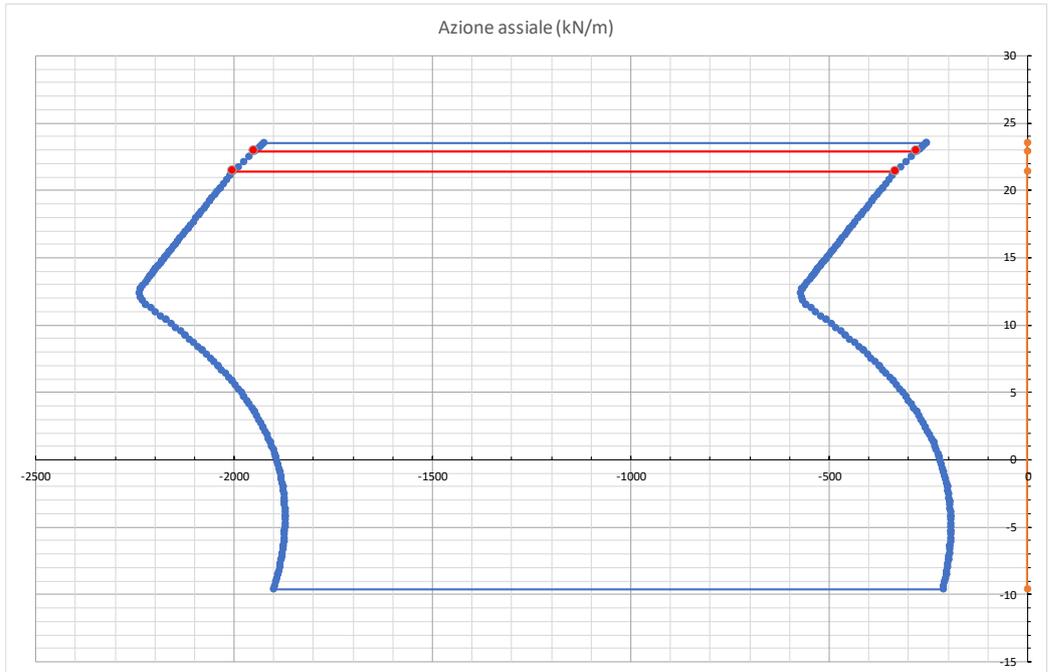
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

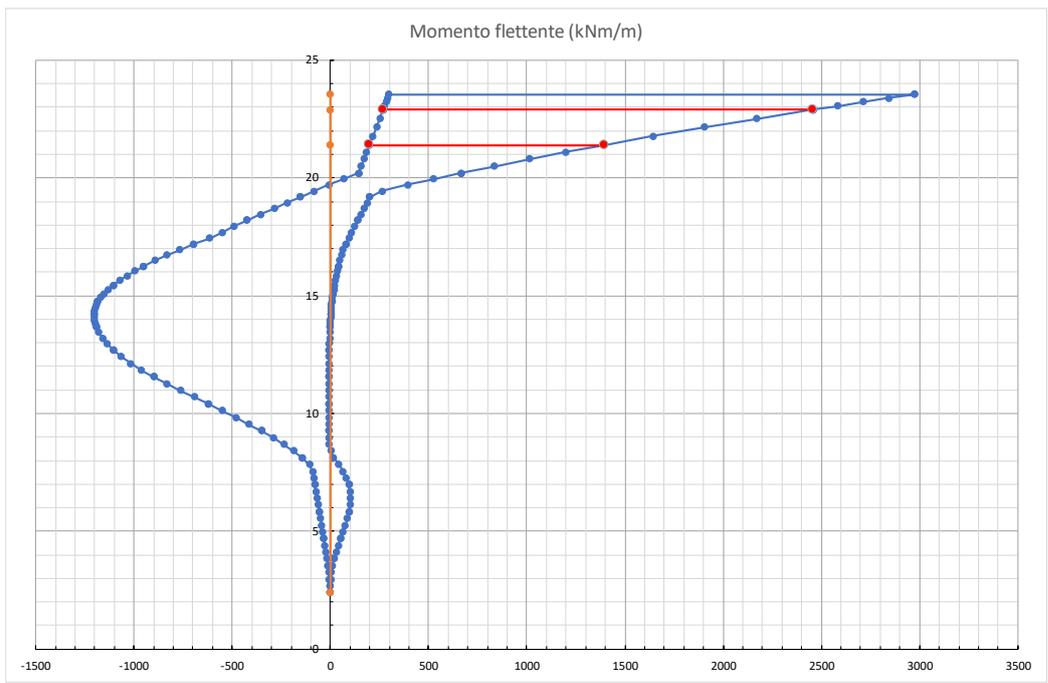
LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	37 di 154



- **Piedritto e diaframma esterno destro**



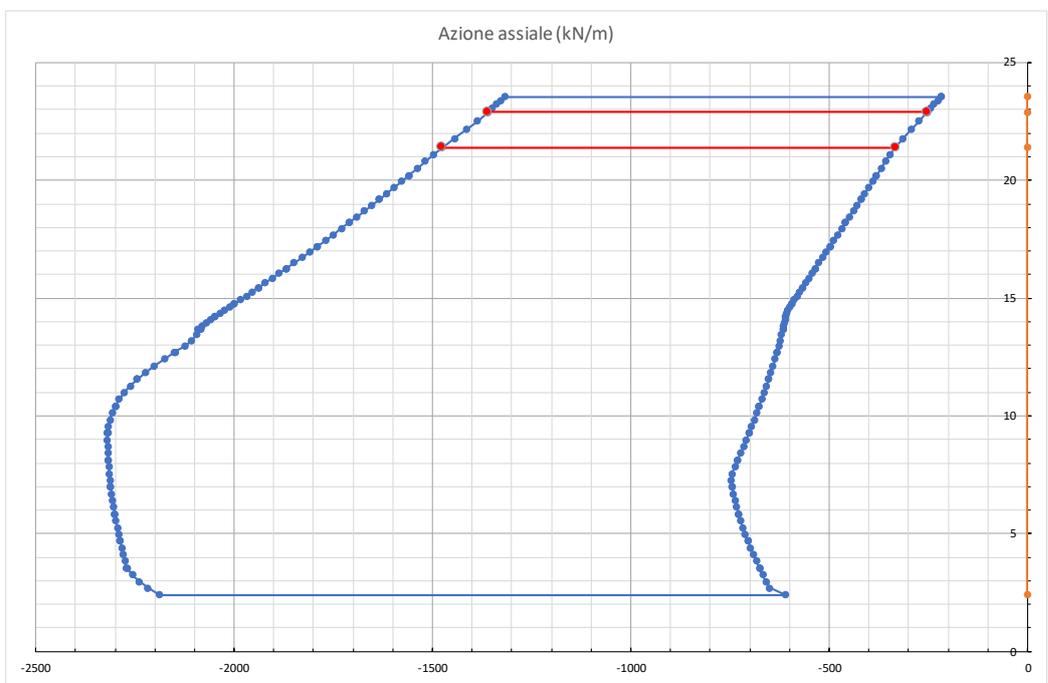
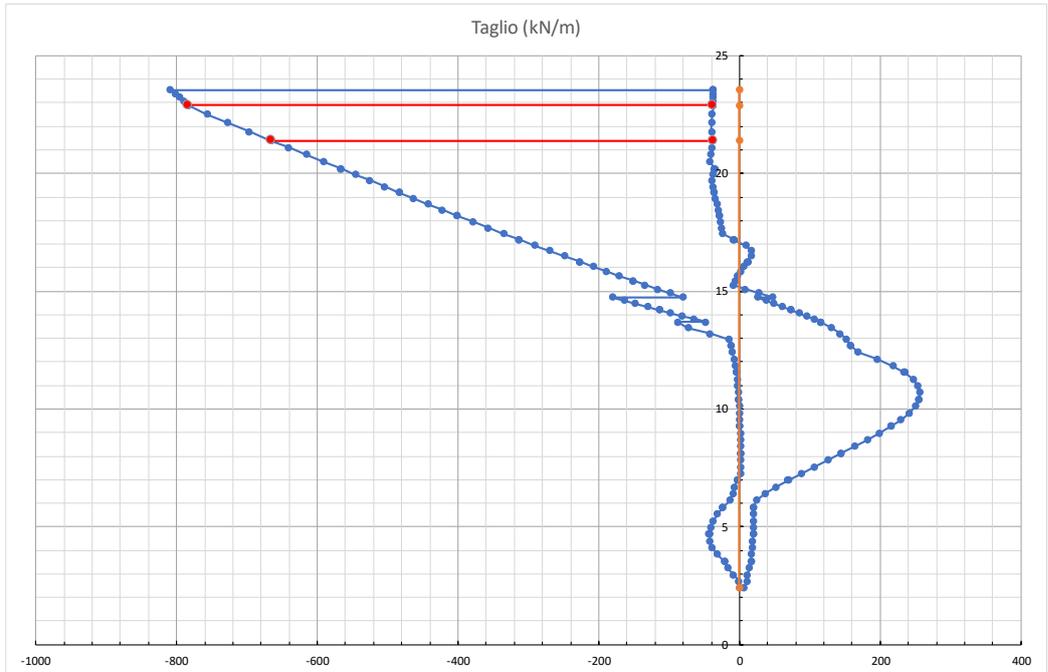
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

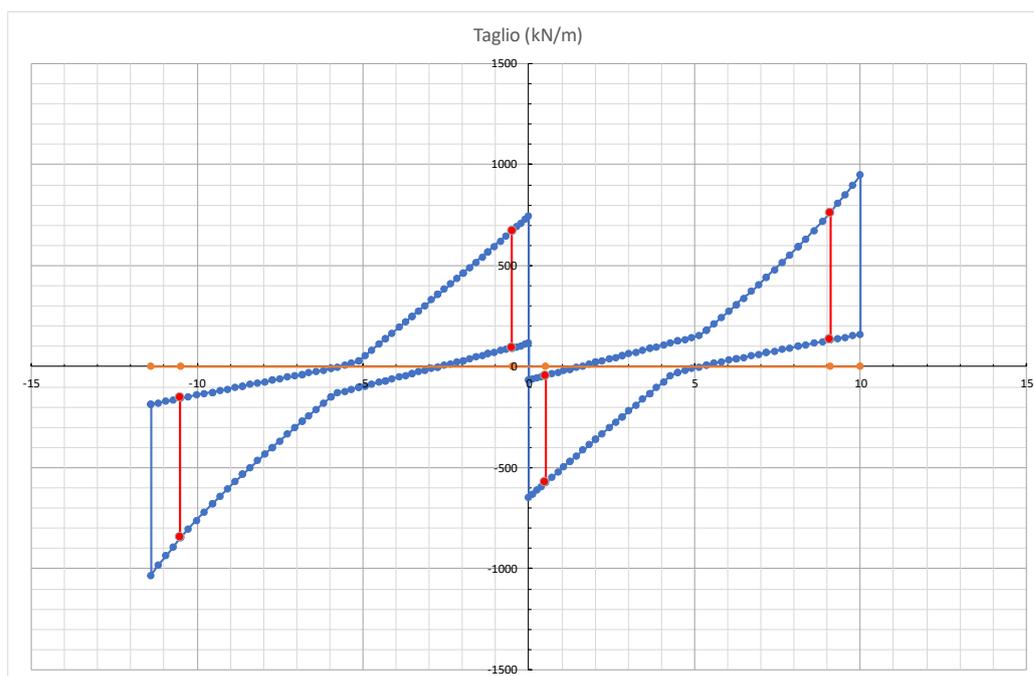
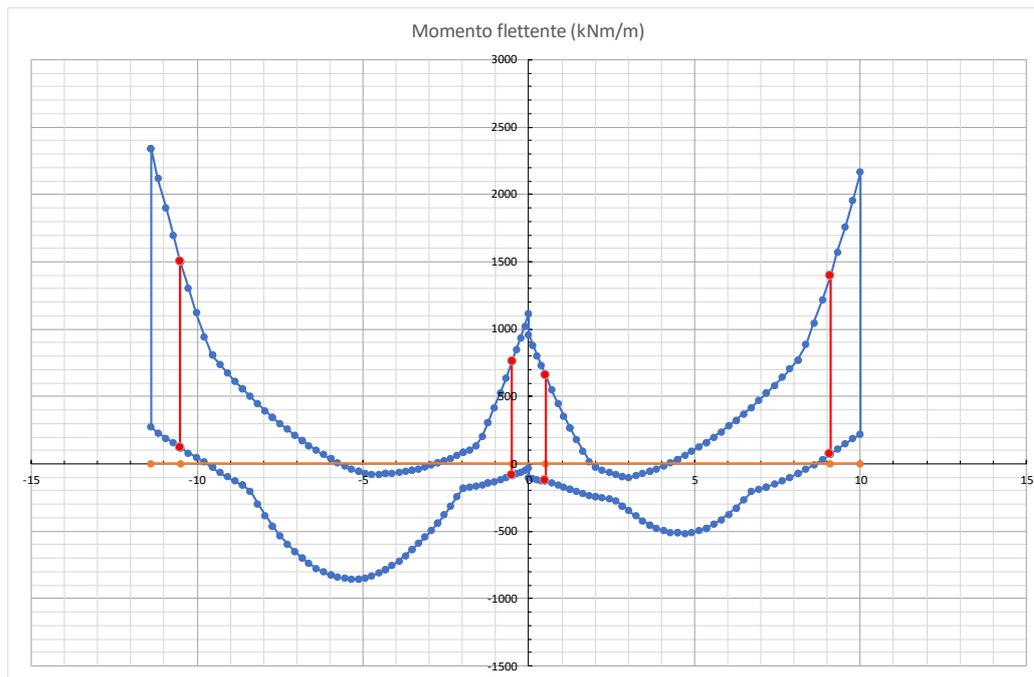
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	38 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 39 di 154
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H								

7.5.1.2 Involuppi per le combinazioni SLE

- Soletta di copertura



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

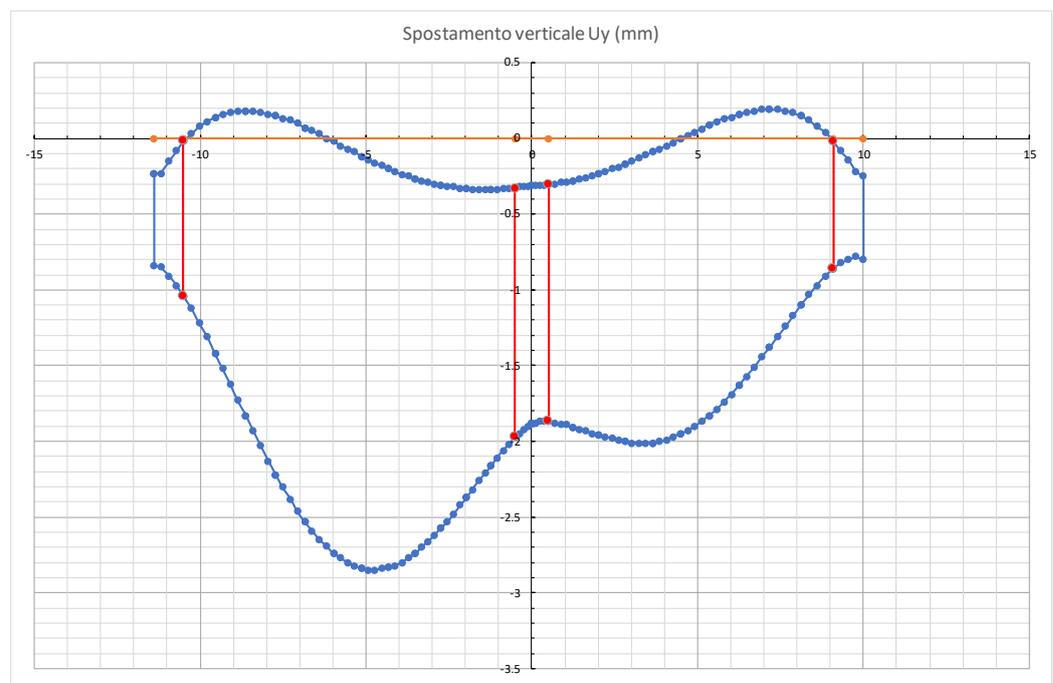
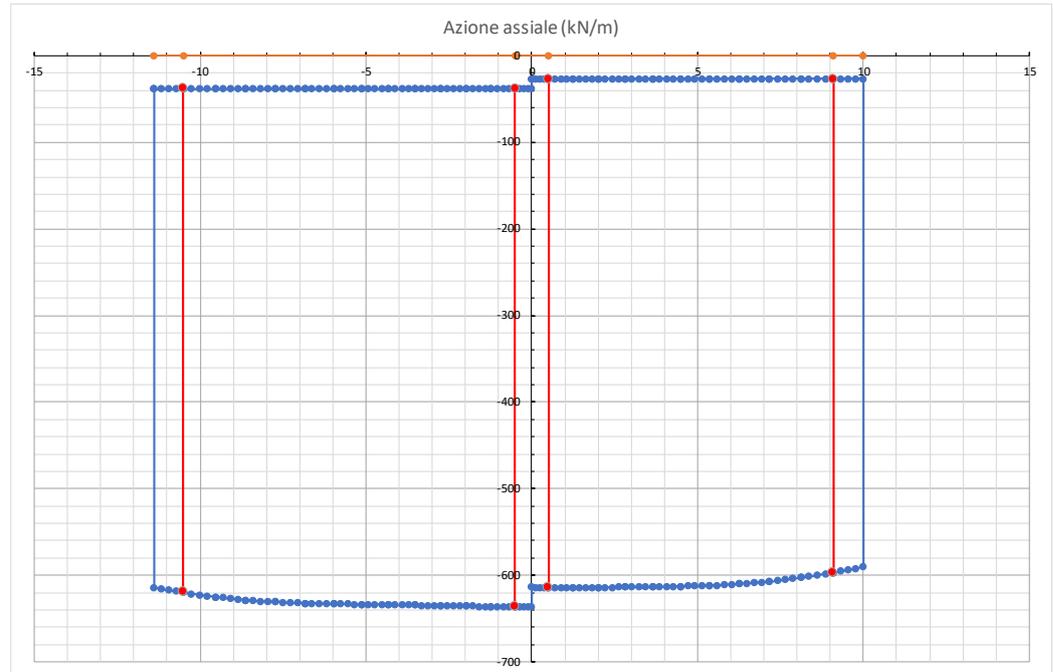
PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

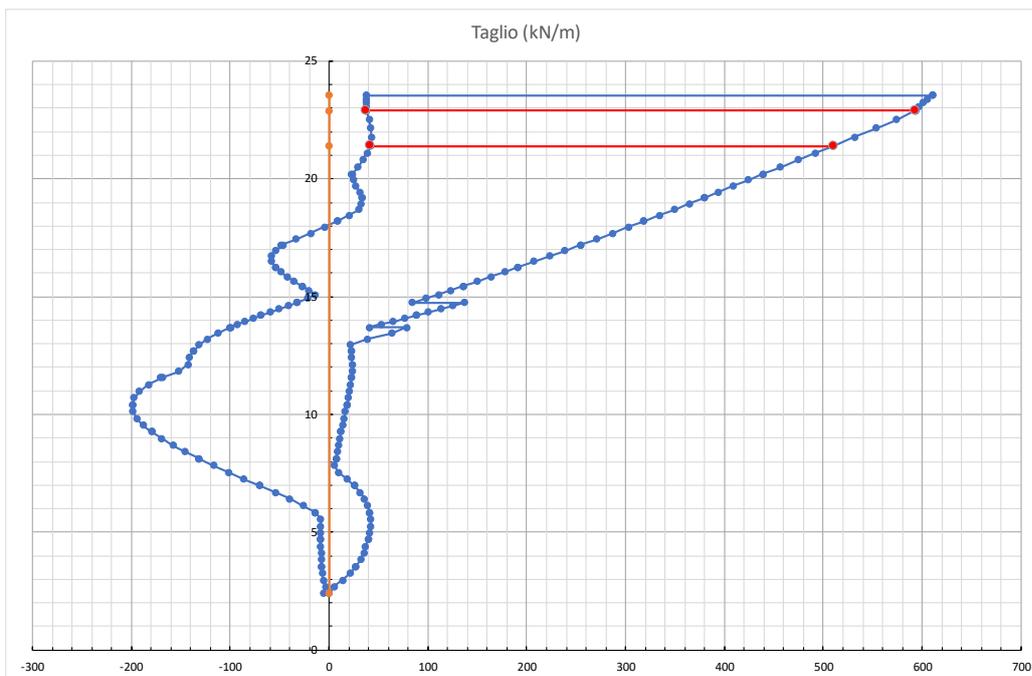
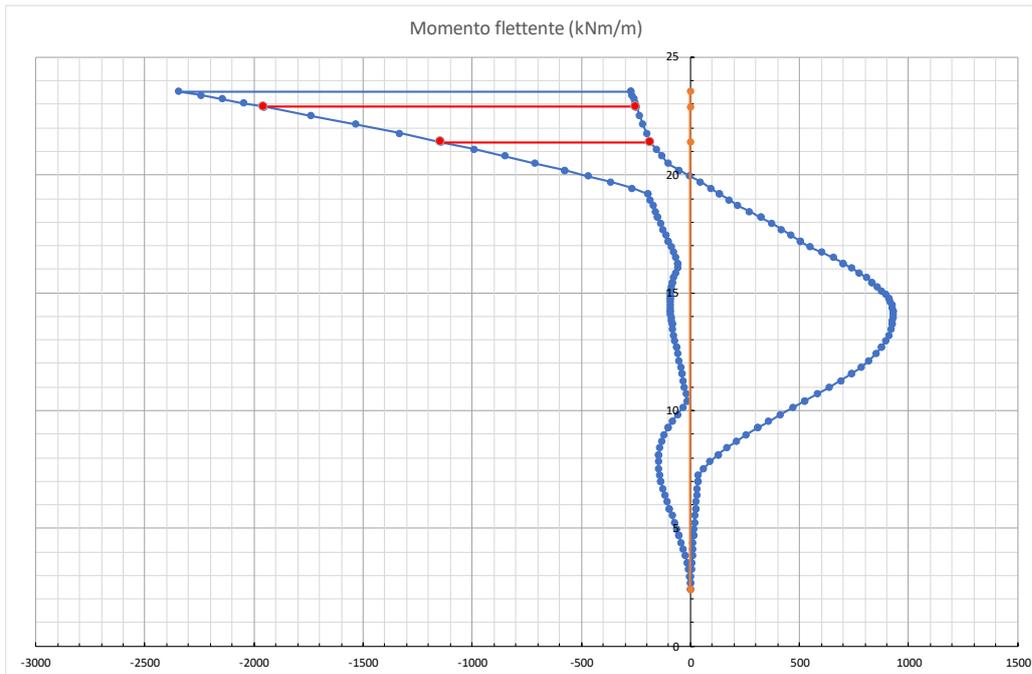
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	40 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 41 di 154

- **Piedritto e diaframma esterno sinistro**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

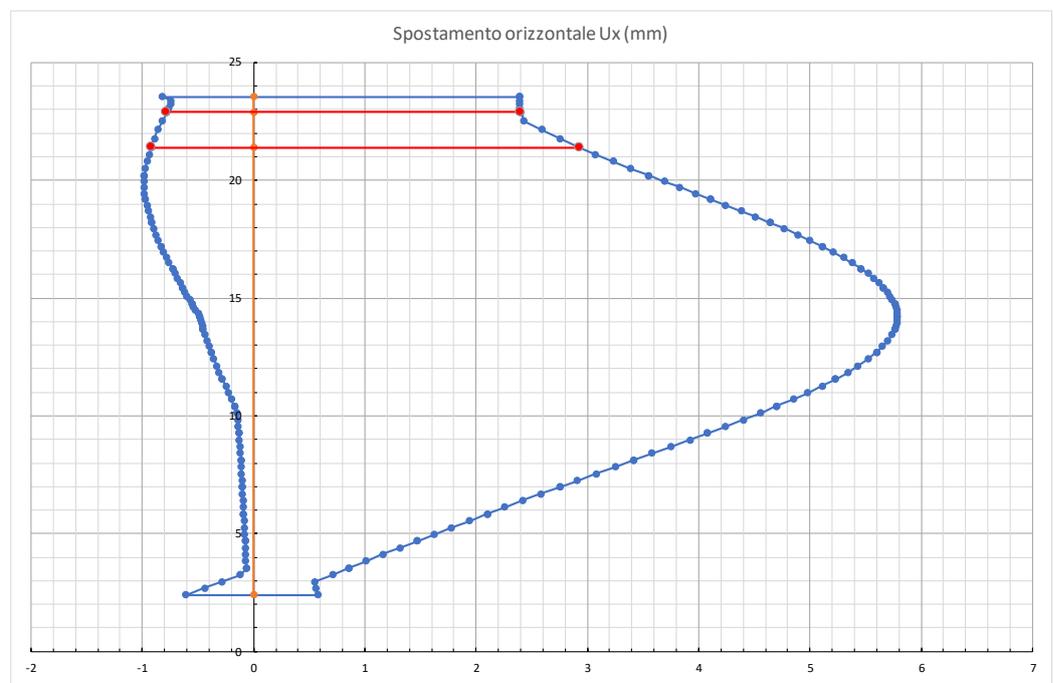
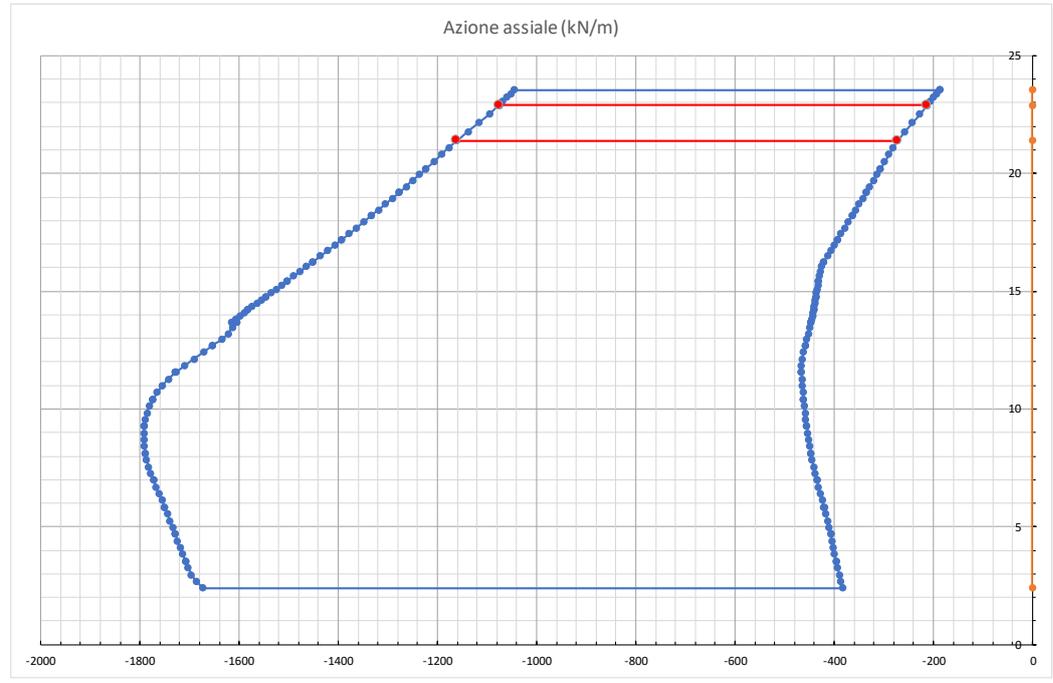
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

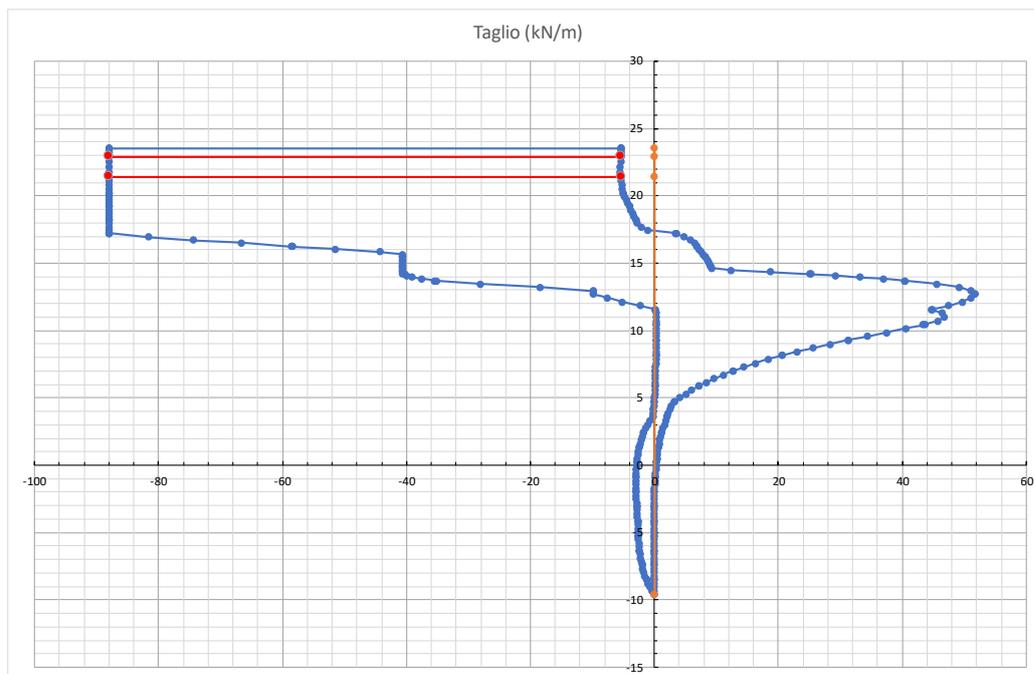
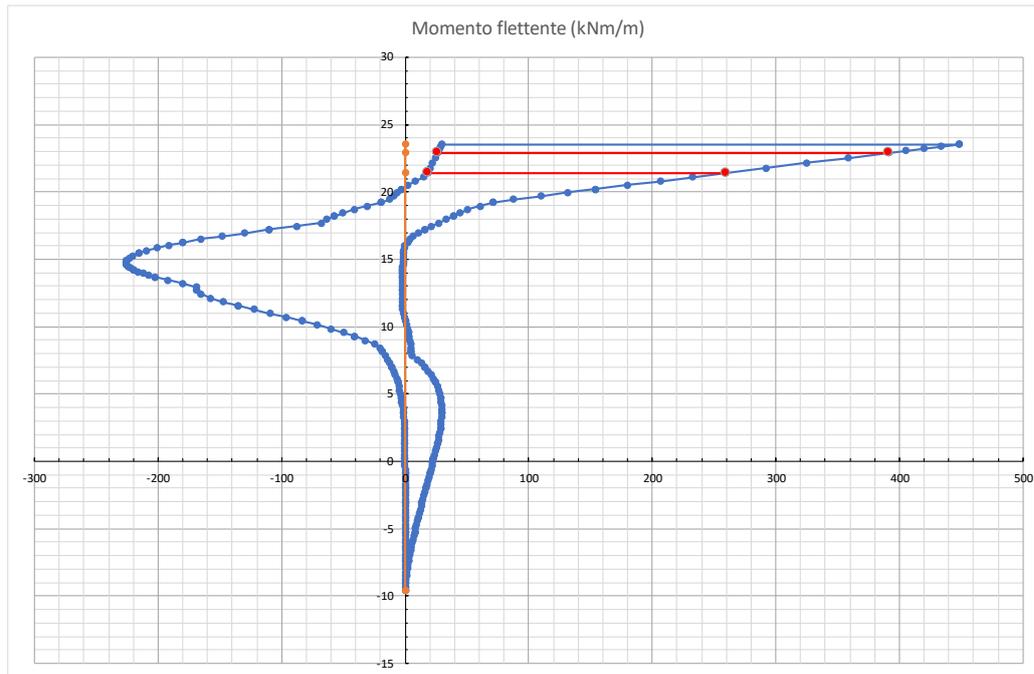
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	42 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 43 di 154

- **Piedritto e diaframma centrale**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

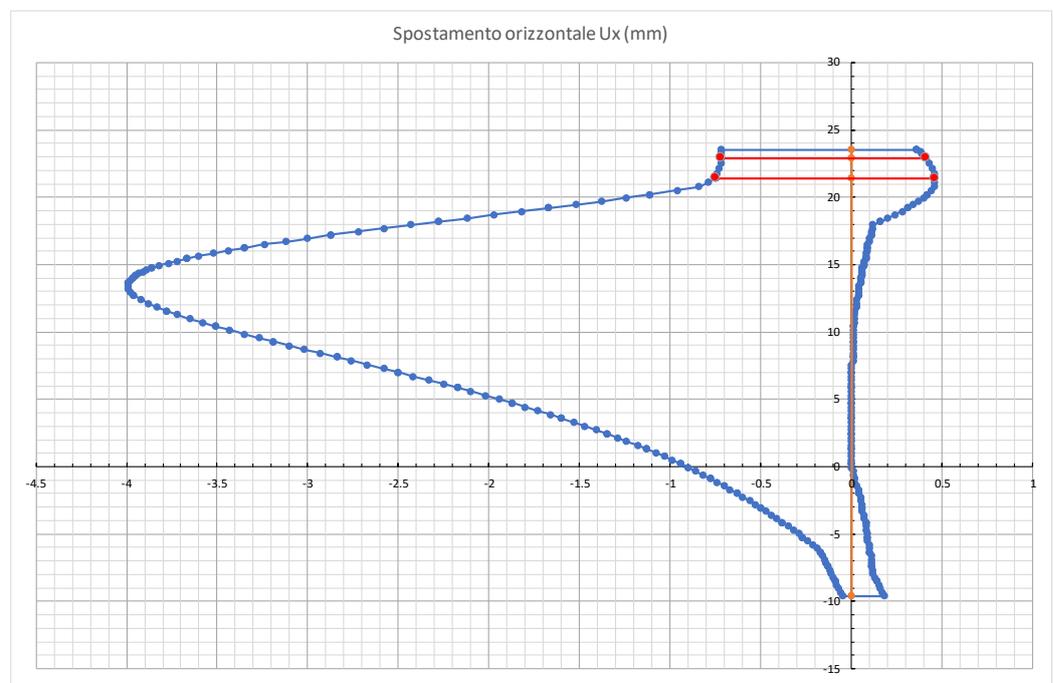
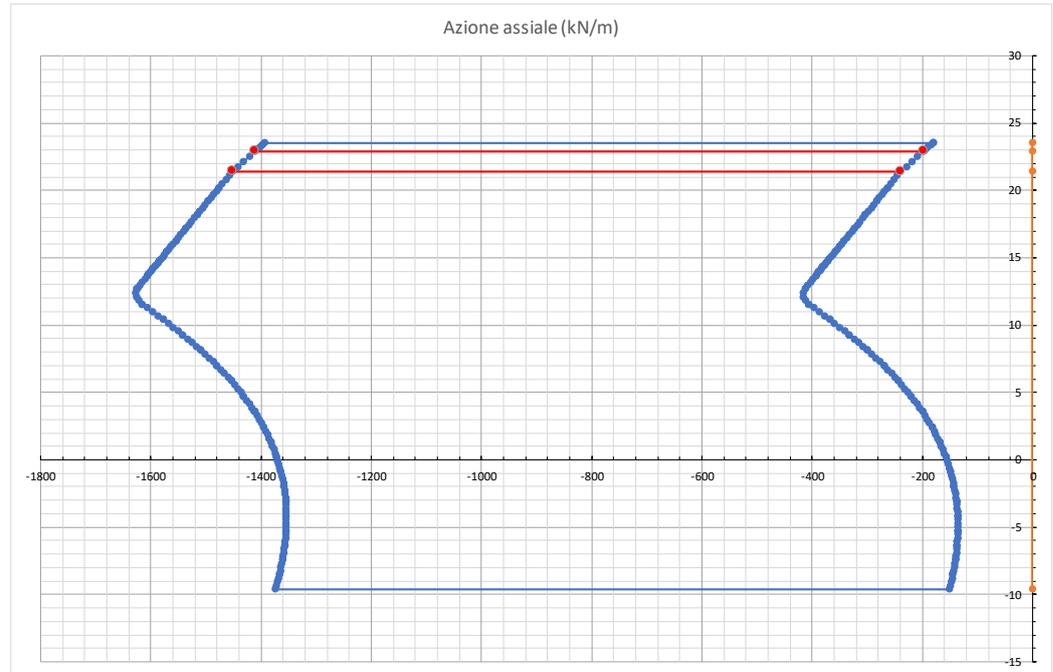
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	44 di 154



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

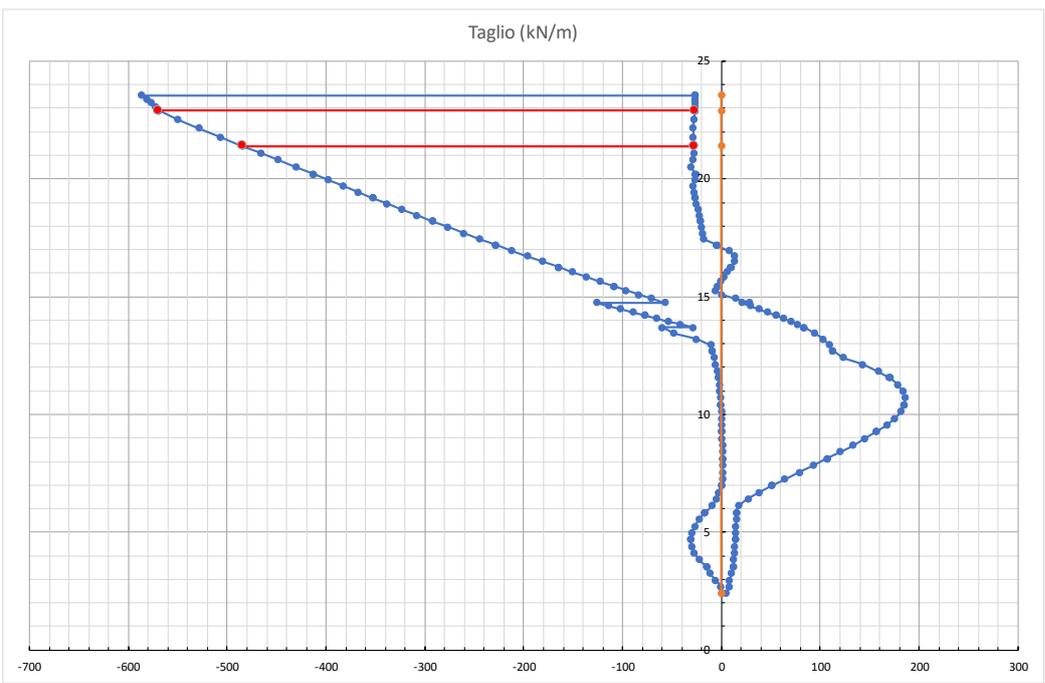
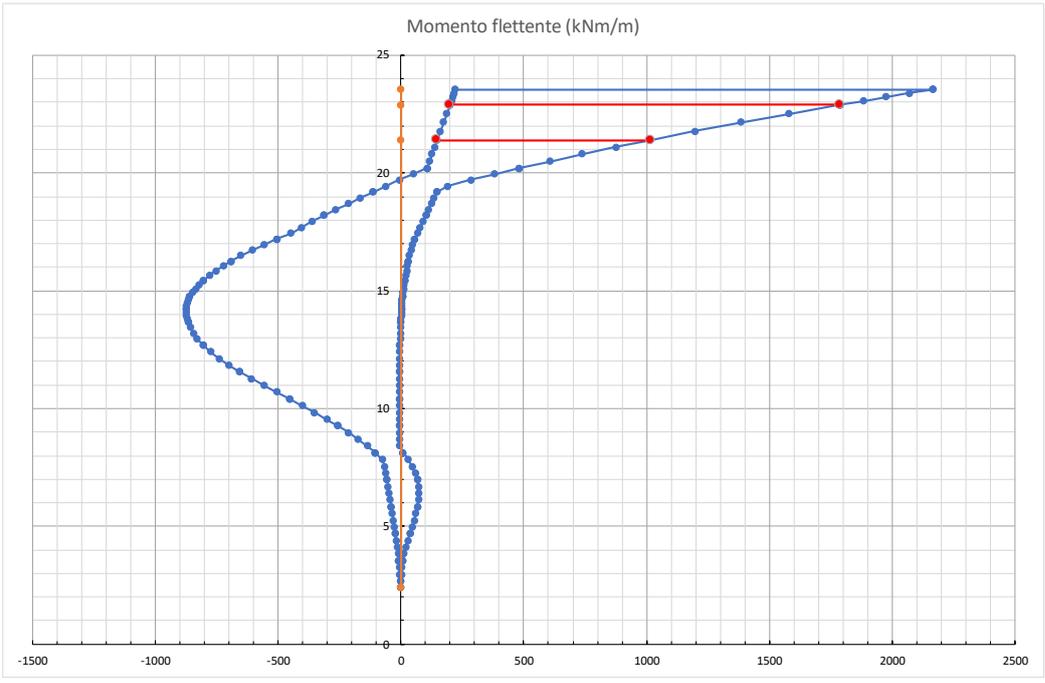
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	45 di 154

• **Piedritto e diaframma esterno destro**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

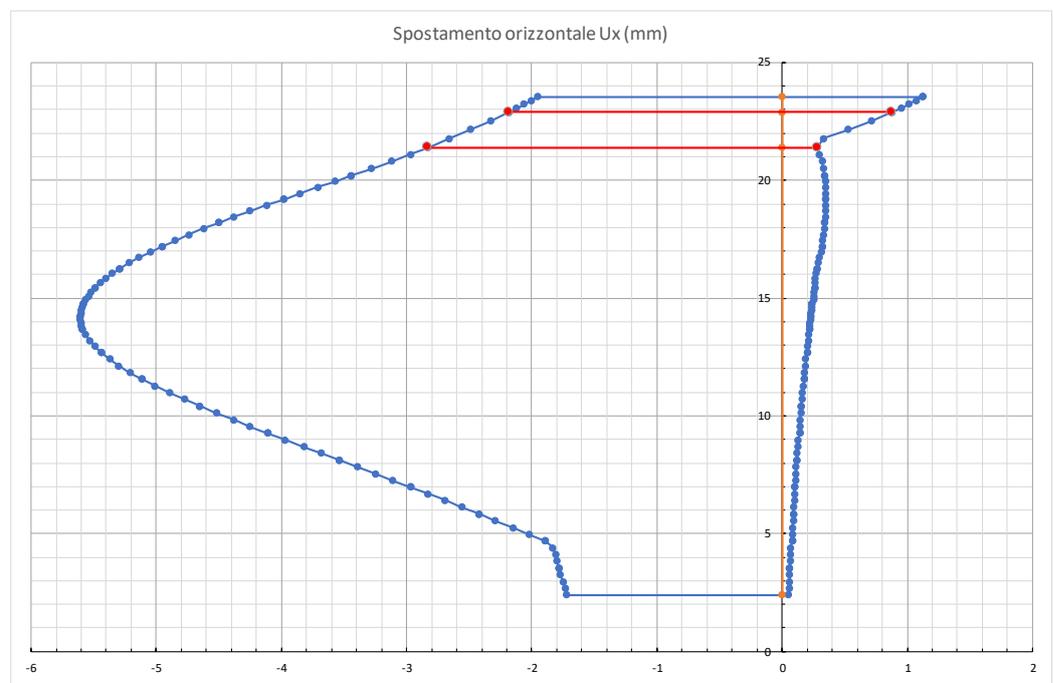
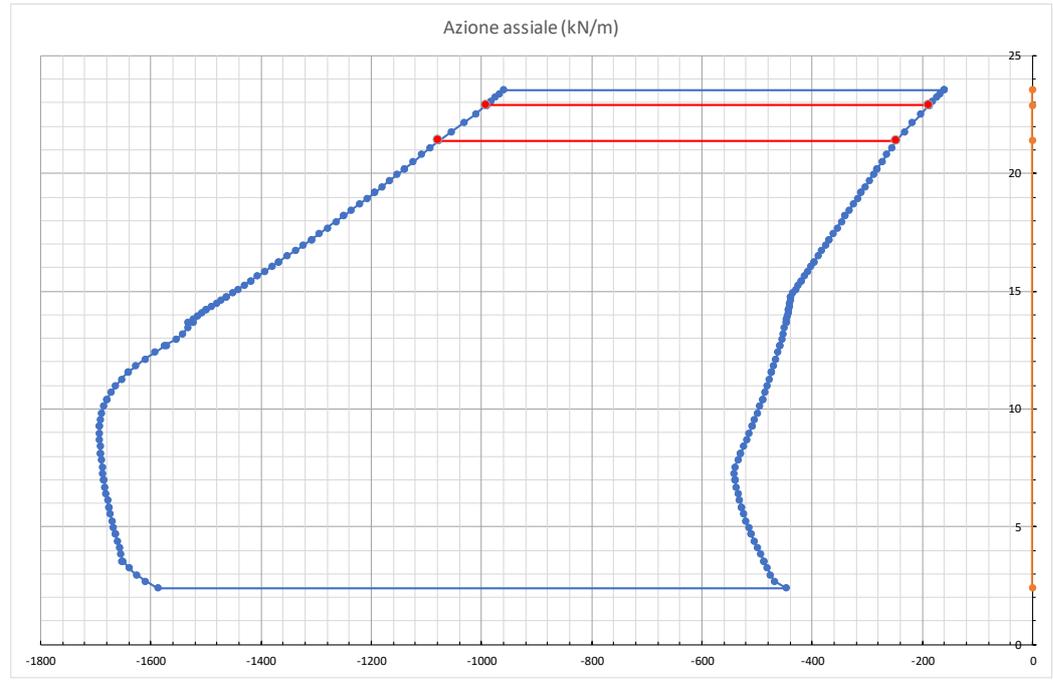
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

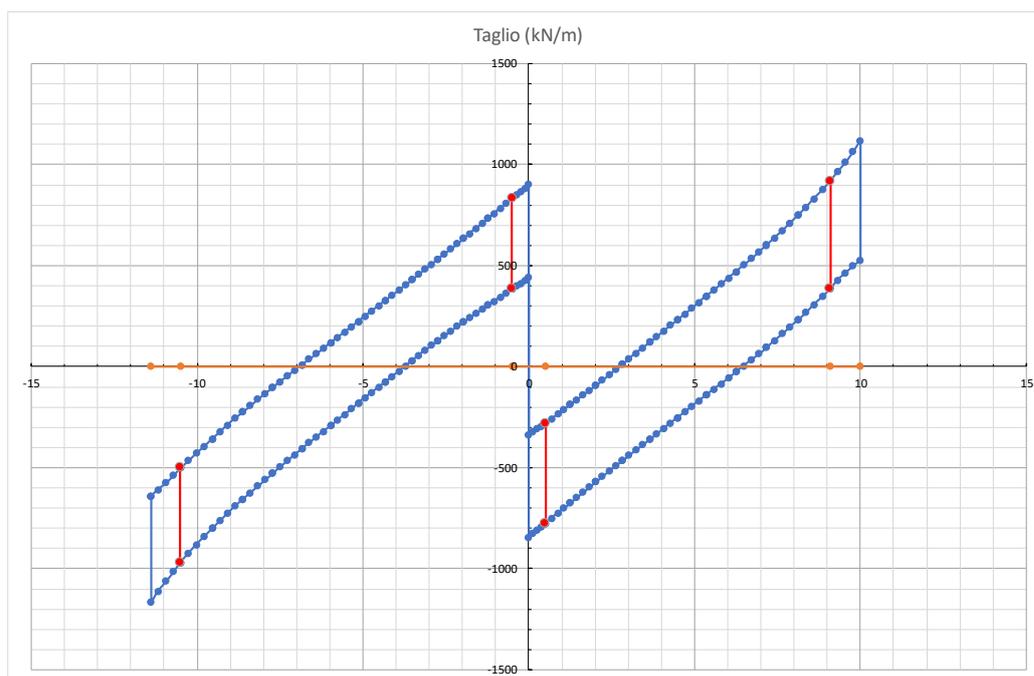
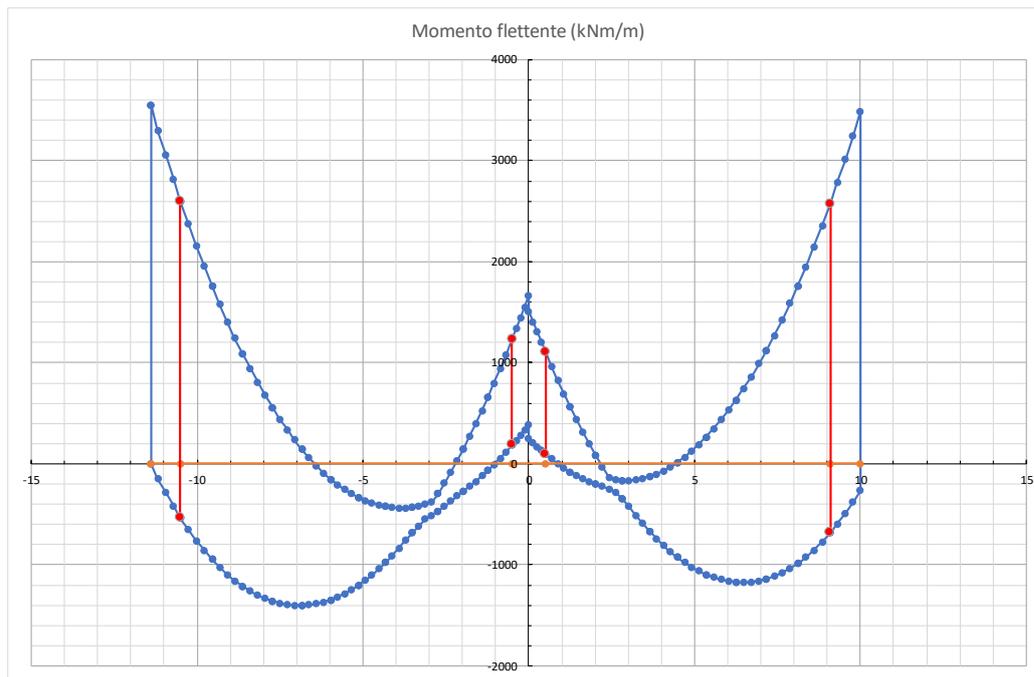
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	46 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 47 di 154

7.5.1.3 Involuppi per le combinazioni SISMA

- Soletta di copertura



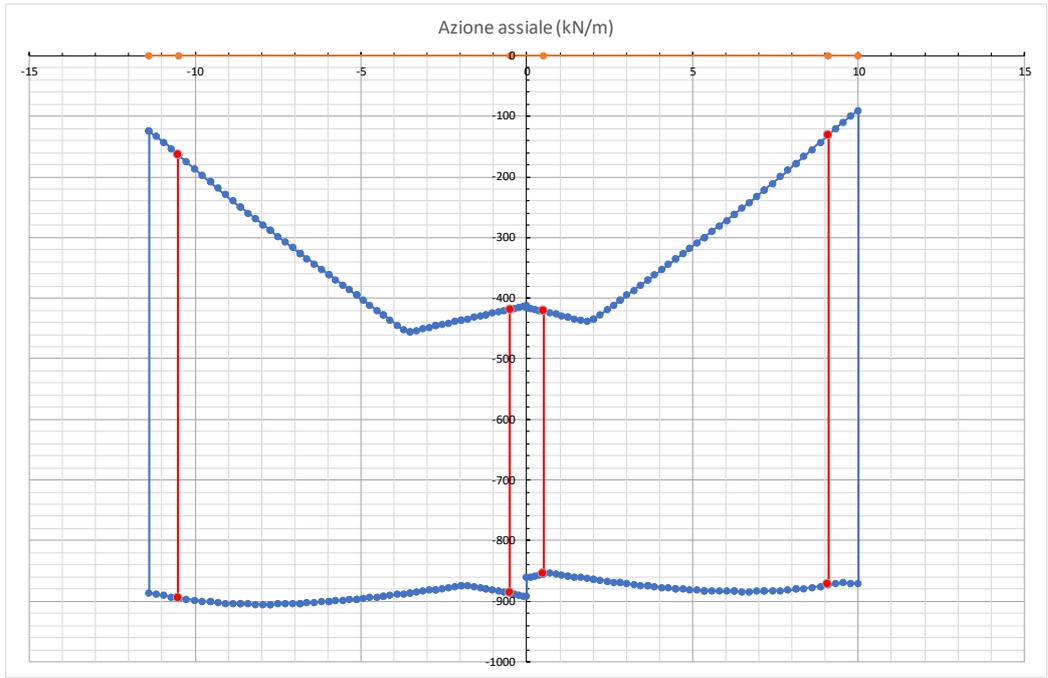
APPALTATORE:
Mandatario: Mandante:
SALINI IMPREGILO S.p.A. **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: Mandante:
SYSTRA S.A. **SYSTRA-SOTECNI S.p.A.** **ROCKSOIL S.p.A.**

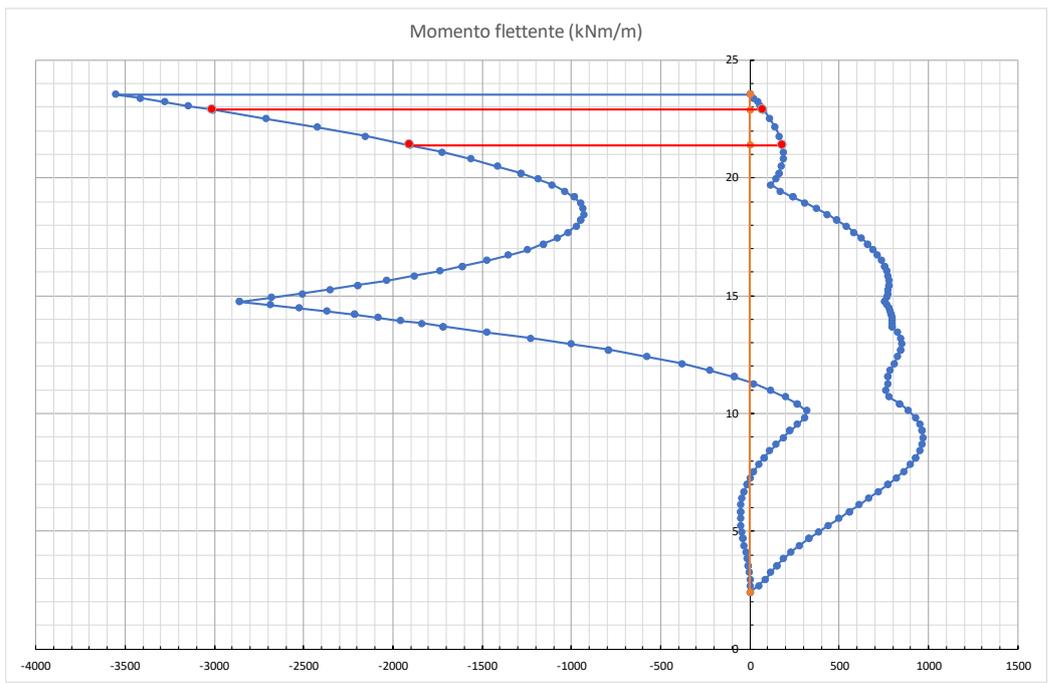
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
 IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
 CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	48 di 154



- Piedritto e diaframma esterno sinistro**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

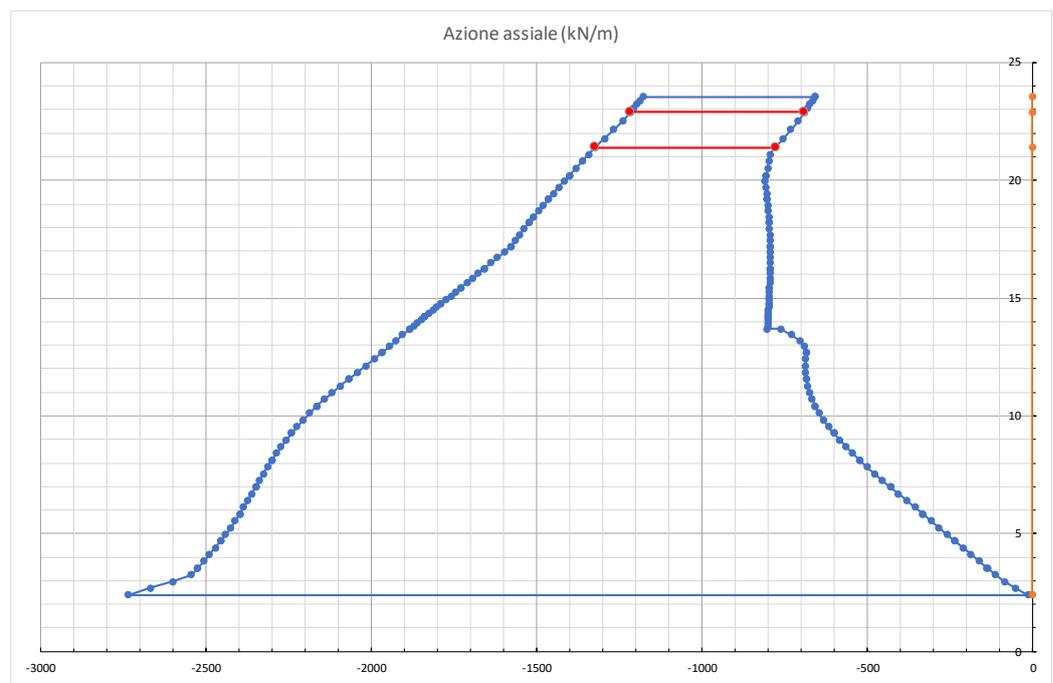
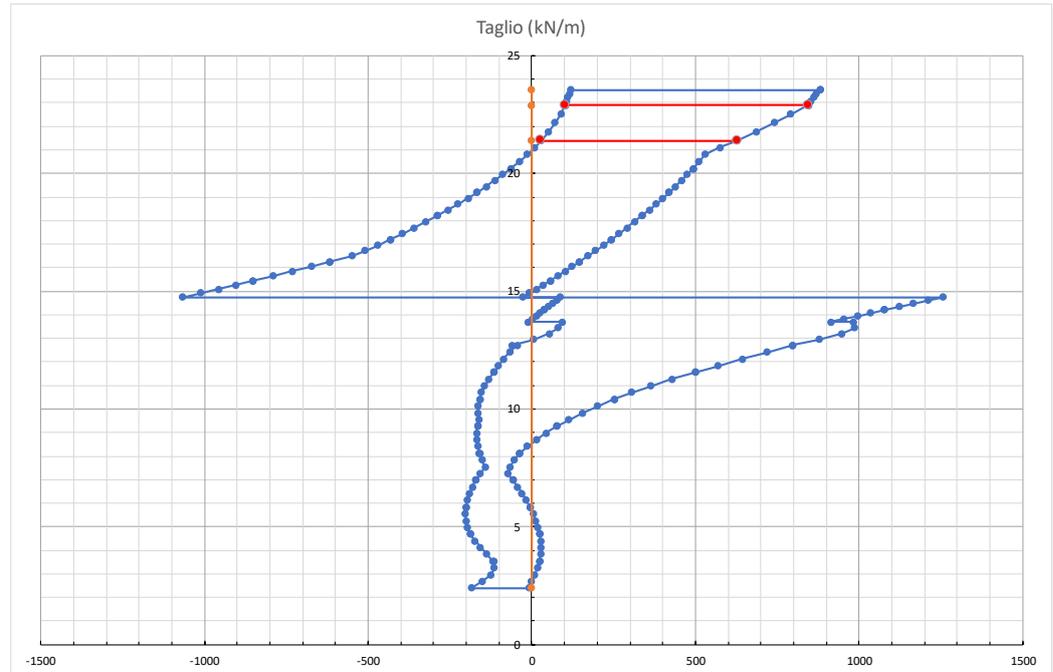
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

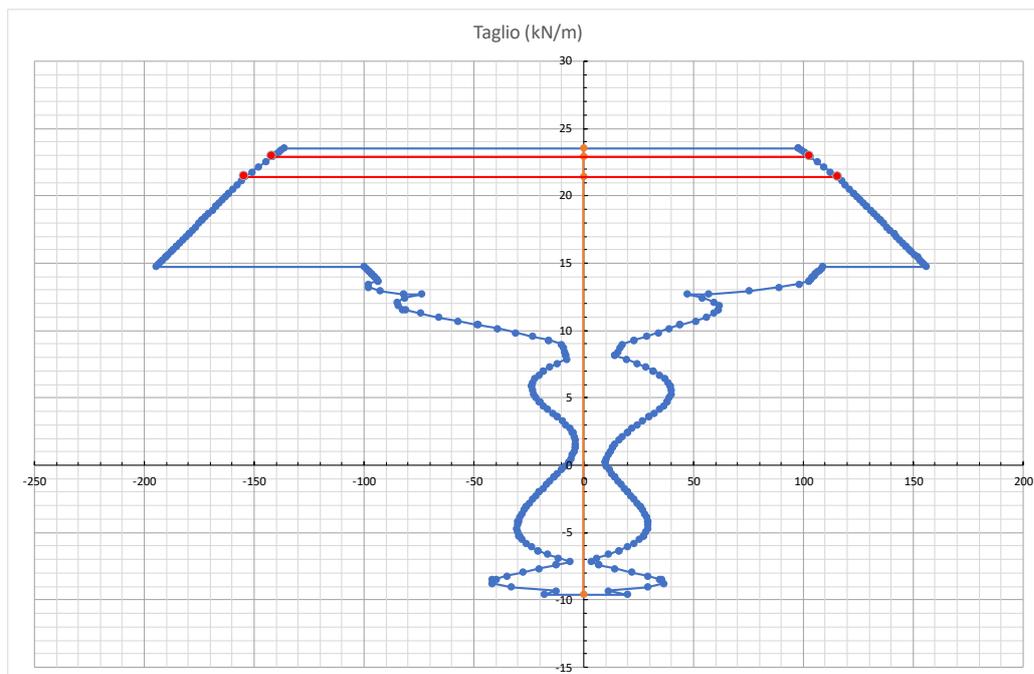
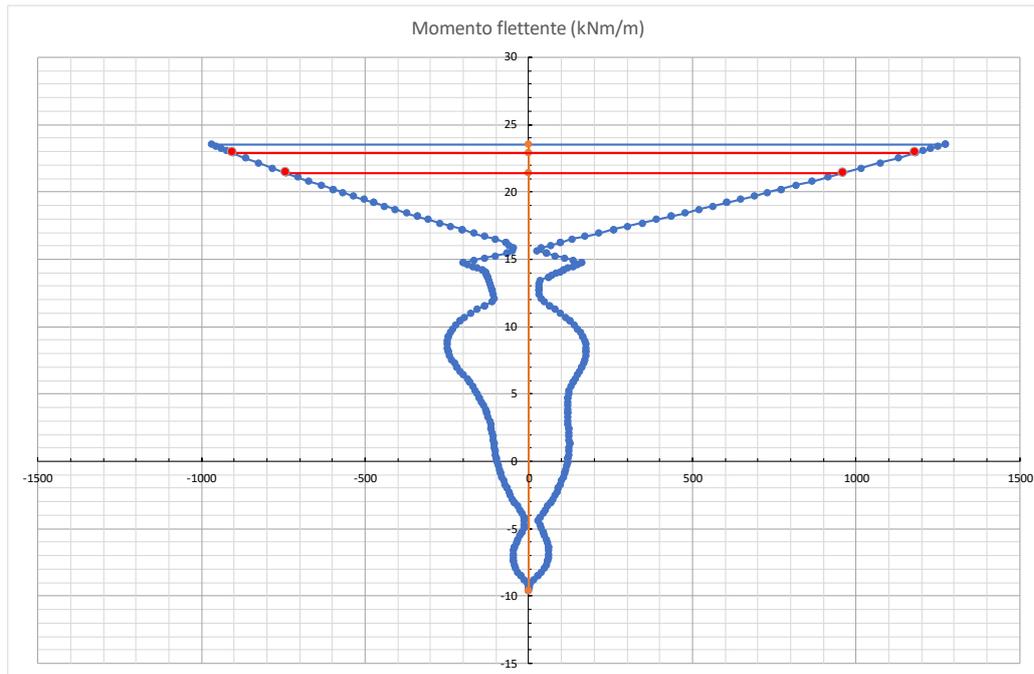
**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
 CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	49 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 50 di 154

- **Piedritto e diaframma centrale**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

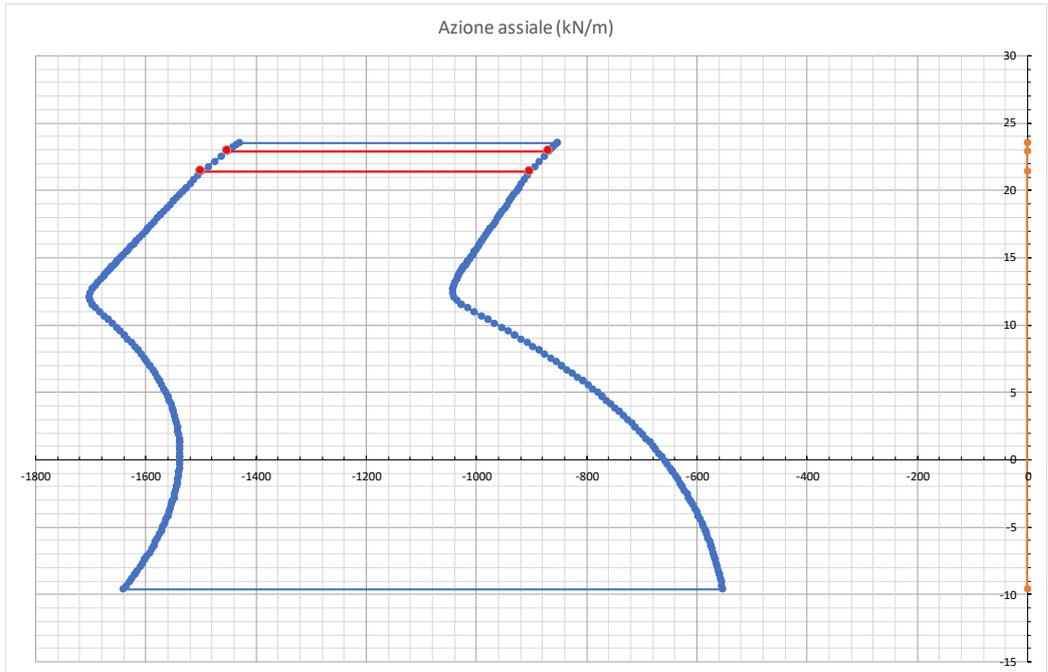
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

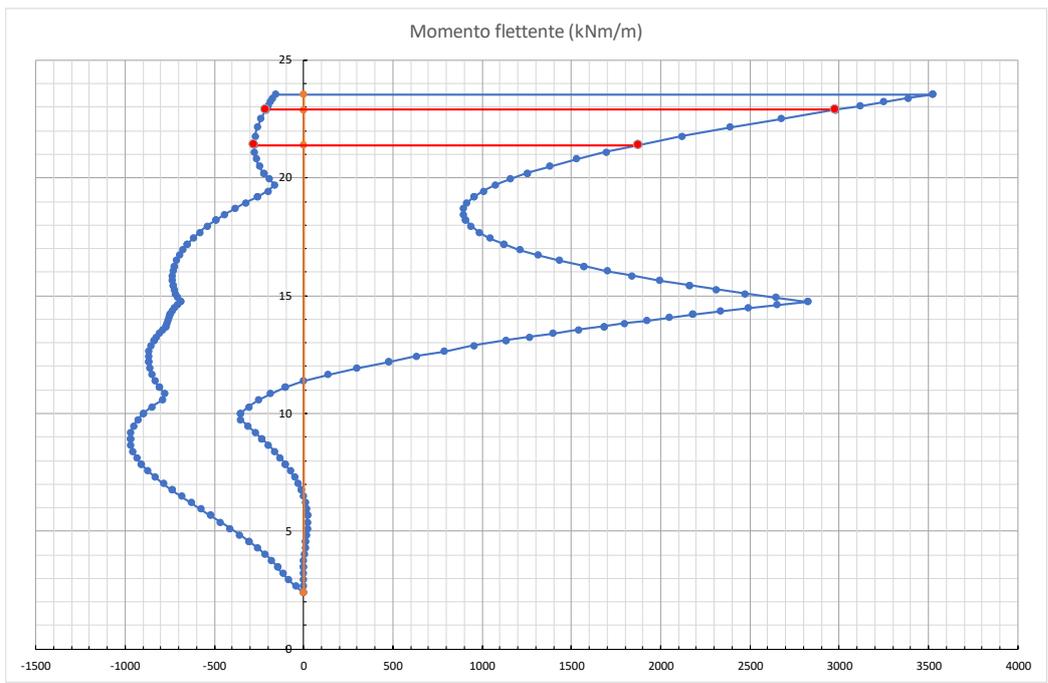
LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	51 di 154



- **Piedritto e diaframma esterno destro**



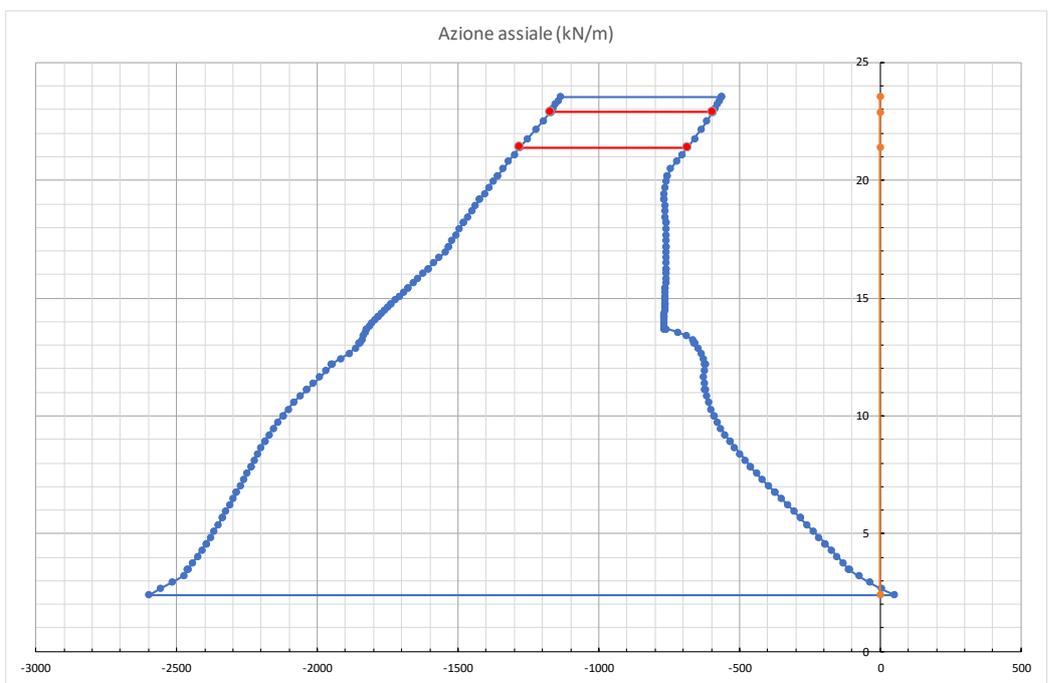
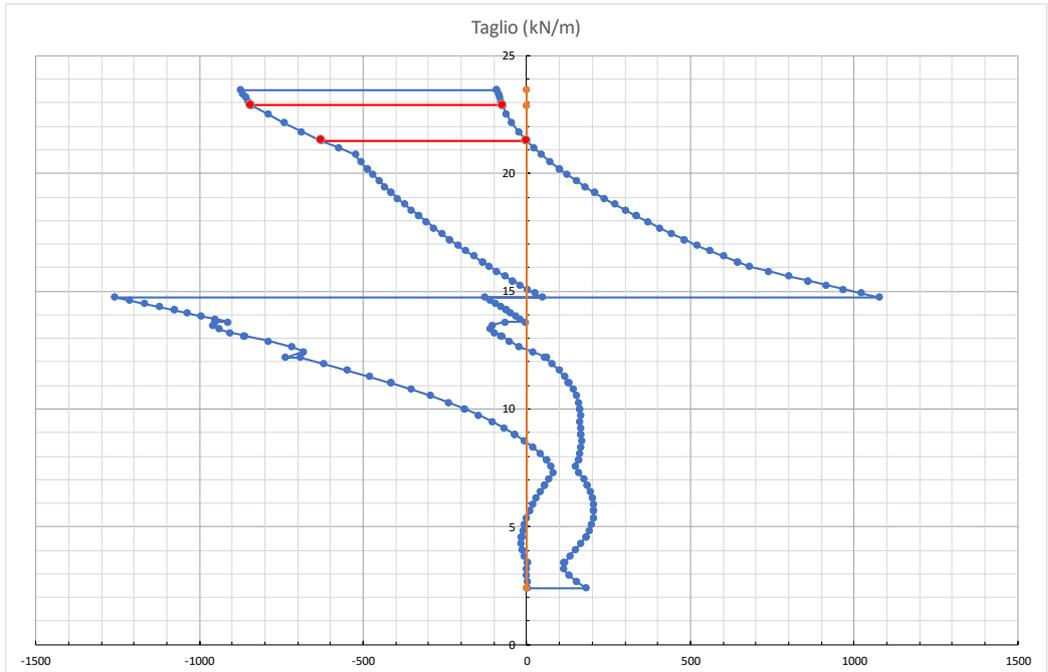
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

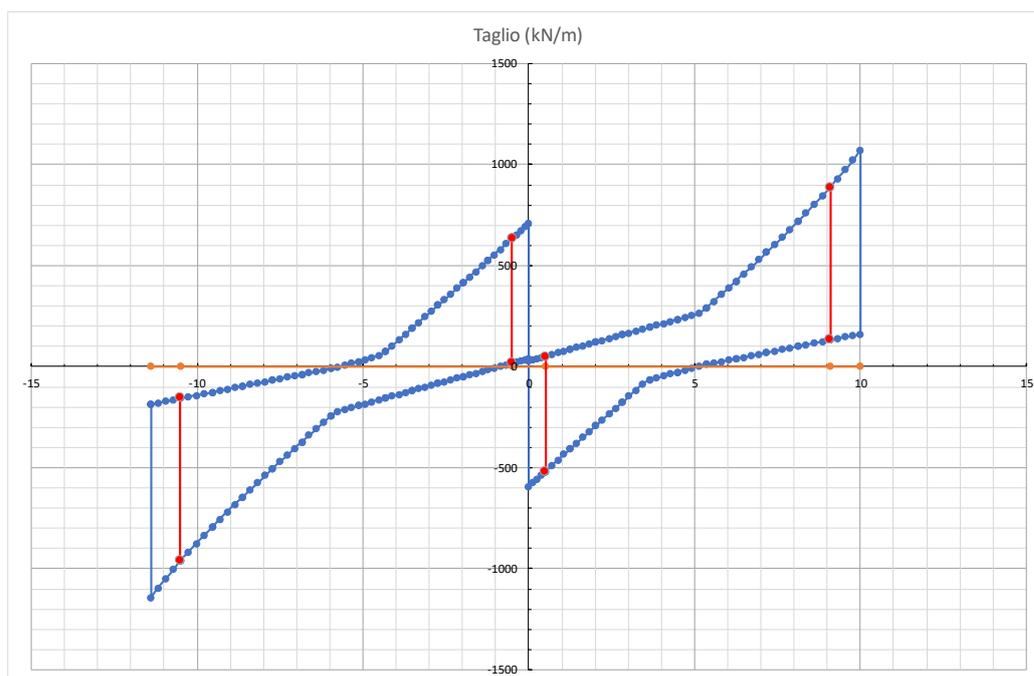
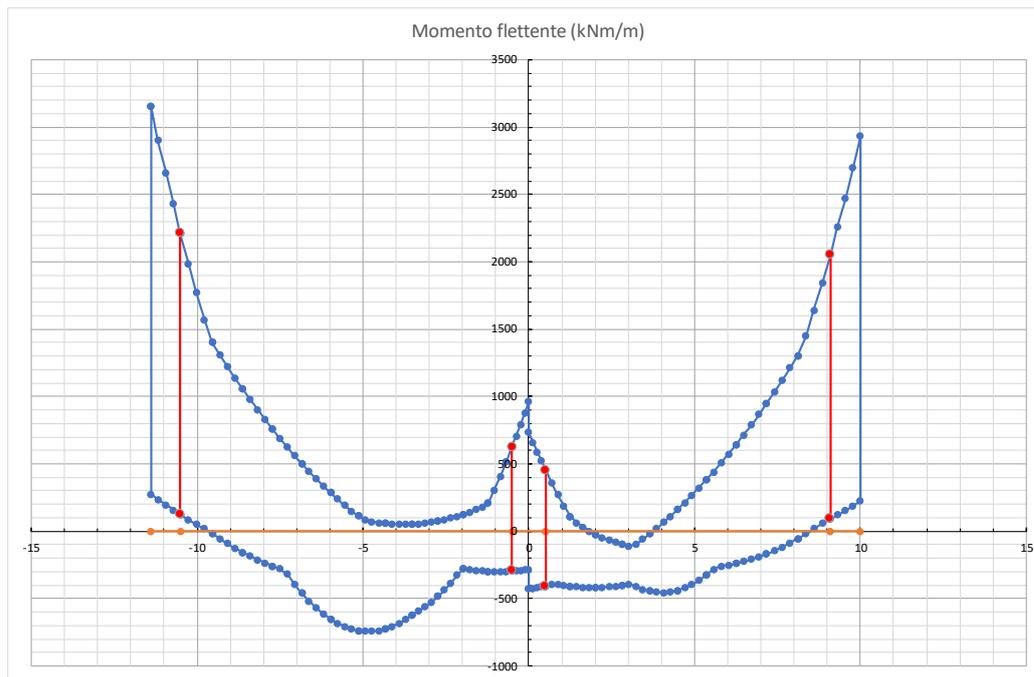
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	52 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 53 di 154
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H								

7.5.1.4 Involuppi per le combinazioni A2M2

- Soletta di copertura



APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

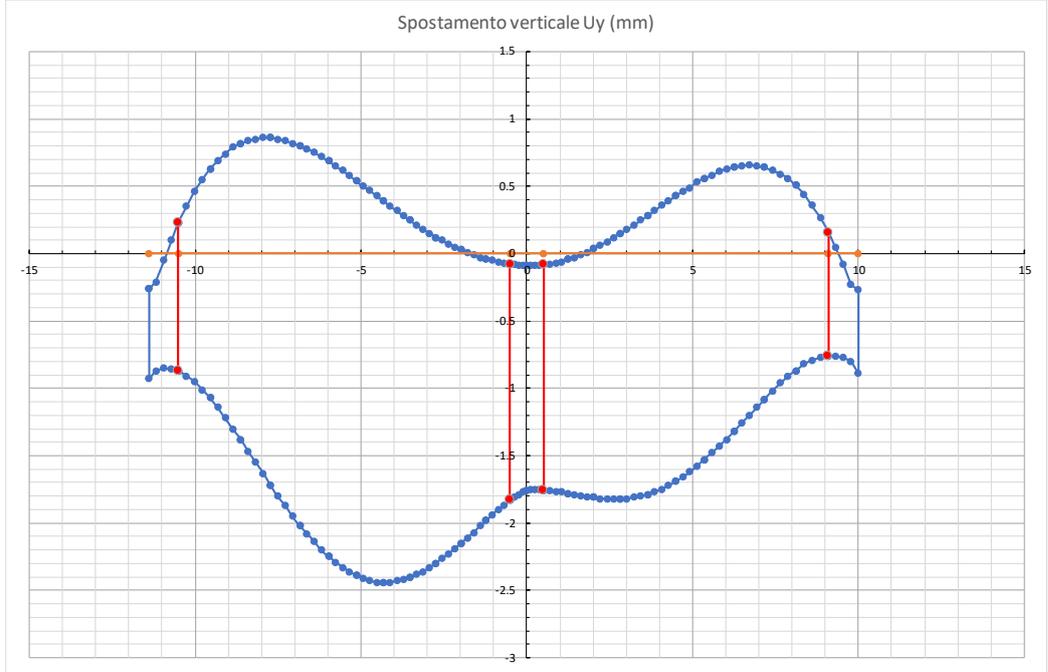
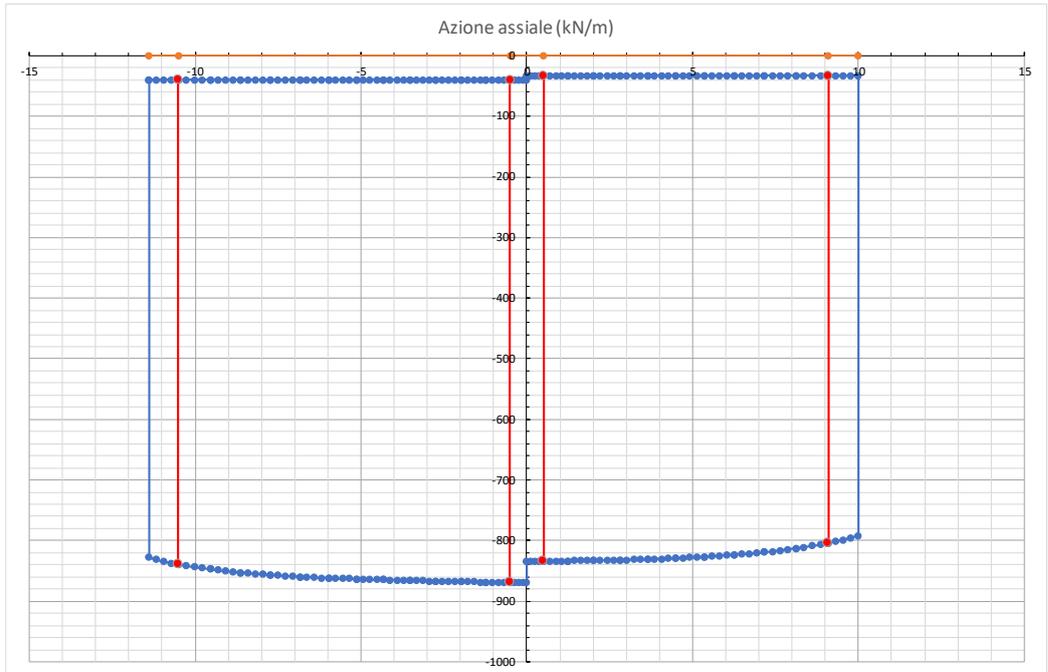
PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

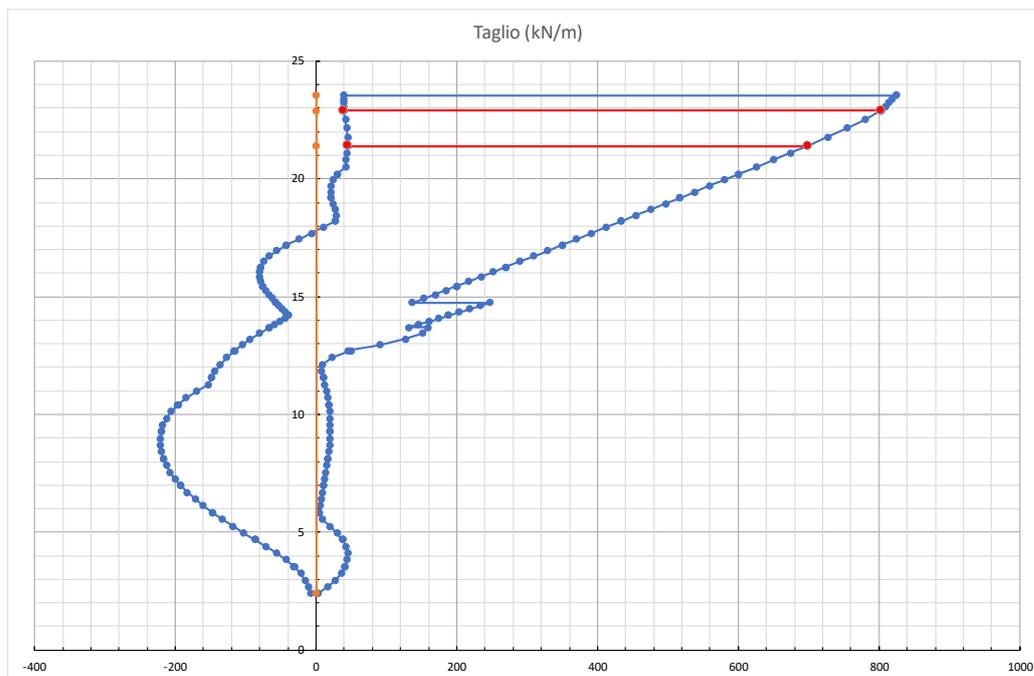
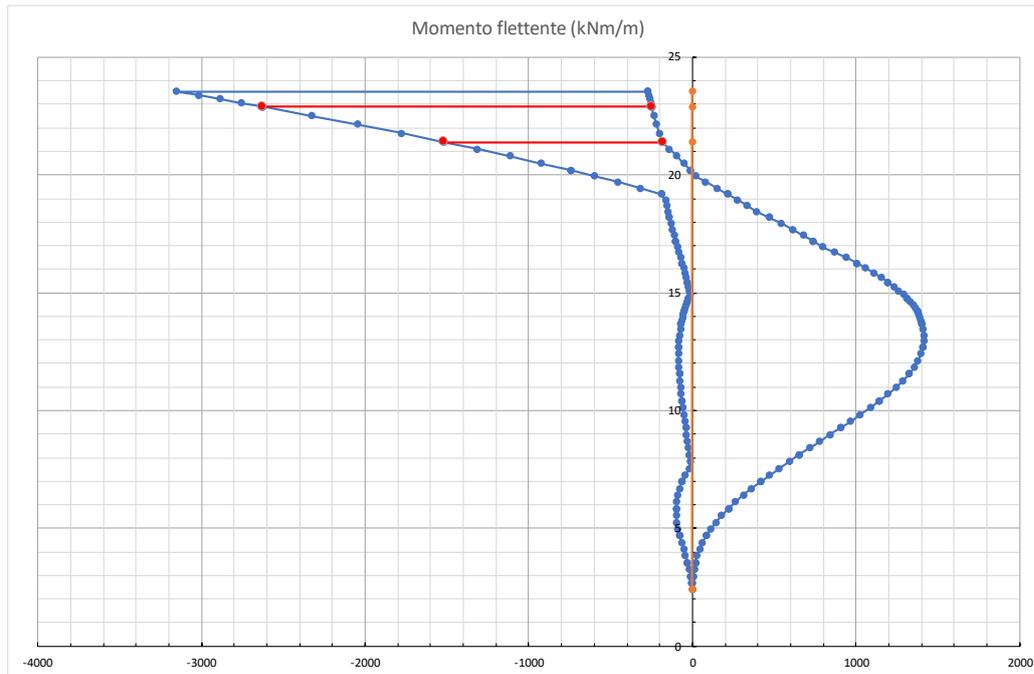
**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
 CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	54 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 55 di 154

- **Piedritto e diaframma esterno sinistro**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

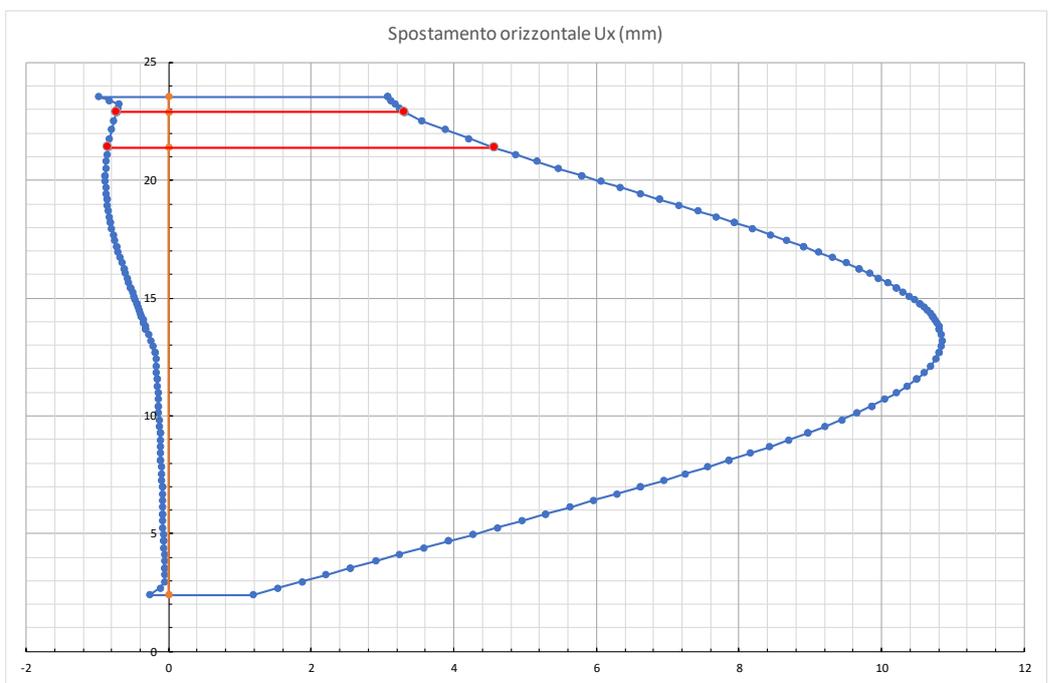
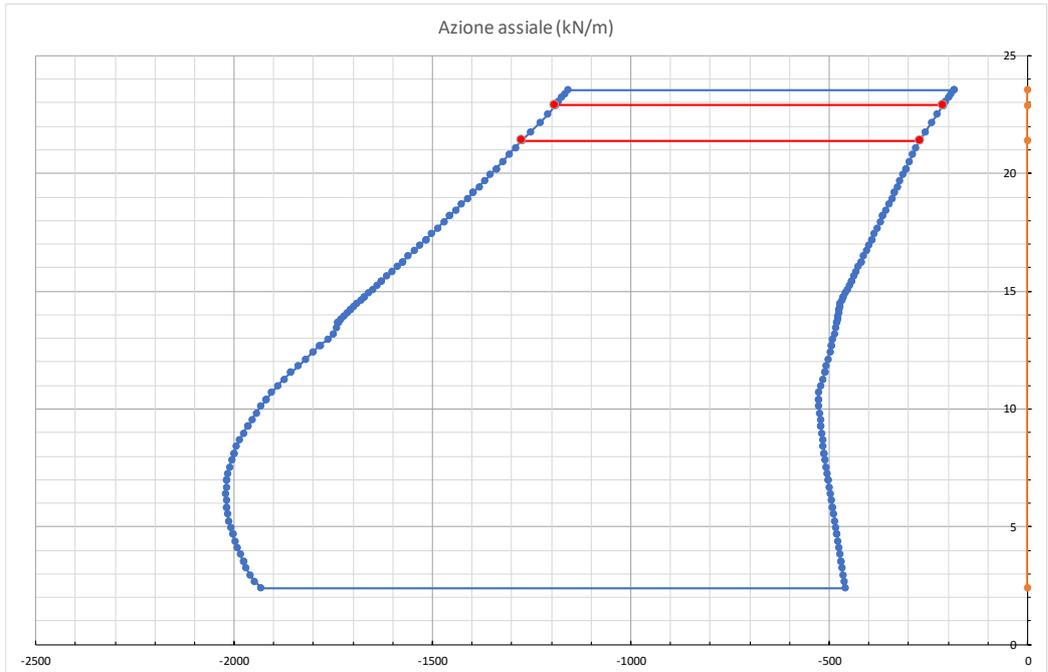
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

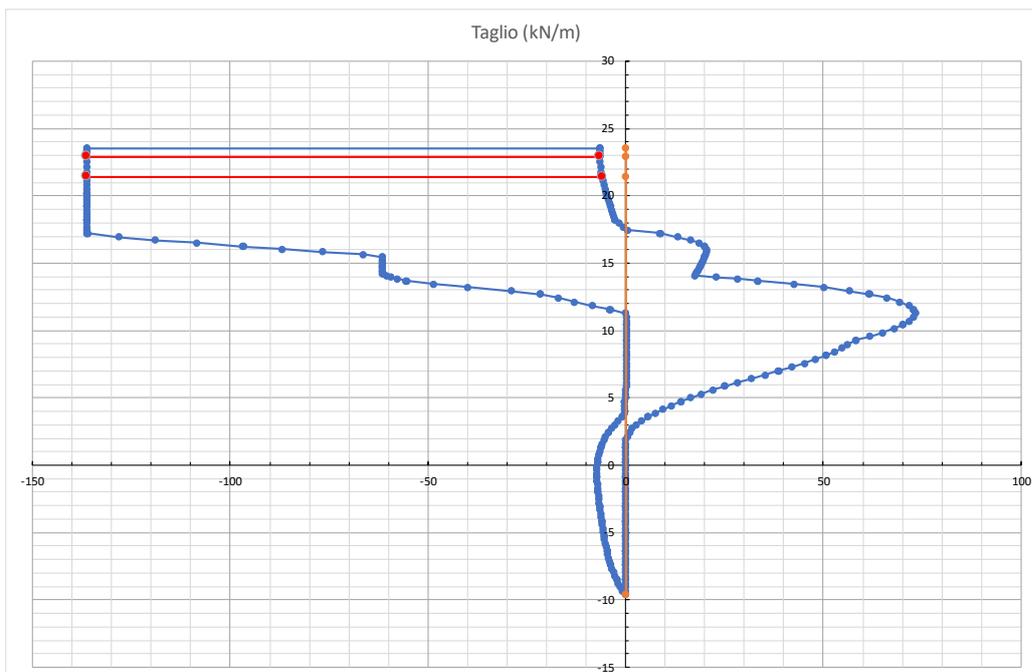
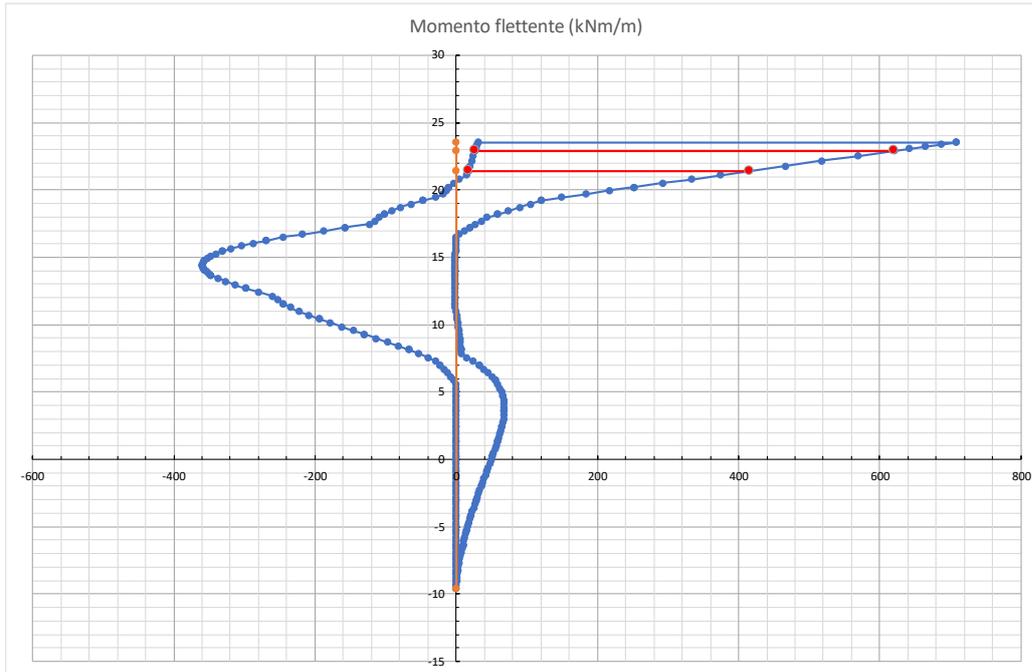
**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
 CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	56 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 57 di 154

- **Piedritto e diaframma centrale**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

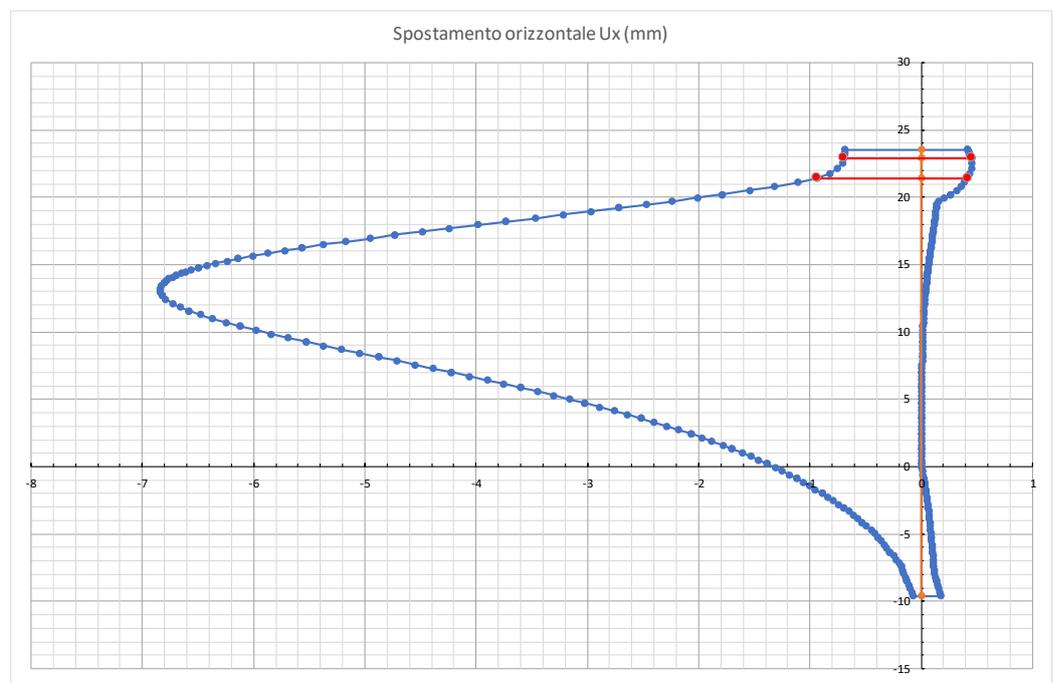
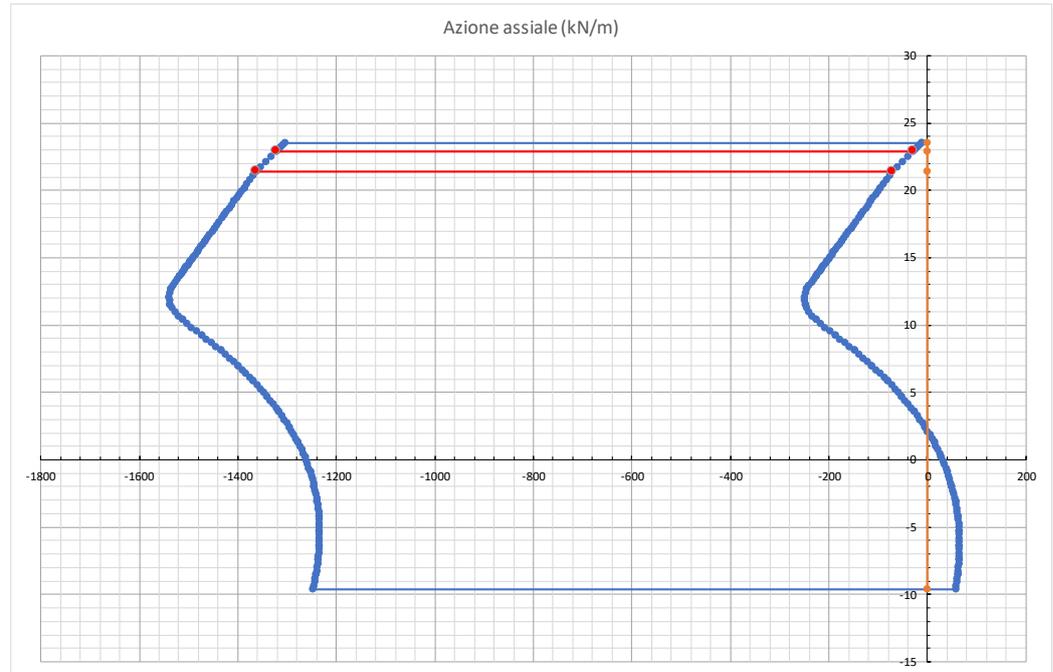
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

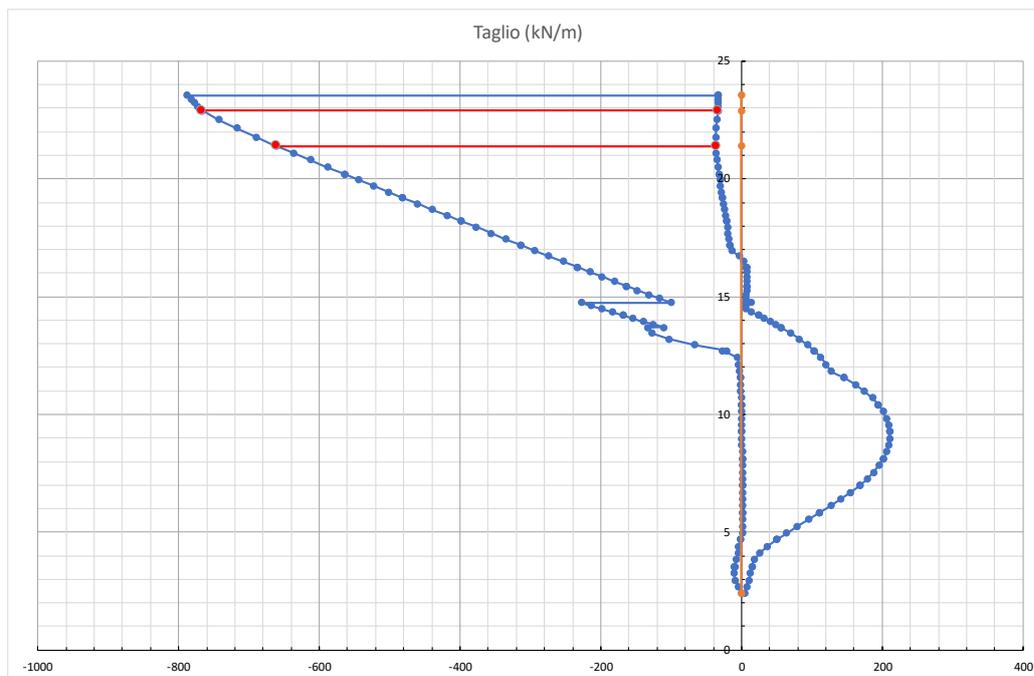
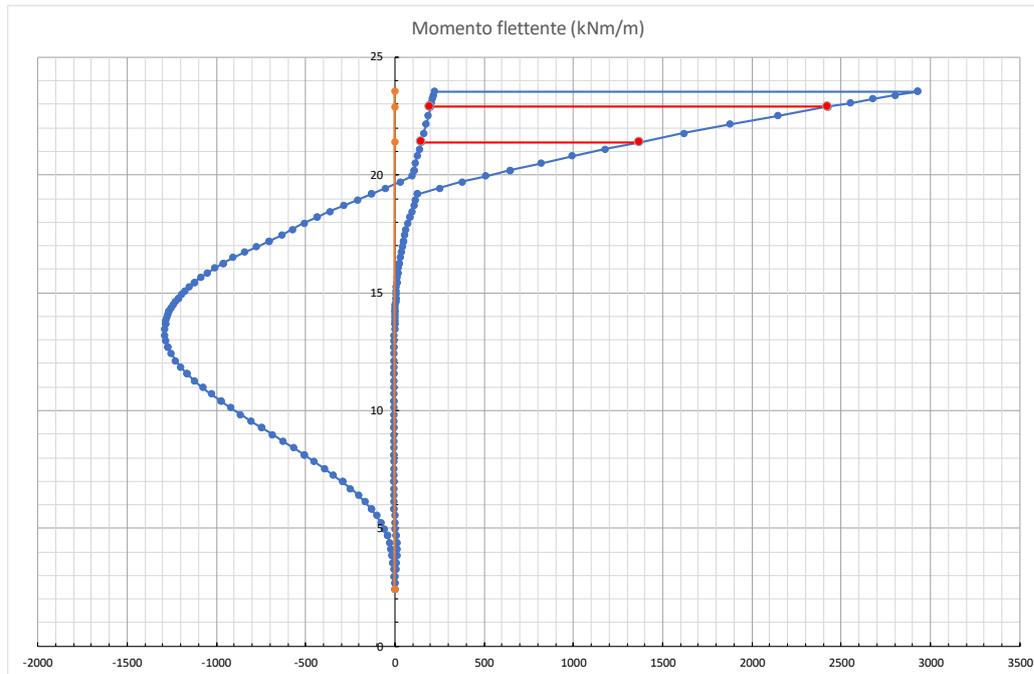
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	58 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO			
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 59 di 154

- **Piedritto e diaframma esterno destro**



APPALTATORE:
Mandatario:
SALINI IMPREGILO S.p.A.

Mandante:
ASTALDI S.p.A.

PROGETTISTA:
Mandatario:
SYSTRA S.A.

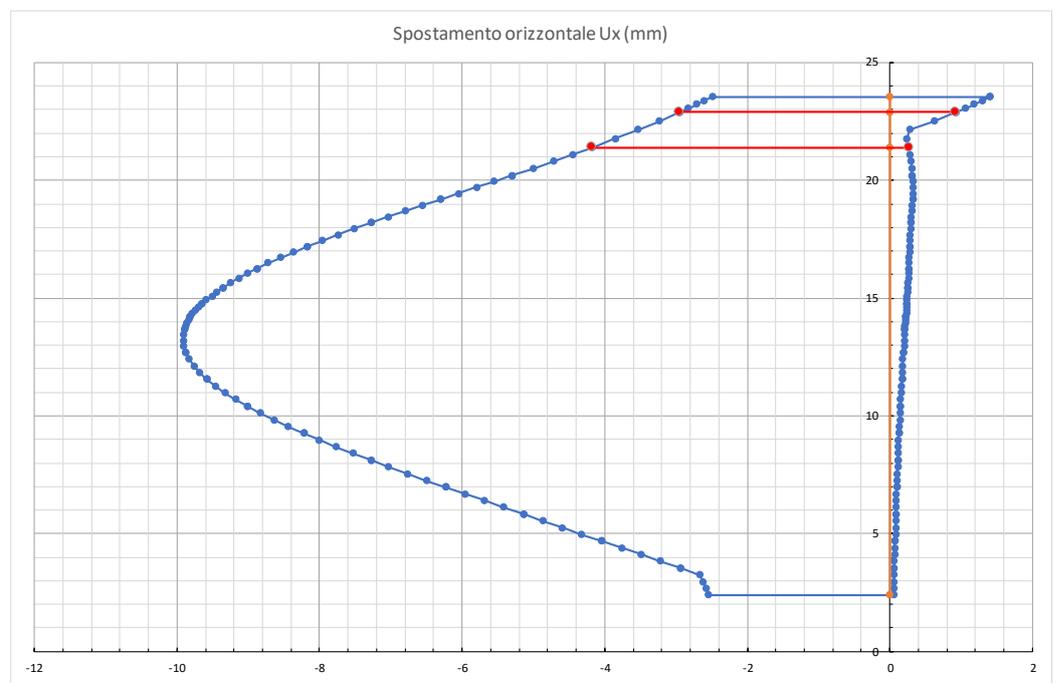
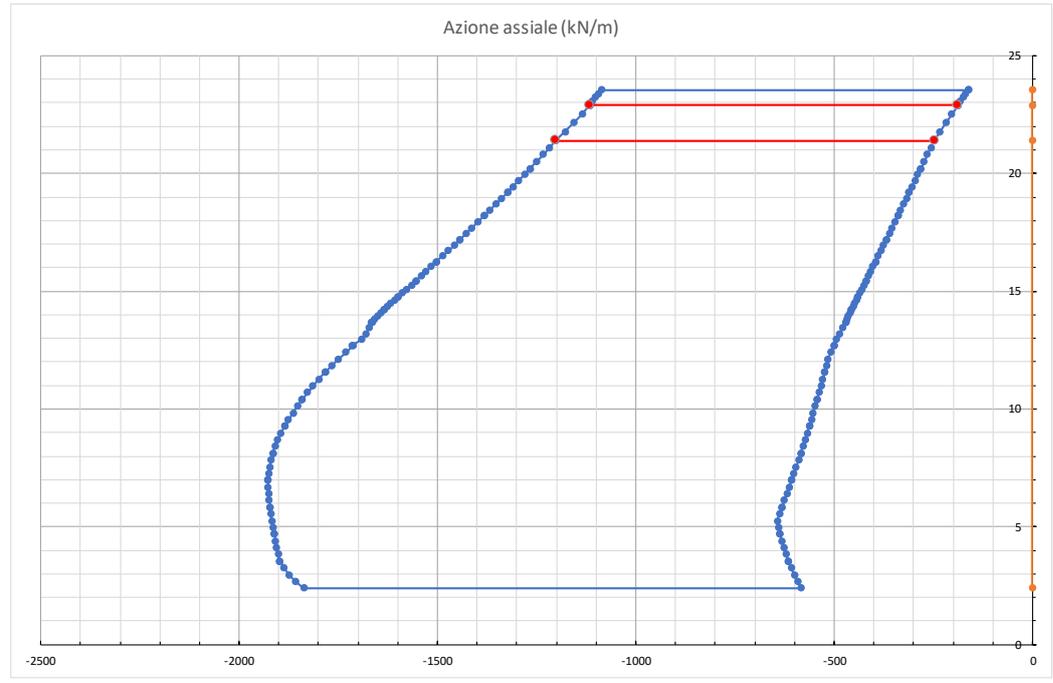
Mandante:
SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo - Sezione tipo H

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	60 di 154



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	61 di 154

7.5.2 Verifiche

Si riportano di seguito le verifiche allo SLU e allo SLE per i diversi elementi strutturali. A tale scopo si identificano le seguenti sezioni strutturali.

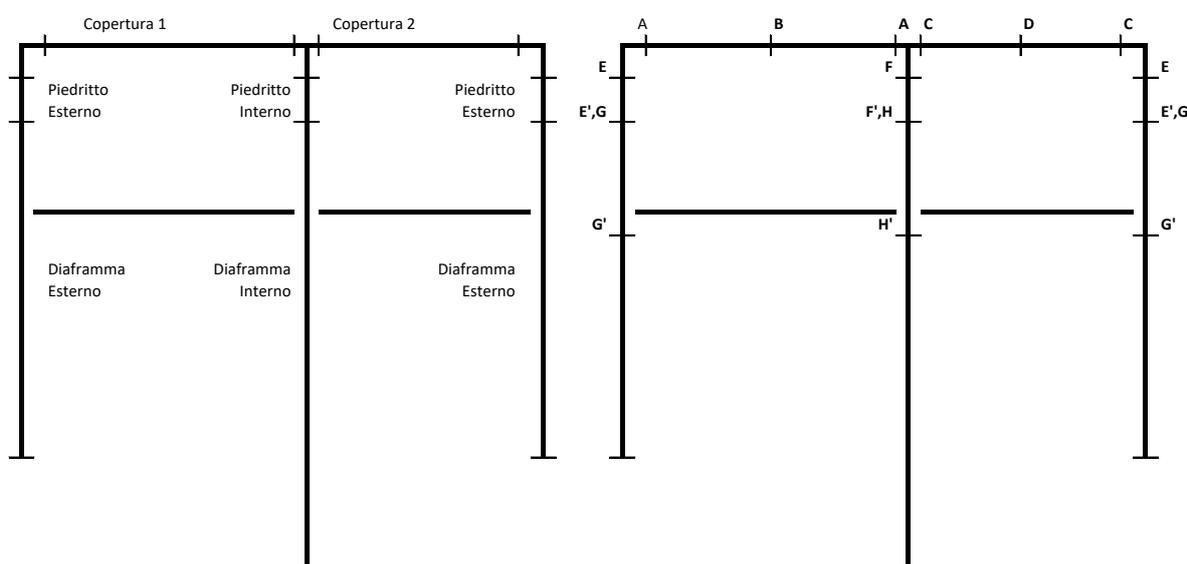


Figura 5 – Sezioni di verifica

Elemento strutturale	Sezione	B [m] x H [m]
Copertura 1	A	1.00 x 1.30
Copertura 1	B	1.00 x 1.30
Copertura 2	C	1.00 x 1.30
Copertura 2	D	1.00 x 1.30
Piedritto esterno	E, E'	1.00 x 1.65
Piedritto interno	F, F'	1,00 x 1.10
Diaframma esterno	G, G'	1.00 x 1.20
Diaframma interno	H, H'	1.00 x 0.80

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. ASTALDI S.p.A.	<p align="center">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p align="center">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>62 di 154</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	62 di 154
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	62 di 154								

Le verifiche di resistenza delle strutture sono state eseguite attraverso il metodo semiprobabilistico degli stati limite, sulla base delle sollecitazioni massime emerse dai risultati dei calcoli.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	63 di 154				

7.5.3 Verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Si riportano nel seguito le verifiche allo SLU per presso-flessione, per le sezioni in esame.

- **Statica**

Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	M _{Rd} [kNm]
SEZ. A	1	-855.1	2064.6	SLU-1 Phase_22	1000	1199	20f24 5f24	4262.6
SEZ. B	2	-591.7	-1184.8	SLU-1 Phase_18	1000	1205.5	5f24 17f24	-3660.0
SEZ. C	3	-823.3	1919.1	SLU-1 Phase_22	1000	1199	20f24 5f24	4250.0
SEZ. D	4	-567.5	-719.5	SLU-1 Phase_18	1000	1205.5	5f24 17f24	-3649.0
SEZ. E'-sx	5	0.0	0.0	SLU-1 Phase_2	1000	1586	10f24 20f24	2722.2
SEZ. E-sx	6	-1476.2	-2685.0	SLU-1 Phase_22	1000	1549	10f24 20f24	-6139.2
SEZ. E-dx	7	-1359.5	-2456.5	SLU-1 Phase_22	1000	1549	10f24 20f24	-6070.2
SEZ. E'-dx	8	0.0	0.0	SLU-1 Phase_2	1000	1586	10f24 20f24	2722.2
SEZ. F	9	-498.5	529.8	SLU-1 Phase_6	1000	1036	5f24 5f24	1130.3
SEZ. F'	10	0.0	0.0	SLU-1 Phase_2	1000	1036	5f24 5f24	888.0
SEZ. G'-sx	11	-863.1	1048.7	SLU-1 Phase_13	1000	1115	10f26 10f26	2628.6
SEZ. G-sx	12	-1591.9	-1572.3	SLU-1 Phase_19	1000	1115	10f26 10f26	-2990.9
SEZ. G-dx	13	-1475.8	-1393.3	SLU-1 Phase_19	1000	1115	10f26 10f26	-2933.9
SEZ. G'-dx	14	-1986.3	1203.3	SLU-1 Phase_22	1000	1115	10f26 10f26	3181.9
SEZ. H	15	-554.2	351.4	SLU-1 Phase_6	1000	715	5f26 5f26	878.5
SEZ. H'	16	-687.2	-306.0	SLU-1 Phase_6	1000	715	5f26 5f26	-920.0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 64 di 154			

• **Sismica**

Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	M _{Rd} [kNm]
SEZ. A	1	-833.3	2596.5	EQK Phase_26	1000	1199	20f24 5f24	4254.0
SEZ. B	2	-325.7	-1400.8	EQK Phase_32	1000	1205.5	5f24 17f24	-3537.3
SEZ. C	3	-826.2	2575.9	EQK Phase_24	1000	1199	20f24 5f24	4251.2
SEZ. D	4	-251.9	-1173.6	EQK Phase_34	1000	1205.5	5f24 17f24	-3500.8
SEZ. E'-sx	5	-810.3	179.6	EQK Phase_32	1000	1586	10f24 20f24	3338.4
SEZ. E-sx	6	-1215.4	-3011.1	EQK Phase_26	1000	1549	10f24 20f24	-5983.2
SEZ. E-dx	7	-1166.4	-2951.6	EQK Phase_24	1000	1549	10f24 20f24	-5953.5
SEZ. E'-dx	8	-683.7	367.6	EQK Phase_34	1000	1586	10f24 20f24	3242.2
SEZ. F	9	-1250.1	1161.3	EQK Phase_24	1000	1036	5f24 5f24	1486.5
SEZ. F'	10	-1385.8	-905.6	EQK Phase_34	1000	1036	5f24 5f24	-1549.0
SEZ. G'-sx	11	-874.5	850.6	EQK Phase_27	1000	1115	10f26 10f26	2634.3
SEZ. G-sx	12	-1661.7	-2858.4	EQK Phase_34	1000	1115	10f26 10f26	-3024.9
SEZ. G-dx	13	-1599.9	-2777.2	EQK Phase_32	1000	1115	10f26 10f26	-2994.8
SEZ. G'-dx	14	-816.9	767.0	EQK Phase_29	1000	1115	10f26 10f26	2605.2
SEZ. H	15	-1293.3	944.2	EQK Phase_24	1000	715	5f26 5f26	1104.6
SEZ. H'	16	-1428.9	-741.7	EQK Phase_34	1000	715	5f26 5f26	-1144.5

Dove:

- Sezione = sezione di verifica;
- Nodo = nodo soggetto alla sollecitazione indicata;
- N_{Ed} = azione assiale associata ad M_{Ed} nella sezione e nella combinazione di carico indicata;
- M_{Ed} = momento flettente agente nella sezione e nella combinazione di carico indicata;
- Combo = combinazione di carico considerata;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 65 di 154
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H								

- b_w = Larghezza media resistente a taglio [mm] misurata parallelamente all'asse neutro. È data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e l'altezza utile media pesata "d".
- d = Altezza utile media pesata [mm] valutata lungo strisce ortogonali all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce;
- A_s = armatura lato interno per le pareti verticali (per la copertura lato superiore);
- A'_s = armatura lato terra per le pareti verticali (per la copertura lato inferiore);
- M_{Rd} = momento flettente resistente della sezione.

Il copriferro netto considerato nel calcolo è pari a 6 cm per i diaframmi e 4 cm per la copertura e i piedritti.

Per tutti i casi analizzati risulta $M_{Rd} > M_{Sd}$, e la verifica agli Stati Limite Ultimi è ovviamente soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	66 di 154				

Si riportano nel seguito le verifiche allo SLU per taglio, per le sezioni in esame.

Con riferimento al § 4.1.2.1.3.1 del D.M. 14/01/2008, si controlla dapprima il taglio resistente di sezioni in calcestruzzo non armato.

- **Statica**

Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]
SEZ. A	1	-855.1	-1164.0	SLU-1 Phase_22	1000	1199	-657.0
SEZ. B	2	-875.5	-1164.0	SLU-1 Phase_22	1000	1205.5	-633.5
SEZ. C	3	-823.3	1048.5	SLU-1 Phase_22	1000	1199	652.6
SEZ. D	4	-847.1	1048.5	SLU-1 Phase_22	1000	1205.5	629.6
SEZ. E'-sx	5	0.0	817.0	SLU-1 Phase_22	1000	1586	495.7
SEZ. E-sx	6	-1476.2	817.0	SLU-1 Phase_22	1000	1549	824.6
SEZ. E-dx	7	-1359.5	-784.1	SLU-1 Phase_22	1000	1549	-808.2
SEZ. E'-dx	8	0.0	-784.1	SLU-1 Phase_22	1000	1586	-495.7
SEZ. F	9	-498.5	-118.9	SLU-1 Phase_6	1000	1036	-385.1
SEZ. F'	10	0.0	-118.9	SLU-1 Phase_6	1000	1036	-314.6
SEZ. G'-sx	11	-2111.6	700.5	SLU-1 Phase_22	1000	1115	728.6
SEZ. G-sx	12	-1581.7	700.5	SLU-1 Phase_22	1000	1115	654.8
SEZ. G-dx	13	-1466.0	-666.0	SLU-1 Phase_22	1000	1115	-638.6
SEZ. G'-dx	14	-1986.3	-666.0	SLU-1 Phase_22	1000	1115	-711.2
SEZ. H	15	-554.2	-119.1	SLU-1 Phase_6	1000	715	349.6
SEZ. H'	16	-687.2	-119.1	SLU-1 Phase_6	1000	715	367.4

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 67 di 154

• **Sismica**

Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]
SEZ. A	1	-833.3	-969.0	EQK Phase_26	1000	1199	-654.0
SEZ. B	2	-638.6	-969.0	EQK Phase_26	1000	1205.5	-600.6
SEZ. C	3	-826.2	921.1	EQK Phase_24	1000	1199	653.0
SEZ. D	4	-650.8	921.1	EQK Phase_24	1000	1205.5	602.3
SEZ. E'-sx	5	0.0	844.8	EQK Phase_25	1000	1586	495.7
SEZ. E-sx	6	-1078.9	844.8	EQK Phase_25	1000	1549	768.7
SEZ. E-dx	7	-1031.1	-835.6	EQK Phase_23	1000	1549	-762.0
SEZ. E'-dx	8	0.0	-835.6	EQK Phase_23	1000	1586	-495.7
SEZ. F	9	-1312.6	-154.3	EQK Phase_32	1000	1036	-500.1
SEZ. F'	10	0.0	-154.3	EQK Phase_32	1000	1036	-314.6
SEZ. G'-sx	11	-1590.8	1254.9	EQK Phase_34	1000	1115	656.0
SEZ. G-sx	12	-1661.7	1254.9	EQK Phase_34	1000	1115	665.9
SEZ. G-dx	13	-1599.9	-1232.6	EQK Phase_32	1000	1115	-657.3
SEZ. G'-dx	14	-1514.9	-1232.6	EQK Phase_32	1000	1115	-645.5
SEZ. H	15	-1355.7	-194.7	EQK Phase_32	1000	715	457.1
SEZ. H'	16	-1494.8	-194.7	EQK Phase_32	1000	715	475.7

Dove:

- b_w = Larghezza media resistente a taglio [mm] misurata parallelamente all'asse neutro. È data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e l'altezza utile media pesata "d";
- d = Altezza utile media pesata [mm] valutata lungo strisce ortogonali all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 68 di 154
TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						

In presenza di specifica armatura trasversale (§ 4.1.2.1.3.2 del D.M. 14/01/2008), la resistenza a taglio di progetto V_{Rd} è pari al minimo valore tra la resistenza a “taglio trazione” V_{Rsd} dell’armatura e la resistenza a “taglio compressione” V_{Rcd} del calcestruzzo d’anima, valutate secondo le formulazioni seguenti:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

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

Adottando:

- $\text{ctg} \theta = 2.5$ ($1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$)
- $\text{ctg} \alpha = 0$ e $\sin \alpha = 1$
- $\alpha_c = 1$
- $f_{yd} = 450/1.15 = 391.30$ MPa
- $A_{sw}/s = 1 \phi 12$ passo 40 x 20 cm al metro (copertura 1 e 2)
- $A_{sw}/s = 1 \phi 10$ passo 40 x 20 cm al metro (piedritto esterno)
- $A_{sw}/s = 1 \phi 10$ passo 40 x 40 cm al metro (piedritto interno)
- $A_{sw}/s = \phi 16$ passo 20 cm a 4 bracci su un pannello da 2.50 m (diaframma est.)
- $A_{sw}/s = \phi 12$ passo 20 cm a 4 bracci su un pannello da 2.50 m (diaframma int.)

Si ottiene:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 69 di 154

- **Statica**

Sezione	Nodo	V _{Ed} [kN]	Combo	A _{sw} /s [mm ² /m]	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]
SEZ. A	1	-1164.0	SLU-1 Phase_22	1413.7	1000	1199	-1492.4
SEZ. B	2	-1164.0	SLU-1 Phase_22	1413.7	1000	1205.5	-1500.5
SEZ. C	3	1048.5	SLU-1 Phase_22	1413.7	1000	1199	1492.4
SEZ. D	4	1048.5	SLU-1 Phase_22	1413.7	1000	1205.5	1500.5
SEZ. E'-sx	5	817.0	SLU-1 Phase_22	981.7	1000	1586	1370.9
SEZ. E-sx	6	817.0	SLU-1 Phase_22	981.7	1000	1549	1370.9
SEZ. E-dx	7	-784.1	SLU-1 Phase_22	981.7	1000	1549	-1370.9
SEZ. E'-dx	8	-784.1	SLU-1 Phase_22	981.7	1000	1586	-1370.9
SEZ. G-sx	12	700.5	SLU-1 Phase_22	1608.5	1000	1115	1579.0
SEZ. G-dx	13	-666.0	SLU-1 Phase_22	1608.5	1000	1115	-1579.0
SEZ. H	15	-119.1	SLU-1 Phase_6	904.8	1000	715	-569.6
SEZ. H'	16	-119.1	SLU-1 Phase_6	904.8	1000	715	-569.6

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>70 di 154</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	70 di 154								

• **Sismica**

Sezione	Nodo	V_{Ed} [kN]	Combo	A_{sw}/s [mm ² /m]	b_w [mm]	d [mm]	V_{Rd} [kN]
SEZ. A	1	-969.0	EQK Phase_26	1413.7	1000	1199	-1492.4
SEZ. B	2	-969.0	EQK Phase_26	1413.7	1000	1205.5	-1500.5
SEZ. C	3	921.1	EQK Phase_24	1413.7	1000	1199	1492.4
SEZ. D	4	921.1	EQK Phase_24	1413.7	1000	1205.5	1500.5
SEZ. E'-sx	5	844.8	EQK Phase_25	981.7	1000	1586	1370.9
SEZ. E-sx	6	844.8	EQK Phase_25	981.7	1000	1549	1370.9
SEZ. E-dx	7	-835.6	EQK Phase_23	981.7	1000	1549	-1370.9
SEZ. E'-dx	8	-835.6	EQK Phase_23	981.7	1000	1586	-1370.9
SEZ. G'-sx	11	1254.9	EQK Phase_34	1608.5	1000	1115	1579.0
SEZ. G-sx	12	1254.9	EQK Phase_34	1608.5	1000	1115	1579.0
SEZ. G-dx	13	-1232.6	EQK Phase_32	1608.5	1000	1115	-1579.0
SEZ. G'-dx	14	-1232.6	EQK Phase_32	1608.5	1000	1115	-1579.0
SEZ. H	15	-194.7	EQK Phase_32	904.8	1000	715	-569.6
SEZ. H'	16	-194.7	EQK Phase_32	904.8	1000	715	-569.6

Risulta $V_{Rd} > V_{Sd}$, e la verifica agli Stati Limite Ultimi è ovviamente soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	71 di 154			

7.5.4 Verifica agli Stati Limite Ultimi (SLE)

Le verifiche tensionali e a fessurazione sono condotte con riferimento alla combinazione di carico caratteristica (rara).

Si riportano nel seguito le verifiche allo SLE per presso-flessione, per le sezioni in esame.

Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	σ _c [MPa]	σ _s [MPa]
SEZ. A	-	-619.9	1499.8	SLE-R-1 Phase_22	1000	1199	20f24 5f24	-6.2	126.9
SEZ. B	-	-443.4	-855.1	SLE-R-1 Phase_18	1000	1205.5	5f24 17f24	-3.7	78.8
SEZ. C	-	-596.8	1396.6	SLE-R-1 Phase_22	1000	1199	20f24 5f24	-5.8	117.3
SEZ. D	-	-425.7	-514.6	SLE-R-1 Phase_18	1000	1205.5	5f24 17f24	-2.3	39.6
SEZ. E-sx	-	-1075.7	-1952.8	SLE-R-1 Phase_22	1000	1549	10f24 20f24	-5.2	104.2
SEZ. E-dx	-	-991.4	-1789.6	SLE-R-1 Phase_22	1000	1549	10f24 20f24	-4.7	95.2
SEZ. F	-	-357.2	391.1	SLE-R-1 Phase_6	1000	1036	5f24 5f24	-3.2	108.9
SEZ. G'-sx	-	-633.7	773.2	SLE-R-1 Phase_13	1000	1115	10f26 10f26	-3.9	91.4
SEZ. G-sx	-	-1161.4	-1141.8	SLE-R-1 Phase_19	1000	1115	10f26 10f26	-5.9	118.4
SEZ. G-dx	-	-1077.5	-1014.4	SLE-R-1 Phase_19	1000	1115	10f26 10f26	-5.2	101.9
SEZ. G'-dx	-	-615.8	720.0	SLE-R-1 Phase_13	1000	1115	10f26 10f26	-3.7	83.2
SEZ. H	-	-398.4	259.3	SLE-R-1 Phase_6	1000	715	5f26 5f26	-3.6	83.0
SEZ. H'	-	-496.9	-226.2	SLE-R-1 Phase_6	1000	715	5f26 5f26	-3.1	51.1

Dove:

- Sezione = sezione di verifica;
- Combo = combinazione di carico considerata;
- M_{Sd} = momento flettente agente nella sezione e nella combinazione di carico indicata (positivo se tende le fibre interne);
- As = armatura lato interno per le pareti verticali (per la copertura lato superiore);
- A's = armatura lato terra per le pareti verticali (per la copertura lato inferiore);

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	72 di 154

Si riportano nel seguito le verifiche a fessurazione per le sezioni in esame.

Sezione	Nodo	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	Combo	b_w [mm]	d [mm]	A_s $A's$	M_l [kNm]	w_d [mm]
SEZ. A	-	-619.9	1499.8	SLE-R-1 Phase_22	1000	1199	20f24 5f24	894.8	0.124
SEZ. B	-	-443.4	-855.1	SLE-R-1 Phase_18	1000	1205.5	5f24 17f24	-891.8	-
SEZ. C	-	-596.8	1396.6	SLE-R-1 Phase_22	1000	1199	20f24 5f24	897.9	0.108
SEZ. D	-	-425.7	-514.6	SLE-R-1 Phase_18	1000	1205.5	5f24 17f24	-967.7	-
SEZ. E-sx	-	-1075.7	-1952.8	SLE-R-1 Phase_22	1000	1549	10f24 20f24	-1545.1	0.075
SEZ. E-dx	-	-991.4	-1789.6	SLE-R-1 Phase_22	1000	1549	10f24 20f24	-1546.9	0.058
SEZ. F	-	-357.2	391.1	SLE-R-1 Phase_6	1000	1036	5f24 5f24	600.4	-
SEZ. G'-sx	-	-633.7	773.2	SLE-R-1 Phase_13	1000	1115	10f26 10f26	814.1	-
SEZ. G-sx	-	-1161.4	-1141.8	SLE-R-1 Phase_19	1000	1115	10f26 10f26	-861.9	0.136
SEZ. G-dx	-	-1077.5	-1014.4	SLE-R-1 Phase_19	1000	1115	10f26 10f26	-873.6	0.093
SEZ. G'-dx	-	-615.8	720.0	SLE-R-1 Phase_13	1000	1115	10f26 10f26	822.3	-
SEZ. H	-	-398.4	259.3	SLE-R-1 Phase_6	1000	715	5f26 5f26	345.9	-
SEZ. H'	-	-496.9	-226.2	SLE-R-1 Phase_6	1000	715	5f26 5f26	-393.8	-

Dove:

- M_l = momento di prima fessurazione, nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è pari a $f_{ctm}/1.2$.

Il copriferro netto considerato nel calcolo è pari a 6 cm per i diaframmi e 4 cm per la copertura e i piedritti.

Le verifiche tensionali e di fessurazione sono dunque soddisfatte con riferimento ai limiti indicati al § 4.4 e § 4.3.

La verifica per combinazioni quasi permanenti viene omessa in quanto la tensione nei cls per combinazioni rare è già inferiore a quella limite (§ 4.4).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 73 di 154

7.6 ELENCO FERRI

Nel presente paragrafo si riporta il calcolo delle incidenze degli elementi strutturali, valutato a partire dai quantitativi di armatura necessari per il corretto funzionamento delle strutture e verificati nei paragrafi precedenti. Per tener conto delle armature di ripartizione si è considerato un 30% del quantitativo totale delle armature di forza. Il valore ottenuto è stato ulteriormente incrementato del 50% per tenere in considerazione armature necessarie a garantire la resistenza al taglio, ferri di costruzione e sovrapposizioni.

Il valore di incidenza così ottenuto è stato poi incrementato per la stima delle quantità globali al fine di tenere in considerazione tutte le possibili variabilità in gioco, connesse a:

- l'assunzione di coefficienti forfettari per la stima delle armature di ripartizione e di costruzione;
- la variabilità strutturale che potrebbe richiedere in punti singolari un quantitativo superiore di armatura per particolarità geometriche.

Il valore così ottenuto (incidenza da calcolo + amplificazione cautelativa) è quello considerato nel computo metrico ed è presentato nella "Tabella materiali ed incidenze (IF1M.0.0.E.ZZ.TT.GA.00.0.0.001)."

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ
	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001
	REV. C	PAGINA 74 di 154

Elemento Strutturale	Sezione tipo "H"	Incidenza da calcolo (kg/m ³)
Copertura 1 (sx) - estremità	Sp. 130 cm	190
Armatura sup	10+10φ24/m	
Armatura inf	5φ24/m	
Armatura a taglio (spilli)	1φ12 passo 40x20 cm	
Copertura 1 (sx) - campata	Sp. 130 cm	
Armatura sup	5φ24/m	
Armatura inf	10+7φ24/m	
Armatura a taglio (spilli)	1φ12 passo 40x20 cm	
Copertura 2 (dx) - estremità	Sp. 130 cm	
Armatura sup	10+10φ24/m	
Armatura inf	5φ24/m	
Armatura a taglio (spilli)	1φ12 passo 40x20 cm	
Copertura 2 (dx) - campata	Sp. 130 cm	
Armatura sup	5φ24/m	
Armatura inf	10+7φ24/m	
Armatura a taglio (spilli)	1φ12 passo 40x20 cm	
Piedritto esterno	Sp. 165 cm	175
Armatura interna	10φ24/m	
Armatura esterna	10+10φ24/m	
Armatura a taglio (spilli)	1φ10 passo 40x20 cm	
Piedritto interno	Sp. 110 cm	125
Armatura interna	5φ24/m	
Armatura esterna	5φ24/m	
Armatura a taglio (spilli)	1φ10 passo 40x40 cm	
Diaframma esterno	Sp. 120 cm	135
Armatura interna	10φ26/m	
Armatura esterna	10φ26/m	
Armatura a taglio (staffe)	φ16 /20 cm a 4 bracci ogni 2.50m	
Diaframma interno	Sp. 80 cm	100
Armatura interna	5φ26/m	
Armatura esterna	5φ26/m	
Armatura a taglio (staffe)	φ12 /20 cm a 4 bracci ogni 2.50m	

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 75 di 154

7.7 VERIFICA DI STABILITÀ DELL'OPERA (RESISTENZA DEL TERRENO DI VALLE)

La verifica è stata condotta, in accordo § 6.5.3.1.2 del D.M. 14/01/2008, secondo l'approccio 1 – combinazione 2 (A2+M2+R1) i cui coefficienti sono riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008.

La sezione di calcolo è stata eseguita adottando un modello di calcolo ad elementi finiti 2D: considerato che le analisi per la combinazione A2+M2 ha raggiunto la convergenza, si può considerare automaticamente soddisfatta la verifica di stabilità dell'opera per quanto riguarda la resistenza del terreno di valle.

Dall'analisi delle sollecitazioni ottenute per la combinazione A2+M2, e riportate al § 7.5.1.4, si evince che le verifiche strutturali risultano soddisfatte anche per tale condizione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 76 di 154

7.8 VERIFICA AL SOLLEVAMENTO DEL FONDO SCAVO

Per la stabilità al sollevamento del fondo scavo deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$ sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti $G_{stb,d}$:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d}$$

dove

- $V_{inst,d}$ = sottospinta idraulica
- $G_{stb,d}$ = peso proprio + eventuali carichi permanenti

VERIFICA SOLETTONE SACRIFICALE

Zw =	15.20 m	Quota falda
Zfs =	14.30 m	Quota fondo scavo
L =	19.40 m	Larghezza sezione
Hte =	0.00 m	Altezza terreno stabilizzante sopra il tampone
Hta =	1.00 m	Altezza del tampone di fondo
Hw =	1.90 m	Zw - Zfs + Hte + Hta : Altezza battente idraulico
γ_{te} =	16.00 kN/m ³	Peso specifico del terreno stabilizzante sopra il tampone
γ_{ta} =	24.00 kN/m ³	Peso specifico del tampone di fondo
γ_{G1f} =	0.90	Permanente favorevole
γ_{G1sf} =	1.10	Permanente sfavorevole
γ_{G2f} =	0.00	Permanente non strutturale favorevole
γ_{G2sf} =	1.50	Permanente non strutturale sfavorevole
γ_{Q1f} =	0.00	Variabile favorevole
γ_{Q1sf} =	1.50	Variabile sfavorevole

Forze stabilizzanti al metro di profondità

Pte =	0.00 kN/m	$\gamma_{G1f} \cdot \gamma_{te} \cdot Hte \cdot L$: peso del terreno fattorizzato
Pta =	419.04 kN/m	$\gamma_{G1f} \cdot \gamma_{ta} \cdot Hta \cdot L$: peso del tampone fattorizzato

Forze instabilizzanti al metro di profondità

Sw =	405 kN/m	$\gamma_{G1sf} \cdot Hw \cdot 10 \cdot L$: Sottospinta idraulica fattorizzata
------	----------	--

Verifica

FS1 =	1.033	OK	(Pte+Pta)/Sw : fattore di sicurezza	Fsb1 (kN) 0.00
-------	-------	----	-------------------------------------	-------------------

Le verifiche risultano soddisfatte con i coefficienti di sicurezza di norma.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 77 di 154

Si evidenzia, comunque, che il fattore di sicurezza "globale", cioè al netto dei coeff. parziali sulle azioni, è pari a $1.03 \times 1.1 / 0.9 = 1.26$.

Si sottolinea inoltre che, cautelativamente, non è stato considerato il contributo stabilizzante dell'attrito paratie/solettone sommerso. Considerando tale contributo, almeno per la quota parte certa dovuta al confinamento della spinta dell'acqua (e trascurando quindi quello dovuto alla spinta delle terre), si avrebbe un ulteriore incremento del coefficiente di sicurezza, come di seguito indicato:

CONTRIBUTO RESISTENZA PER ATTRITO LATERALE
--

c =	0 kPa	coesione
ϕ =	35 °	angolo di attrito del terreno
δ/ϕ =	1.00	coefficiente di attrito muro terreno
σ_{compr} =	5000 kPa	resistenza a compressione del tampone
σ_{traz} =	0.00 kPa	resistenza a trazione del tampone

Verifica possibilità di tener in conto dell'attrito laterale

Sw =	14.0 kN/m	Spinta dell'acqua
e _{Sw} =	0.060 m	eccentricità di Sw rispetto al baricentro del tampone (>0 al di sotto del baricentro)
N =	14.0 kN/m	Sw: Sforzo di compressione
Mint =	0.8 kNm/m	(Sw*ew) : Momento all'interfaccia paratia/tampone
eint =	0.060 m	Mint/N : eccentricità rispetto al baricentro del tampone all'interfaccia paratia/tampone (>0 al di sotto del baricentro)
Msw =	893.9 kNm/m	Hw*10*L^2/8: Momento in campata dovuto alla sottospinta idraulica
Mp =	-1129.1 kNm/m	(Hte*yte+Hta*yta)*L^2/8: Momento in campata dovuto ai pesi propri del tampone e del terreno sovrastante
Mc =	0.0 kNm/m	(Msw+Mp) : Momento in campata
etot =	0.000 m	Mc/N : eccentricità rispetto al baricentro del tampone in campata (>0)

Interfaccia paratia/tampone tutta compressa

Sezione in campata tutta compressa

At =	1.00 m ²	Hta : Area del tampone
Wt =	0.17 m ³	Hta^2/6 : Modulo di resistenza del tampone di fondo

Test all'interfaccia paratia/tampone

σ_1 =	19.0 kPa	tensione 1 all'interfaccia paratia/tampone
σ_2 =	9.0 kPa	tensione 2 all'interfaccia paratia/tampone
H =	1.00 m	altezza del tampone a contatto con la paratia
Test 1 ok	eint <	0.50 : eccentricità limite pari a Hta/2
Test 2 ok	σ_{max} <	5000 : verifica a compressione del tampone

Test nella sezione di campata del tampone

Ntraz =	0.0 kN/m	$\sigma_{traz} \cdot At$: massima trazione assorbibile dalla sezione
σ_1 =	14.0 kPa	tensione 1 in campata
σ_2 =	14.0 kPa	tensione 2 in campata
Test 3 ok	etot <	0.50 : eccentricità limite pari a Hta/2
Test 4 ok	σ_{max} <	5000 : verifica a compressione del tampone

E' possibile tener conto del contributo per resistenza ad attrito del tampone

Contributo resistenza per attrito

ϕ =	29.3 °	angolo di attrito del terreno fattorizzato (M2)
A =	14.1 kN/m	$2 \cdot \gamma_{G1f} \cdot N \cdot \tan(\delta/\phi \cdot \phi)$: contributo attrito fattorizzato

Verifica

FS2 =	1.068	OK	(Pte+Pta+A)/Sw : fattore di sicurezza	Fsb2 (kN)	0.00
-------	-------	----	---------------------------------------	-----------	------

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 78 di 154

In questo ultimo caso il fattore di sicurezza “globale”, cioè al netto dei coeff. parziali sulle azioni, è pari a $1.07 \times 1.1 / 0.9 = 1.31$.

7.9 VERIFICHE GEOTECNICHE DIAFRAMMI

Si riportano le verifiche dei diaframmi con in allegato le relative curve di capacità portante differenziate per spessore e per posizione del diaframma (centrale o laterale).

- **Diaframma centrale $S_p=800$ mm portanza a metro – A1+M1+R3**

$Q_{slu}=2390$ kN < 2581 kN relativo a 24.5 m di infissione (lunghezza diaframma di verifica).
 La lunghezza totale del diaframma è pari a 31 m.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 80 di 154	

z da p.c. [m]	Lp [m]	β [-]	$\sigma'v$ [kPa]	τ_i [kPa]	Qil [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	17,0	0,30	186	56	1249	2784,708115	2228	122	3354	1795
35,5	17,5	0,30	192	58	1306	2876,692393	2301	126	3481	1865
36,0	18,0	0,30	198	59	1364	2967,700498	2374	130	3609	1935
36,5	18,5	0,30	204	61	1424	3057,71862	2446	133	3737	2006
37,0	19,0	0,30	210	63	1486	3146,739302	2517	137	3867	2077
37,5	19,5	0,30	216	65	1550	3234,760529	2588	140	3997	2149
38,0	20,0	0,30	221	66	1616	3315	2652	144	4124	2219
38,5	20,5	0,30	227	68	1683	3315	2652	148	4187	2256
39,0	21,0	0,30	233	69	1751	3315	2652	151	4252	2294
39,5	21,5	0,30	238	70	1821	3315	2652	155	4318	2333
40,0	22,0	0,29	244	72	1892	3315	2652	158	4386	2373
40,5	22,5	0,29	249	73	1965	3315	2652	162	4455	2413
41,0	23,0	0,29	255	74	2038	3315	2652	166	4525	2454
41,5	23,5	0,29	260	75	2113	3315	2652	169	4596	2496
42,0	24,0	0,29	266	76	2189	3315	2652	173	4668	2538
42,5	24,5	0,29	271	78	2266	3315	2652	176	4741	2581
43,0	25,0	0,29	276	79	2344	3315	2652	180	4816	2625
43,5	25,5	0,28	281	80	2423	3315	2652	184	4892	2670
44,0	26,0	0,28	286	81	2503	3315	2652	187	4968	2715
44,5	26,5	0,28	291	82	2585	3315	2652	191	5046	2760
45,0	27,0	0,28	296	83	2667	3315	2652	194	5124	2807
45,5	27,5	0,28	301	84	2750	4300	3440	198	5992	3271
46,0	28,0	0,28	306	84	2834	4300	3440	202	6072	3318
46,5	28,5	0,27	311	85	2919	4300	3440	205	6153	3366
47,0	29,0	0,27	316	86	3004	4300	3440	209	6236	3415
47,5	29,5	0,27	320	87	3091	4300	3440	212	6319	3464
48,0	30,0	0,27	325	88	3178	4300	3440	216	6402	3513
48,5	30,5	0,27	330	89	3267	4300	3440	220	6487	3564
49,0	31,0	0,27	334	90	3356	4300	3440	223	6573	3615
49,5	31,5	0,27	339	92	3447	4300	3440	227	6661	3666
50,0	32,0	0,27	344	93	3540	4300	3440	230	6749	3719

- **Diaframma laterale Sp=1200 mm portanza a metro – A1+M1+R3**

Qslu=1582 kN < 1785 kN relativo a 12.5 m di infissione (lunghezza diaframma di verifica).
La lunghezza totale del diaframma è pari a 19 m.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C
				PAGINA 82 di 154		

7.10 VERIFICHE ASOLE SOLETTA DI COPERTURA

Nella soletta di copertura sono previste delle asole di dimensione 1 mx1 m poste ad interasse 12 m per l'esecuzione del solettone sommerso di sacrificio, sia lato Variante Cassino che lato Circumvesuviana.

Nel presente paragrafo vengono riportate le verifiche strutturali delle travi di bordo delle asole della copertura e della relativa struttura finale di chiusura.

Le analisi di seguito riportate sono quelle eseguite per la sezione tipo "F" che risultano essere valide anche per questa sezione.

7.10.1 Verifica delle travi di bordo delle asole della copertura

Per il dimensionamento delle travi di bordo si è considerato lo schema statico semplificato della zona di solaio interessata dal foro riportato in Figura 6 con le sollecitazioni relative al solaio stesso.

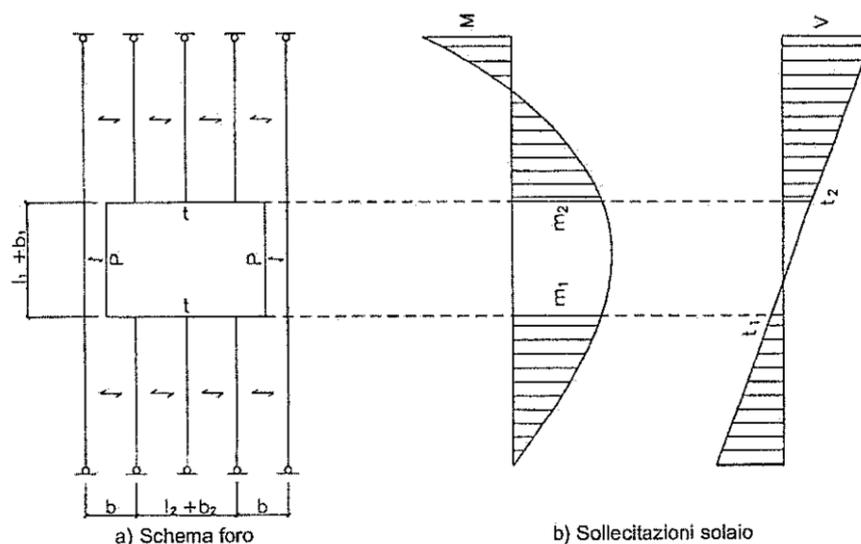


Figura 6 – Travi di bordo asole di copertura – Schema statico

Schematicamente si è considerato che le due travi parallele p trasferiscono, attraverso le travi trasversali t , le sollecitazioni che a questi competevano alla restante parte di soletta.

I momenti flettenti distribuiti m_1 e m_2 inducono nelle travi t torsione, mentre i tagli t_1 e t_2 inducono flessione e taglio alla stregua di carichi distribuiti di intensità t_1 e t_2 . Le reazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 83 di 154

agli estremi delle travi t vengono assorbite dalle travi p : le reazioni torcenti di t si trasformano in momenti flettenti concentrati ed i tagli in taglio e flessione.

L'azione assiale distribuita n_1 induce nelle travi t flessione e taglio (sul piano ortogonale a quello su cui agiscono i tagli t_1 e t_2) alla stregua di carichi distribuiti di intensità n_1 . Le reazioni di tale carico agli estremi delle travi t si trasformano in azione assiale e momenti flettenti concentrati che vengono assorbiti dalle travi p .

Si riportano di seguito i dati geometrici delle asole e delle travi di bordo:

L1 =	1 m	Larghezza foro direzione parallela
L2 =	1 m	Larghezza foro direzione trasversale
b1 =	1 m	Larghezza delle travi parallele
b2 =	1 m	Larghezza delle travi trasversali
h1 =	0.85 m	Altezza delle travi parallele
h2 =	1.05 m	Altezza delle travi trasversali

Si riportano di seguito le massime azioni sollecitanti in corrispondenza del foro (in via cautelativa è stato adottato il massimo tra m_1 e m_2 e t_1 e t_2):

SLU

m =	1346 kNm/m	Momento flettente max in corrisp. del foro
t =	291 kN/m	Taglio max in corrisp. del foro
n =	900 kN/m	Azione Assiale max in corrisp. del foro
n,Mmax=	361 kN/m	Azione Assiale con Mmax in corrisp. del foro

SLE

m =	855 kNm/m	Momento flettente max in corrisp. del foro
t =	152 kN/m	Taglio max in corrisp. del foro
n =	634 kN/m	Azione Assiale max in corrisp. del foro
n,Mmax=	443 kN/m	Azione Assiale con Mmax in corrisp. del foro

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 84 di 154

Calcolo delle travi trasversali t

Si riportano di seguito le sollecitazioni di calcolo:

SLU

$T_{max} = 673 \text{ kNm}$ Momento torcente massimo pari a: $m \times (L2)/2$

$M_{max,t} = 29.10 \text{ kNm}$ Momento flettente massimo pari a: $t \times (L2)^2/10$

$V_{max,t} = 145.5 \text{ kN}$ Taglio massimo pari a: $t \times (L2)/2$

$M_{max,n} = 90 \text{ kNm}$ Momento flettente massimo pari a: $n \times (L2)^2/10$

$V_{max,n} = 450 \text{ kN}$ Taglio massimo pari a: $n \times (L2)/2$

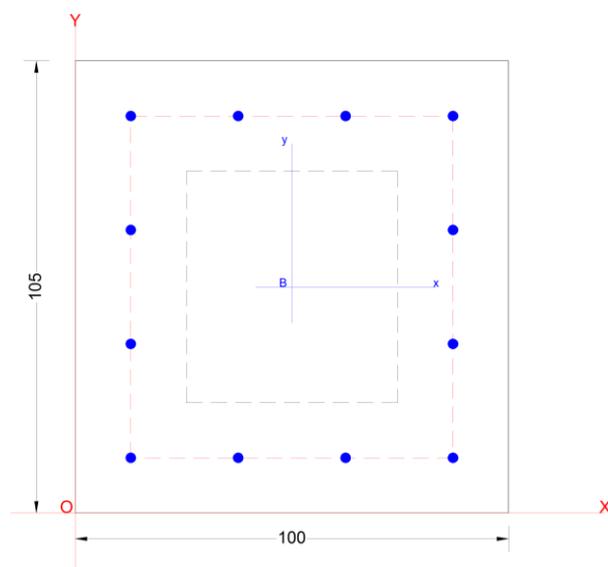
SLE

$M_{max,t} = 15.2 \text{ kNm}$ Momento flettente massimo pari a: $t \times (L2)^2/10$

$M_{max,n} = 76.0 \text{ kNm}$ Momento flettente massimo pari a: $n \times (L2)^2/10$

Si riportano di seguito le verifiche strutturali condotte.

TORSIONE SEMPLICE DI SEZIONE POLIGONALE



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 85 di 154

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento: NTC

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd :	141.60 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80 daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²

COORDINATE DEI VERTICI DELLA SEZIONE POLIGONALE

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	105.0
3	100.0	105.0
4	100.0	0.0

RISULTATI DEL CALCOLO A TORSIONE SEMPLICE

Momento Torcente T _{sd} di calcolo:	67500	daNm
Momento Torc. Resist. Trdu sez. tubolare conglom.:	107083	daNm
Momento Torc. Resist. Trsd sviluppato dalle staffe:	67500	daNm
Momento Torc. Resist. Trld delle barre longitudinali:	81580	daNm

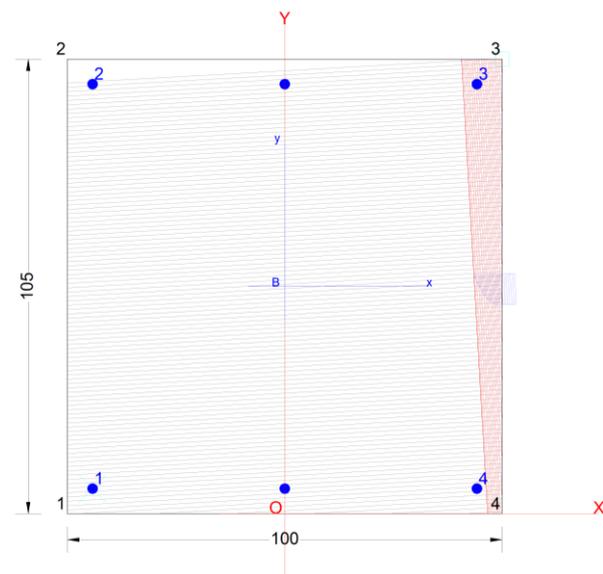
Sezione verificata a torsione semplice

Area A _c del perimetro esterno sezione:	10500	cm ²
Misura P _c del Perimetro esterno sezione:	410	cm
Spessore sez. anulare resistente (=A _c /P _c):	25.6	cm
Area resistente (racchiusa dal perimetro medio):	5906	cm ²
Misura del Perimetro medio sez. tubolare resist.:	308	cm
Area Staffe di calcolo:	14.6	cm ² /m
Staffe progettate:	1 Staffa Ø 16 /13.8	(14.6 cm ²)
Area barre longitudinali calcolate:	44.9	cm ²
Barre longitudinali progettate:	12 Ø 24	(54.3 cm ²)

N.B. Le armature sopra definite come 'calcolate' sono quelle ottenute con riferimento al momento agente ed alle resistenze dei materiali impiegati.
Le armature sopra definite come 'progettate' oltre a tener conto del diametro effettivo scelto per le barre considerano anche le minime quantità di normativa.
Il numero delle barre longitudinali progettate è tale da consentire la disposizione lungo il perimetro con interasse non superiore a 35 cm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 86 di 154

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.



Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
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 calcolo fcd:	141.60 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	25.60 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.50 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd:		3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd:		3913.0 daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	87 di 154

Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	105.0
3	50.0	105.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-44.2	5.8	24
2	-44.2	99.2	24
3	44.2	99.2	24
4	44.2	5.8	24

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	2	3	1	24
2	1	4	1	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	16	mm
Passo staffe:	25.8	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	88 di 154

1 0 3000 9000 15000 45000

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] 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 [daNm] 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	0	2000 (9648)	8000 (38591)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 41.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-1	4378	36915	0	16169	48996	5.439	18.1(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01363	50.0	105.0	0.00119	44.2	99.2	-0.03416	-44.2	5.8

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	89 di 154

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000377258	0.000021405	-0.017610495	0.093	0.700

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe:	25.8 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]									
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata									
Vsdu	Taglio di progetto [daN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro									
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso									
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe									
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.									
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.									
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato									
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione									
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]									
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con $L=lungh.legat.proietta-$ ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.									
N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	45777	308353	51274	93.4	103.6	45.00°	1.000	13.9	15.6(0.0)

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata										
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]										
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 [daN/cm ²]										
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)										
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre										
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure										
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure										
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$										
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	15.4	50.0	105.0	-879	-44.2	5.8	700	9.0	33.6	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	90 di 154				

S1	Massima tensione [daN/cm ²] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2	Minima di trazione [daN/cm ²] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= (S1 + S2)/(2*S1) con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss) ² = 1-Beta12*(fctm/S2) ² = 1-Beta12*(Mfess/M) ² [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4*Ss/Es è tra parentesi
sm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 * e sm * srm . Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-5.3	-2.4	0.182	24	46	-10.635	0.00018 (0.00018)	295	0.088 (0.30)	9648	38591

Dai tabulati di calcolo sopra riportati si evince che le verifiche risultano soddisfatte.

Si precisa che le armature calcolate per la resistenza nei riguardi della sollecitazione torcente saranno aggiunte a quelle calcolate nei riguardi delle verifiche per flessione e taglio.

Calcolo delle travi parallele p

Si riportano di seguito le sollecitazioni di calcolo:

SLU

M_{max,t} = 702.1 kNm Momento flettente massimo pari a: $t \times (L1)^2/10 + m \times (L2)/2$

V_{max,t} = 291 kN Taglio massimo pari a: $t \times (L1)/2 + t \times (L2)/2$

N = 180.5 kN Azione assiale pari a: $n, M_{max} \times (L2)/2$

M_{max,n} = 90 kNm Momento flettente massimo pari a: $n \times (L2)^2/10$

SLE

M_{max,t} = 442.7 kNm Momento flettente massimo pari a: $t \times (L1)^2/10 + m \times (L2)/2$

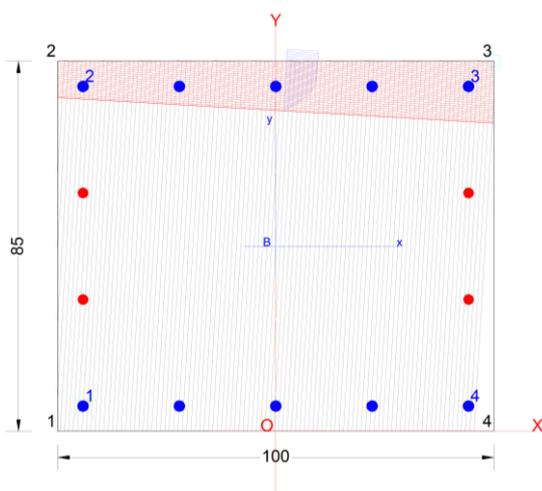
N = 221.5 kN Azione assiale pari a: $n, M_{max} \times (L2)/2$

M_{max,n} = 63.4 kNm Momento flettente massimo pari a: $n \times (L2)^2/10$

Si riportano di seguito le verifiche strutturali condotte.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>91 di 154</td> </tr> </tbody> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	91 di 154								

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
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 calcolo fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	25.60	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.50	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd:		3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd:		3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00		

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	92 di 154

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	85.0
3	50.0	85.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.2	5.8	26
2	-44.2	79.2	26
3	44.2	79.2	26
4	44.2	5.8	26

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	2	3	3	26
2	1	4	3	26
3	1	2	2	24
4	3	4	2	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm
Passo staffe: 24.9 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 93 di 154	

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	18050	70500	9000	29500	0

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] 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 [daNm] 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	22150	44500 (35700)	6500 (5215)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.5 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.9 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult, Mx Ult, My Ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	18020	87418	7669	18078	110248	14208	1.564	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 95 di 154	

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [daN/cm ²] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2	Minima di trazione [daN/cm ²] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= (S1 + S2)/(2*S1) con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss) ² = 1-Beta12*(fctm/S2) ² = 1-Beta12*(Mfess/M) ² [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4*Ss/Es è tra parentesi
sm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 * e sm * sm . Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	sm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-31.9	-13.8	0.179	26	45	0.678	0.00062 (0.00037)	268	0.285 (0.30)	35700	5215

Dai tabulati di calcolo sopra riportati si evince che le verifiche risultano soddisfatte.

Elenco ferri travi di bordo

Elemento Strutturale	Travi di bordo
Travi trasversali	b=100cm h=105cm
Armatura sup	4φ24 + 3φ24
Armatura inf	4φ24 + 3φ24
Armatura parete	2+2φ24
Armatura a taglio (staffe)	f16 /12.5 cm a 2 bracci + f16 /25 cm a 2 bracci
Travi parallele	b=100cm h=85cm
Armatura sup	5φ26
Armatura inf	5φ26
Armatura parete	2+2φ24
Armatura a taglio (staffe)	f16 /25 cm a 2 bracci

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 96 di 154

7.10.2 Verifica della struttura finale di chiusura delle asole della copertura

La struttura finale di chiusura delle asole della copertura è costituita da due travi metalliche HEB 300 in acciaio S275 di lunghezza 1 m collegate alla copertura stessa e successivamente annegate all'interno di un getto di completamento realizzato con un calcestruzzo a ritiro compensato.

Lo schema statico adottato per il dimensionamento delle travi metalliche è quello di trave su due appoggi caricata uniformemente.

I carichi agenti sulla struttura sono:

- Peso proprio delle travi metalliche (Ppt): $2 \times 1.17 = 2.34$ kN/m
- Peso proprio soletta di copertura (Ppc): $1.3 \times 1 \times 25 = 32.5$ kN/m
- Peso del rinterro (qt): $5 \times 18 \times 1 = 90$ kN/m
- Sovraccarico accidentale (Q): $20 \times 1 = 20$ kN/m

Da cui si ottiene un carico uniformemente distribuito totale pari a:

$$q_{SLU} = 200 \text{ kN/m} (1.35 \times Ppt + 1.35 \times Ppc + 1.35 \times qt + 1.5 \times Q)$$

Pressoflessione

Caratteristiche geometriche della sezione

Profilato =	HE 300 B	-
Acciaio tipo =	S 275	-
f_{yk} =	275	N/mm ²
f_{uk} =	430	N/mm ²
γ_{M0} =	1.05	-
h =	300.00	mm
b =	300.00	mm
t_w =	11.00	mm
t_f =	19.00	mm
r =	27.00	mm
A =	149.10	cm ²
h_w =	262.00	mm
c_w =	208.00	mm
I_y =	25170.00	cm ⁴
$W_{el,y}$ =	1678.00	cm ³
$A_{v,z}$ =	47.43	cm ²
n. profili =	2.0	-

Pressoflessione semplice

Verifica

σ_{min} =	-7	N/mm ²	OK
σ_{max} =	7	N/mm ²	OK
x =	150	mm	

Contributo del taglio

τ_{max} =	11	N/mm ²	OK
----------------	----	-------------------	----

Tensione ideale

$\sigma_{id,max}$ =	20	N/mm ²	OK
---------------------	----	-------------------	----

Sollecitazioni

q =	200.0	kN/m
i =	1.0	m
M =	25.0	kNm
N =	0	KN
T =	100.0	kN

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	97 di 154	

Le verifiche risultano soddisfatte.

Adottando n.4 bulloni, disposti a coppie su due file distanti almeno 30 cm, si ottengono le seguenti sollecitazioni (sul singolo bullone):

$$F_{v,Ed} = 50/2 = 25 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = (12.5/0.3)/2 = 20.8 \text{ kN}$$

Le verifiche sono state condotte in accordo al §. 4.2.8.1.1 ("Unioni con bulloni o chiodi soggette a taglio e/o trazione") del DM 14/01/2008.

Adottando n.4 bulloni M20 di classe 8.8 si ottiene:

Verifica unione bullonata soggetta a taglio e/o trazione secondo DM 2008

$F_{v,Ed}$ (kN) =	25.00	forza di taglio di progetto sul singolo bullone
$F_{t,Ed}$ (kN) =	20.83	forza di trazione di progetto sul singolo bullone
ϕ (mm) =	20	
A_{res} (mm ²) =	245	
classe =	8.8	classe del bullone
f_b (N/mm ²) =	800	resistenza a rottura dell'acciaio del bullone

$F_{v,Rd}$ (kN) = 78 resistenza di calcolo in presenza di solo taglio

$F_{t,Rd}$ (kN) = 141 resistenza di calcolo in presenza di sola trazione

Combinazioni delle sollecitazioni:

Nel caso di presenza combinata di trazione e taglio si può adottare la formula di interazione lineare:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.2.65)$$

con la limitazione $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$, dove con $F_{v,Ed}$ ed $F_{t,Ed}$ si sono indicate rispettivamente le sollecitazioni di taglio e di trazione agenti sull'unione; per brevità, le resistenze a taglio ed a trazione dell'unione sono state indicate con $F_{v,Rd}$ ed $F_{t,Rd}$.

$F_{t,Ed}/F_{t,Rd} = 0.15$ OK

$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} = 0.32$ OK

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.42$ OK

(Verifica di resistenza bulloni)

t (mm) =	20	spessore della piastra imbullonata
f_b (N/mm ²) =	430	resistenza a rottura del materiale della piastra
d (mm) =	20	diametro nominale del gambo del bullone
k =	2.5	vedi figura a lato
α =	0.5	vedi figura a lato

$F_{b,Rd} = 172$ resistenza di calcolo a rifollamento

$F_{v,Ed}/F_{b,Rd} = 0.15$ OK

(Verifica a rifollamento)

t (mm) =	20	spessore della piastra imbullonata
d_m (mm) =	20	minore fra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone
f_b (N/mm ²) =	430	resistenza a rottura del materiale della piastra

$F_{b,Rd} = 259$ resistenza di calcolo a punzonamento

$F_{t,Ed}/F_{b,Rd} = 0.08$ OK

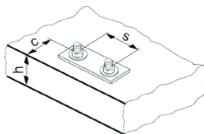
(Verifica a punzonamento)

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 98 di 154	

Per quanto riguarda il dimensionamento della lunghezza di ancoraggio delle barre nella soletta di copertura in c.a., si è fatto riferimento alla documentazione tecnica della Hilti.

Particolari di posa

Dimensione ancorante	Dati conformi a ETA-04/0027 del 2009-05-20									Dati tecnici Hilti								
	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39							
Diametro punta trapano d_0 [mm]	10	12	14	18	24	28	30	35	37	40	42							
Range profondità foro e profondità di ancoraggio ^{a)}																		
$h_{ef,min}$ [mm]	40	40	48	64	80	96	108	120	132	144	156							
$h_{ef,max}$ [mm]	160	200	240	320	400	480	540	600	660	720	780							
Spessore minimo del materiale base h_{min} [mm]	$h_{ef} + 30$ mm ≥ 100 mm						$h_{ef} + 2 d_0$											
Diametro foro sulla piastra d_f [mm]	9	12	14	18	22	26	30	33	36	39	42							
Interasse minimo S_{min} [mm]	40	50	60	80	100	120	135	150	165	180	195							
Distanza dal bordo minima C_{min} [mm]	40	50	60	80	100	120	135	150	165	180	195							
Interasse critico per rottura dovuta a fessurazione del cls $S_{cr,sp}$	$2 C_{cr,sp}$																	
Distanza dal bordo critica per rottura dovuta a fessurazione del cls ^{b)} $C_{cr,sp}$ [mm]	<table border="0"> <tr> <td>$1,0 \cdot h_{ef}$</td> <td>per $h / h_{ef} \geq 2,0$</td> <td rowspan="3"> </td> </tr> <tr> <td>$4,6 h_{ef} - 1,8 h$</td> <td>per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$</td> </tr> <tr> <td>$2,26 h_{ef}$</td> <td>per $h / h_{ef} \leq 1,3$</td> </tr> </table>											$1,0 \cdot h_{ef}$	per $h / h_{ef} \geq 2,0$		$4,6 h_{ef} - 1,8 h$	per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$	$2,26 h_{ef}$	per $h / h_{ef} \leq 1,3$
$1,0 \cdot h_{ef}$	per $h / h_{ef} \geq 2,0$																	
$4,6 h_{ef} - 1,8 h$	per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$																	
$2,26 h_{ef}$	per $h / h_{ef} \leq 1,3$																	
Interasse critico per rottura del cono di cls $S_{cr,N}$	$2 C_{cr,N}$																	
Distanza dal bordo critica per rottura del cono di cls ^{c)} $C_{cr,N}$	$1,5 h_{ef}$																	
Coppia di serraggio ^{d)} T_{max} [Nm]	10	20	40	80	150	200	270	300	330	360	390							



Per interassi (o distanze dal bordo) inferiori agli interassi critici (o distanze dal bordo critiche) i carichi di progetto devono essere ridotti.

- a) $h_{ef,min} \leq h_{ef} \leq h_{ef,max}$ (h_{ef} : profondità di ancoraggio)
- b) h : spessore del materiale base ($h \geq h_{min}$)
- c) La distanza dal bordo critica per rottura del cono di calcestruzzo dipende dalla profondità di ancoraggio h_{ef} e dalle caratteristiche di adesione chimica della resina. La formula semplificata presente in questa tabella è a favore di sicurezza.
- d) Massimo momento torcente raccomandato al fine di evitare rotture per fessurazione del calcestruzzo durante le operazioni di installazione con interassi e/o distanze dal bordo minime.

Resistenza di progetto: calcestruzzo C 20/25 – $f_{ck,cube} = 25$ N/mm², range temperature I

Dimensione ancorante	Dati conformi a ETA-04/0027 del 2009-05-20									Dati tecnici Hilti		
	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39	
Profondità ancoraggio $h_{ef,2} =$ [mm]	96	120	144	192	240	288	324	360	396	432	468	
Spess. materiale base $h_{min} =$ [mm]	126	150	174	228	288	344	384	430	470	512	558	
Trazione N_{Rd}: singolo ancorante, nessuna influenza dei bordi												
HIT-V 5.8 [kN]	12,0	19,3	28,0	52,7	82,0	117,5	140,2	164,3	189,5	215,9	243,5	
HIT-V 8.8 [kN]	18,4	28,7	41,4	64,0	89,4	117,5	140,2	164,3	189,5	215,9	243,5	
HIT-V-R [kN]	13,9	21,9	31,6	58,8	89,4	117,5	80,4	98,3	122,6	144,3	172,4	
HIT-V-HCR [kN]	18,4	28,7	41,4	64,0	89,4	117,5	140,2	164,3	144,6	170,2	203,3	
Taglio V_{Rd}: singolo ancorante, nessuna influenza dei bordi, senza braccio di leva												
HIT-V 5.8 [kN]	7,2	12,0	16,8	31,2	48,8	70,4	92,0	112,0	138,8	163,4	195,2	
HIT-V 8.8 [kN]	12,0	18,4	27,2	50,4	78,4	112,8	147,2	179,2	222,1	261,4	312,3	
HIT-V-R [kN]	8,3	12,8	19,2	35,3	55,1	79,5	48,3	58,8	72,9	85,8	102,5	
HIT-V-HCR [kN]	12,0	18,4	27,2	50,4	78,4	70,9	92,0	112,0	86,8	102,1	122,0	

Figura 7 – Documentazione tecnica Hilti – Ancoraggio chimico HIT-RE 500 con HIT-V

Nel nostro caso si è adottato:

$h_{ef} = 400$ mm, profondità di ancoraggio

$d_0 = 24$ mm, diametro punta trapano

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>99 di 154</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	99 di 154
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	99 di 154								

da cui deriva una resistenza minima dell'ancoraggio a trazione $N_{Rd} = 89.4$ kN e a taglio $V_{Rd} = 78.4$ kN.

Le sollecitazioni $F_{v,Ed}$ e $F_{t,Ed}$ risultano inferiori ai valori limite V_{Rd} e N_{Rd} e pertanto la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 100 di 154

8 **MODELLAZIONE DEL SOLETTONE DI FONDO E DELLE FODERE**

In questo capitolo vengono illustrati dapprima i criteri di dimensionamento del solettone di fondo e delle fodere interne, successivamente sono descritte le analisi svolte e infine vengono riportate le verifiche strutturali eseguite.

Le analisi di seguito riportate sono quelle eseguite per la sezione tipo "E1" che risultano essere valide anche per questa sezione.

Per la descrizione delle strutture interne della gallerie, si rimanda al precedente § 2.

8.1 **AZIONI DI PROGETTO**

8.1.1 **Carichi permanenti**

Peso calcestruzzo armato: **25.0 kN/m³**

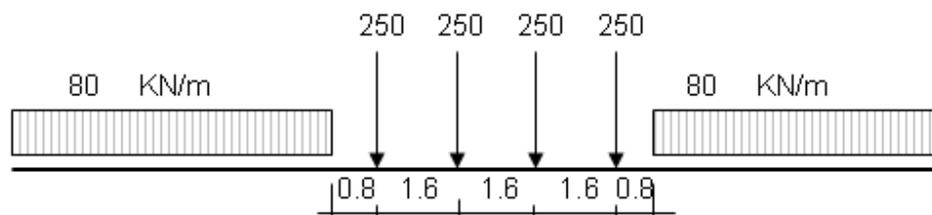
Peso calcestruzzo marciapiedi: **20.0 kN/m³**

Peso ballast: **18.0 kN/m³**

Livello massimo falda a 2.5 m dall'intradosso della base dello scatolare.

8.1.2 **Treni di carico**

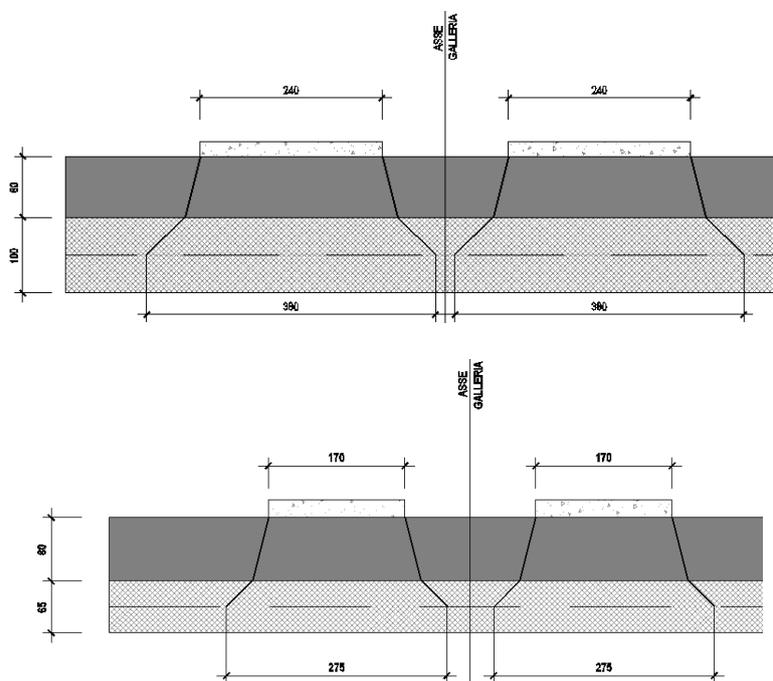
La tipologia di treno che massimizza le sollecitazioni è il treno LM 71 considerando la zona con i carichi concentrati.



Il relativo coefficiente moltiplicativo α è pari a 1.1

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C PAGINA 101 di 154

In direzione longitudinale i carichi concentrati vengono considerati come carichi uniformemente ripartiti. In direzione trasversale i carichi vengono ripartiti, a partire da una dimensione pari alla larghezza della traversa (2.40 m per la galleria di sinistra e 1.70 m per la galleria di destra) fino al piano medio del traverso di fondazione dello scatolare, adottando una diffusione di 4:1 all'interno dello strato di ballast e di 1:1 nello strato di calcestruzzo della fondazione stessa.



Il valore del carico uniformemente distribuito, applicato dunque su una striscia di 3.80 m per la galleria sinistra e di 2.75 m per la galleria destra, è stato quindi così calcolato:

carico LM71: $250 \cdot 4 = 1000 \text{ kN}$

diffusione longitudinale: 6.40 m

carico distribuito per metro: 156.25 kN/m

carico equivalente treno: $q_{\text{treno, galleria sx}} = \frac{156,25 \text{ kN/m}}{3,80 \text{ m}} \cdot 156,25 / 3,8 = 41,12 \text{ kN/m}$

$q_{\text{treno, galleria dx}} = 156,25 / 2,75 \cdot \frac{156,25 \text{ kN/m}}{2,75 \text{ m}} = 56,82 \text{ kN/m}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 102 di 154

Tale carico è stato, infine, moltiplicato per un coefficiente di adattamento $\alpha = 1.1$: $q_{\text{treno, galleria sx}} = 41.12 \cdot 1.1 = 45.23 \text{ kN/m}$; $q_{\text{treno, galleria dx}} = 56.82 \cdot 1.1 = 62.50 \text{ kN/m}$.

8.1.3 Azioni sismiche

L'accelerazione massima orizzontale e quella verticale, sono state applicate alla struttura moltiplicando il peso proprio strutturale, calcolato in automatico dal software, rispettivamente per $ag/g \cdot S_s \cdot S_t = \pm 0.221 \cdot 1.372 \cdot 1.00 = \pm 0.304$ e $agv/g \cdot S_s \cdot S_t = \pm 0.14 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = \pm 0.141$.

8.2 MODELLI DI CALCOLO

Nei seguenti paragrafi sono riportati gli schemi e i due modelli di calcolo utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni agenti sulle strutture.

I modelli rappresentano una sezione larga un metro delle fodere. La larghezza delle sezioni ed i carichi sono stati quindi determinati su base unitaria.

I nodi della base sono stati vincolati verticalmente mediante molle la cui rigidezza dipende dalla lunghezza di influenza. Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler è stato determinato con la seguente relazione:

$$K_{w,vert} = \frac{E}{(1 - \nu^2) B}$$

dove:

E = modulo di deformazione elastico del terreno (40 MPa);

ν = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

Per il modello lato sinistro ("Galleria Variante Cassino") si ha:

B = larghezza totale fodera = 10.45 m

$k_{wvert} = E / [(1 - \nu^2) \cdot B] = 40000 / [(1 - 0.3^2) \cdot 10.45] = 4206 \text{ kN/m}^2 / \text{m}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	103 di 154

La rigidità di ciascuna molla è determinata in base alla lunghezza di influenza "L" come mostrato nella seguente tabella

L (m)	k (kN/m)
1.0	4206
$(1.0 + 1.1) / 2 = 1.05$	4416.3
$(1.1 / 2 + 0.075) = 0.625$	2628.75
$(1.1 / 2 + 0.175) = 0.725$	3049.35

Per il modello lato destro ("Galleria Circumvesuviana") si ha:

$B = \text{larghezza totale fodera} = 8.86 \text{ m}$

$k_{\text{vert}} = E / [(1-\nu^2) \cdot B] = 40000 / [(1-\nu^2) \cdot 8.86] = 4961.2 \text{ kN/m}^2 / \text{m}$

La rigidità di ciascuna molla è determinata in base alla lunghezza di influenza "L" come mostrato nella seguente tabella

L (m)	k (kN/m)
1.0	4961.2
$(1.0 + 0.305) / 2 = 0.6525$	3237.2
$(0.305 / 2 + 0.075) = 0.2275$	1128.7
$(0.305 / 2 + 0.175) = 0.3275$	1624.8

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	104 di 154

Le analisi delle strutture sono state condotte in campo elastico con il metodo degli elementi finiti utilizzando il codice di calcolo Sap2000.

8.2.1 Geometria del modello lato sinistro

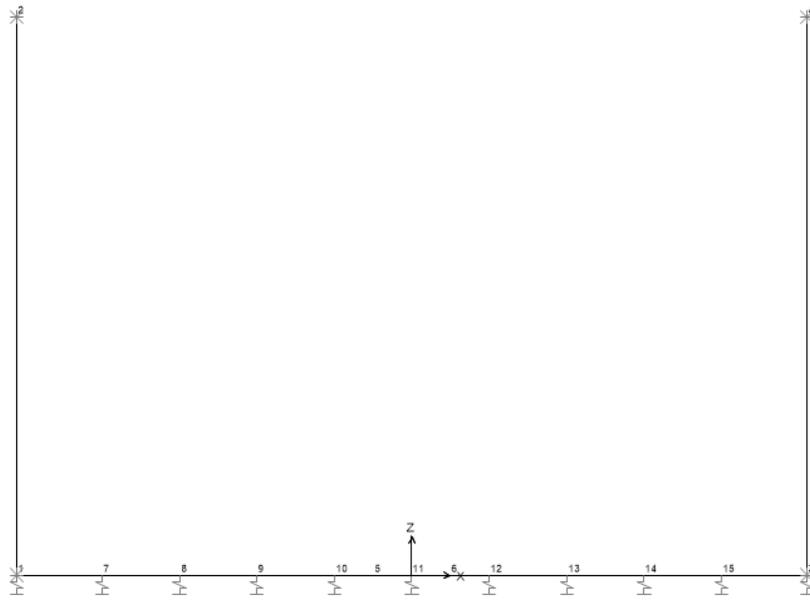
Nella seguente tabella sono state riportate le coordinate nodali del modello.

Table: Joint Coordinates

Joint	X	Y	Z
	m	m	m
1	-5.1	0	0
2	-5.1	0	7.25
3	5.1	0	0
4	5.1	0	7.25
5	-0.5	0	0
6	0.5	0	0
7	-4	0	0
8	-3	0	0
9	-2	0	0
10	-1	0	0
11	0	0	0
12	1	0	0
13	2	0	0
14	3	0	0
15	4	0	0

Per l'equilibrio rispetto alle azioni orizzontali i nodi 1, 2, e 4 sono stati vincolati in direzione X e Y ed il nodo 3 in direzione Y.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 105 di 154



Numerazione nodi

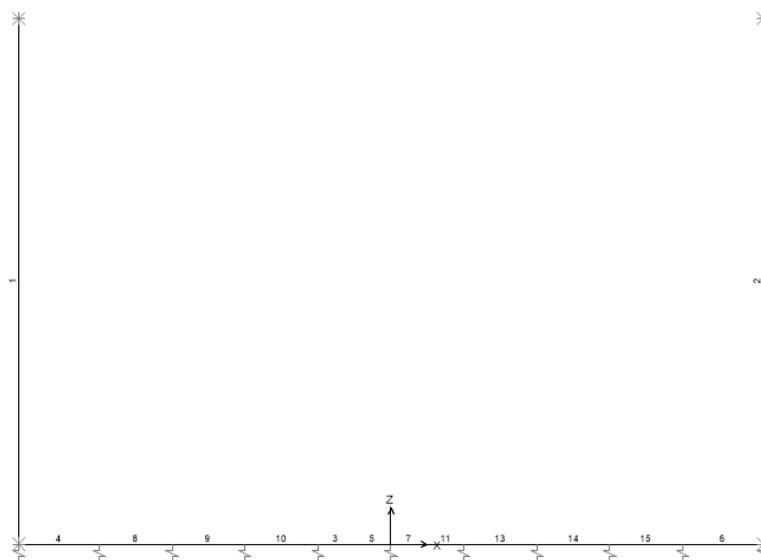
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.H0.001</td> <td>C</td> <td>106 di 154</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	106 di 154								

Molle applicate ai nodi

Table: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled

Joint	CoordSys	U1 KN/m	U2 KN/m	U3 KN/m	R1 KN-m/rad	R2 KN-m/rad	R3 KN-m/rad
1	Local	0	0	3049.35	0	0	0
3	Local	0	0	2628.75	0	0	0
7	Local	0	0	4416.3	0	0	0
8	Local	0	0	4206	0	0	0
9	Local	0	0	4206	0	0	0
10	Local	0	0	4206	0	0	0
11	Local	0	0	4206	0	0	0
12	Local	0	0	4206	0	0	0
13	Local	0	0	4206	0	0	0
14	Local	0	0	4206	0	0	0
15	Local	0	0	4416.3	0	0	0

Elementi



Numerazione elementi

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 107 di 154

Nella seguente tabella sono riportati i nodi di connessione di ciascun elemento.

Table: Connectivity - Frame

Frame	JointI	JointJ	IsCurved	Length m	CentroidX m	CentroidY m	CentroidZ m
1	1	2	No	7.25	-5.1	0	3.625
2	3	4	No	7.25	5.1	0	3.625
3	10	5	No	0.5	-0.75	0	0
4	1	7	No	1.1	-4.55	0	0
5	5	11	No	0.5	-0.25	0	0
6	15	3	No	1.1	4.55	0	0
7	11	6	No	0.5	0.25	0	0
8	7	8	No	1	-3.5	0	0
9	8	9	No	1	-2.5	0	0
10	9	10	No	1	-1.5	0	0
11	6	12	No	0.5	0.75	0	0
13	12	13	No	1	1.5	0	0
14	13	14	No	1	2.5	0	0
15	14	15	No	1	3.5	0	0

Table: Frame Section Assignments

Frame	SectionType	AnalSect	MatProp
1	Rectangular	Sp35	C25/30
2	Rectangular	Sp15	C25/30
3	Rectangular	Sp150	C25/30
4	Rectangular	Sp100	C25/30
5	Rectangular	Sp90	C25/30
6	Rectangular	Sp100	C25/30
7	Rectangular	Sp90	C25/30
8	Rectangular	Sp100	C25/30
9	Rectangular	Sp100	C25/30
10	Rectangular	Sp150	C25/30
11	Rectangular	Sp150	C25/30
13	Rectangular	Sp150	C25/30
14	Rectangular	Sp100	C25/30
15	Rectangular	Sp100	C25/30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	108 di 154

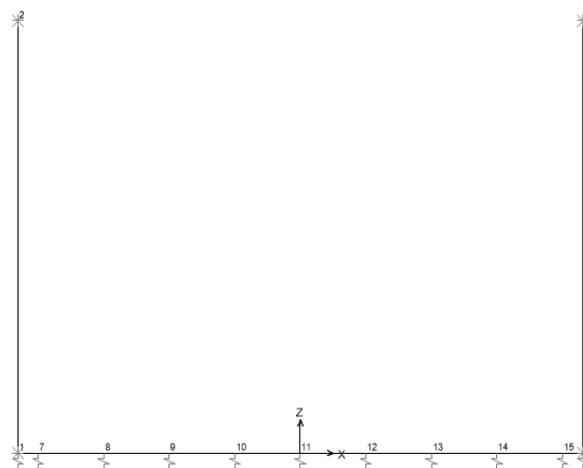
8.2.2 Geometria del modello lato destro

Nella seguente tabella sono state riportate le coordinate nodali del modello.

Table: Joint Coordinates

Joint	X m	Y m	Z m
1	-4.305	0	0
2	-4.305	0	6.675
3	4.305	0	0
4	4.305	0	6.675
7	-4	0	0
8	-3	0	0
9	-2	0	0
10	-1	0	0
11	0	0	0
12	1	0	0
13	2	0	0
14	3	0	0
15	4	0	0

Per l'equilibrio rispetto alle azioni orizzontali i nodi 1, 2, e 4 sono stati vincolati in direzione X e Y ed il nodo 3 in direzione Y.



Numeraazione nodi

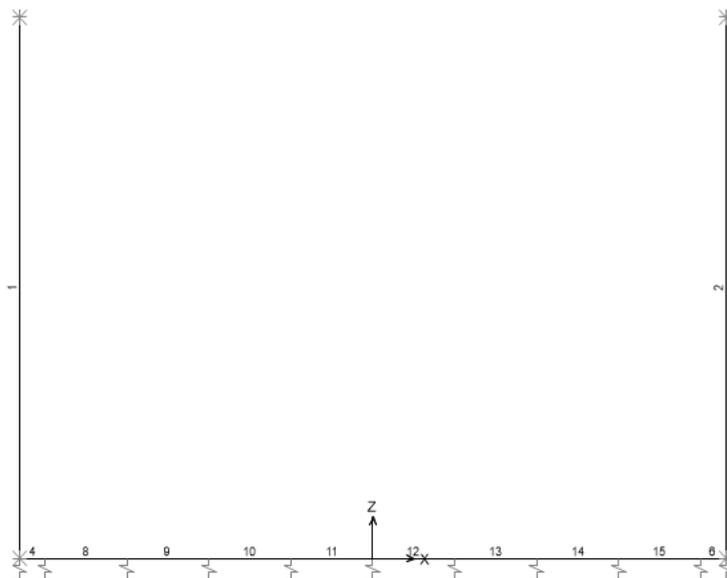
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	109 di 154			

Molle applicate ai nodi

Table: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled

Joint	CoordSys	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		KN/m	KN/m	KN/m	KN-m/rad	KN-m/rad	KN-m/rad
1	Local	0	0	1128.7	0	0	0
3	Local	0	0	1624.8	0	0	0
7	Local	0	0	3237.2	0	0	0
8	Local	0	0	4961.2	0	0	0
9	Local	0	0	4961.2	0	0	0
10	Local	0	0	4961.2	0	0	0
11	Local	0	0	4961.2	0	0	0
12	Local	0	0	4961.2	0	0	0
13	Local	0	0	4961.2	0	0	0
14	Local	0	0	4961.2	0	0	0
15	Local	0	0	3237.2	0	0	0

Elementi



Numerazione elementi

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	110 di 154

Nella seguente tabella sono riportati i nodi di connessione di ciascun elemento.

Table: Connectivity - Frame

Frame	JointI	JointJ	IsCurved	Length m	CentroidX m	CentroidY m	CentroidZ m
1	1	2	No	6.675	-4.305	0	3.3375
2	3	4	No	6.675	4.305	0	3.3375
4	1	7	No	0.305	-4.1525	0	0
6	15	3	No	0.305	4.1525	0	0
8	7	8	No	1	-3.5	0	0
9	8	9	No	1	-2.5	0	0
10	9	10	No	1	-1.5	0	0
11	10	11	No	1	-0.5	0	0
12	11	12	No	1	0.5	0	0
13	12	13	No	1	1.5	0	0
14	13	14	No	1	2.5	0	0
15	14	15	No	1	3.5	0	0

Table: Frame Section Assignments

Frame	SectionType	AnalSect	MatProp
1	Rectangular	Sp15	C25/30
2	Rectangular	Sp35	C25/30
4	Rectangular	Sp65	C25/30
6	Rectangular	Sp65	C25/30
8	Rectangular	Sp65	C25/30
9	Rectangular	Sp92.5	C25/30
10	Rectangular	Sp95.5	C25/30
11	Rectangular	Sp98.5	C25/30
12	Rectangular	Sp98.5	C25/30
13	Rectangular	Sp95.5	C25/30
14	Rectangular	Sp92.5	C25/30
15	Rectangular	Sp65	C25/30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 111 di 154

8.2.3 Condizioni di carico lato sinistro

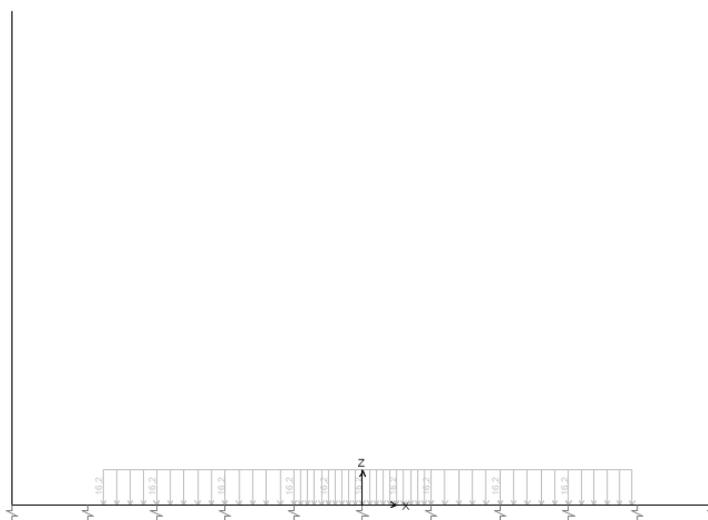
CDC 1 - PESO PROPRIO

Il carico da peso proprio è calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

CDC 2 - PERMANENTI

2a) Permanenti - Massicciata

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta inferiore: $q = 18 \cdot 0.9 = 16.2 \text{ kN/m}$

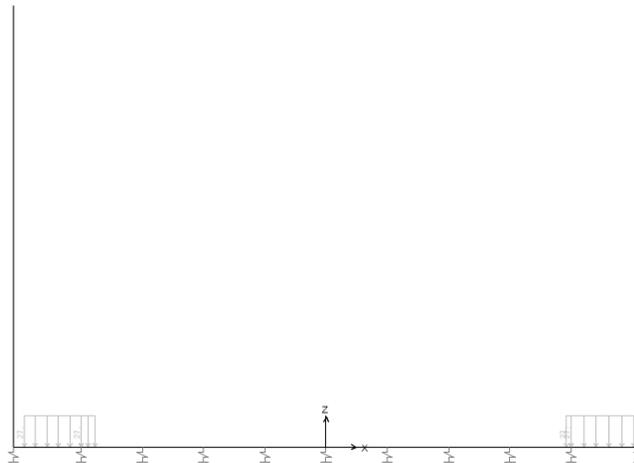


Permanenti - Massicciata

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.H0.001 C 112 di 154	

2b) *Permanenti - Marciapiedi*

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta inferiore: $q = 20 \cdot 1.35 = \mathbf{27.0 \text{ kN/m}}$



Permanenti - Marciapiedi

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 113 di 154

CDC 3 - SPINTA IDROSTATICA

Carico distribuito su soletta inferiore: $q_z = 10 \cdot 2.5 = \mathbf{25.0 \text{ kN/m}}$

Carico distribuito triangolare su parete sx: $q_x = 10 \cdot 2.05 = \mathbf{20.5 \text{ kN/m}}$

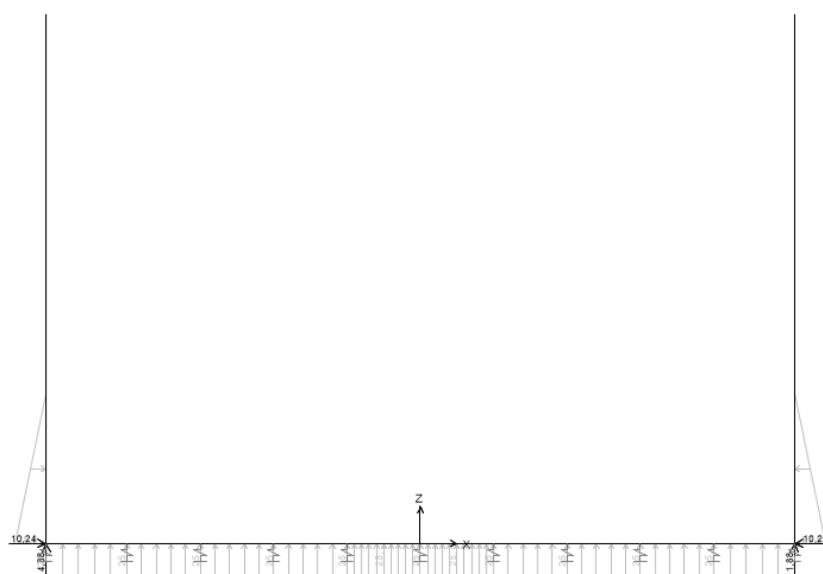
Carico distribuito triangolare su parete dx: $q'_x = -10 \cdot 2.05 = \mathbf{-20.5 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{z1} = 10 \cdot 2.5 \cdot 0.175 = \mathbf{4.38 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 3: $F_{z2} = 10 \cdot 2.5 \cdot 0.075 = \mathbf{1.88 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{x1} = (20.5 + 10 \cdot 0.45 / 2) \cdot 0.45 = \mathbf{10.24 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 3: $F_{x2} = -(20.5 + 10 \cdot 0.45 / 2) \cdot 0.45 = \mathbf{-10.24 \text{ kN}}$

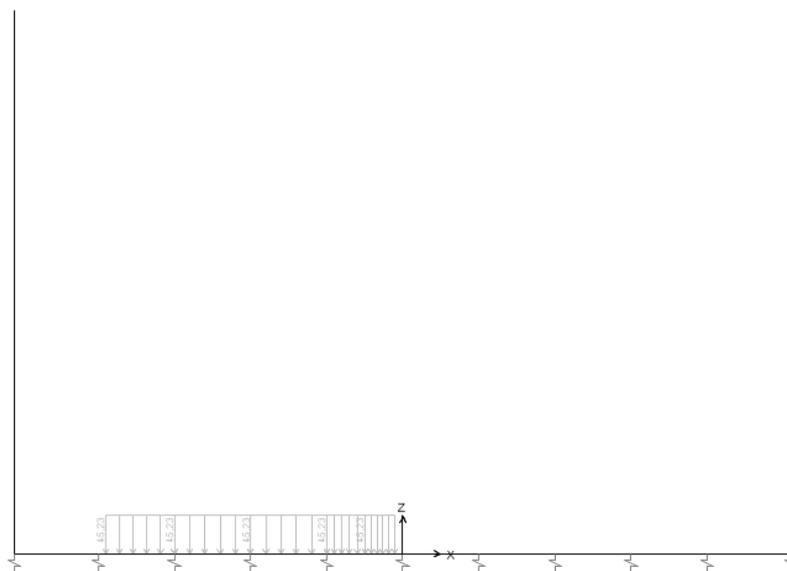


APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C 114 di 154

CDC 4 - Treno LM71- Traffico 1

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore:

$q_z = -45.23 \text{ kN/m}$

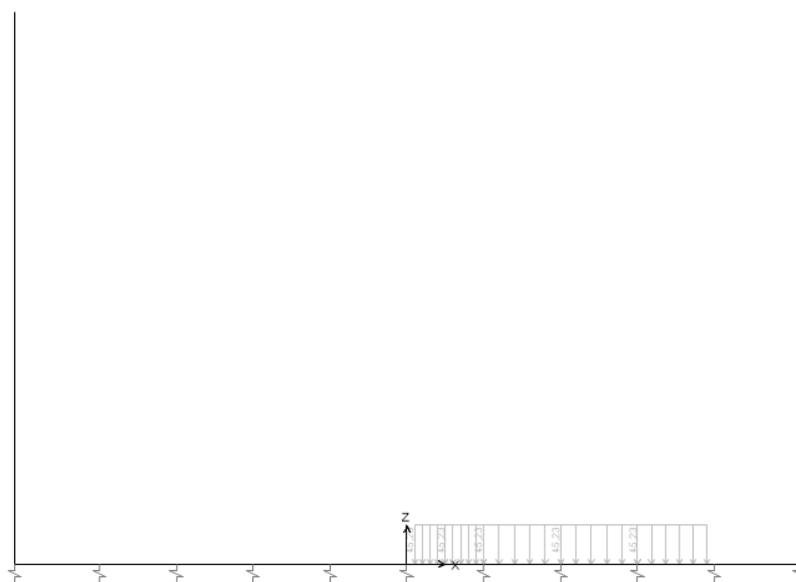


Carico LM71 – Primo binario

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	115 di 154

CDC 5 - Treno LM71- Traffico 2

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore: $q_z = -45.23 \text{ kN/m}$



Carico LM71 – Secondo binario

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 116 di 154

CDC 6 - AZIONE SISMICA ASSOCIATA ALLE MASSE PERMANENTI

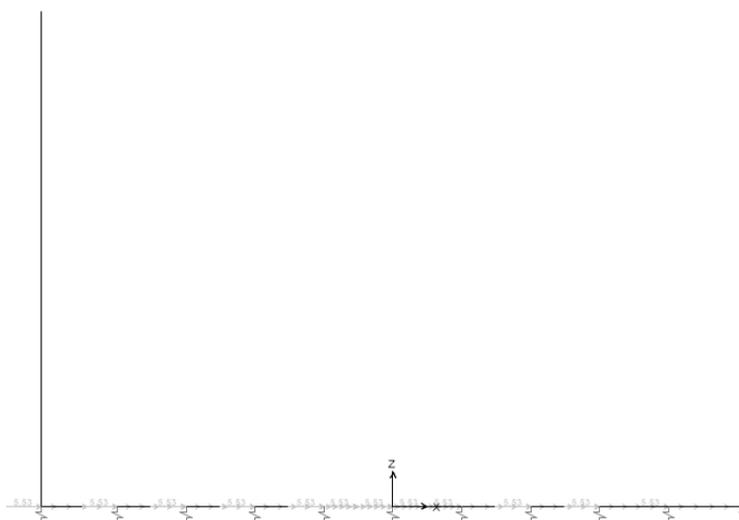
L'azione sismica agisce in direzione X

Il valore delle azioni orizzontali è calcolato in base alla seguente espressione:

$$F_x = 0.304 \cdot W$$

Per gli elementi strutturali l'azione è calcolata automaticamente dal programma.

Per gli elementi della soletta inferiore si ha: $q'_x = 0.304 \cdot 185.5 / 10.2 = \mathbf{5.53}$ kN/m



Sisma X carichi permanenti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 117 di 154

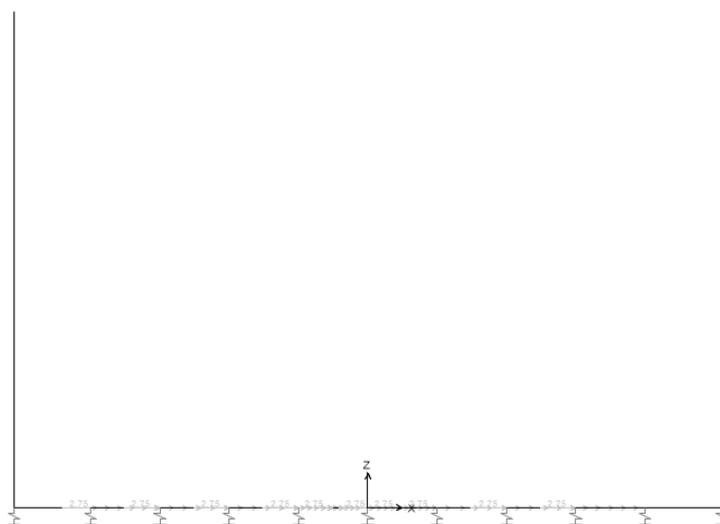
CDC 7 - AZIONE SISMICA ASSOCIATA AI CARICHI VARIABILI

L'azione sismica agisce in direzione X

Il valore delle azioni orizzontali è calcolato in base alla seguente espressione:

$$F_x = 0.304 \cdot W$$

Per gli elementi della soletta inferiore: $q_x = 0.304 \cdot 0.2 \cdot 45.23 = \mathbf{2.75 \text{ kN/m}}$



Sisma X per carichi variabili

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 118 di 154

CDC 8 - AZIONE SISMICA ASSOCIATA ALLE SPINTE DEL TERRENO IN DIR. X

Considerando che la fodera interna delle gallerie è a contatto con i diaframmi, si considera un'incremento di spinta sismica del terreno laterale, il cui valore applicato è un valore pesato sulle inerzie dei diaframmi e delle fodere.

$$\Delta P_{\text{spinta terreno WOOD, sisma fodera}} = \Delta P_{\text{spinta terreno WOOD, sisma}} * I_2 / (I_1 + I_2)$$

con $\Delta P_{\text{spinta terreno WOOD, sisma}}$ = incremento di spinta sismica (WOOD) calcolato precedentemente per il diaframma = 77.1 kN/m

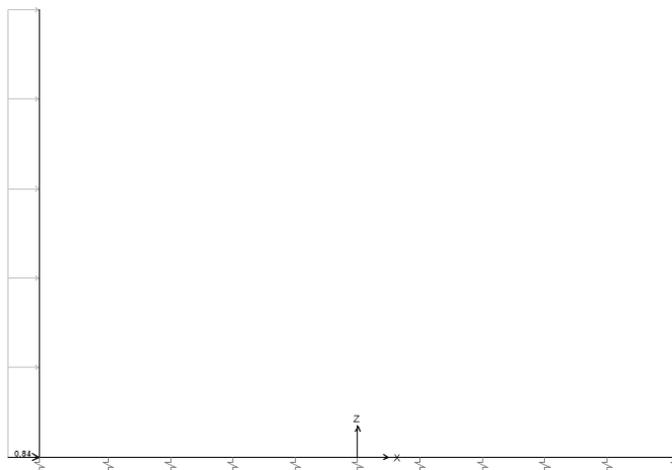
$$I_1 = \text{momento di inerzia del diaframma di larghezza unitaria} = 0.144 \text{ m}^4$$

$$I_2 = \text{momento di inerzia della fodera di larghezza unitaria} = 0.003573 \text{ m}^4$$

$$I_2 / (I_1 + I_2) = 0.0242$$

Carico distribuito uniforme su parete sx: $q_x = 77.1 \cdot 0.0242 = \mathbf{1.87 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_x = 1.87 \cdot 0.45 = \mathbf{0.84 \text{ kN}}$



Sovrappinta del terreno per sisma in direzione X

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 119 di 154

8.2.4 Condizioni di carico lato destro

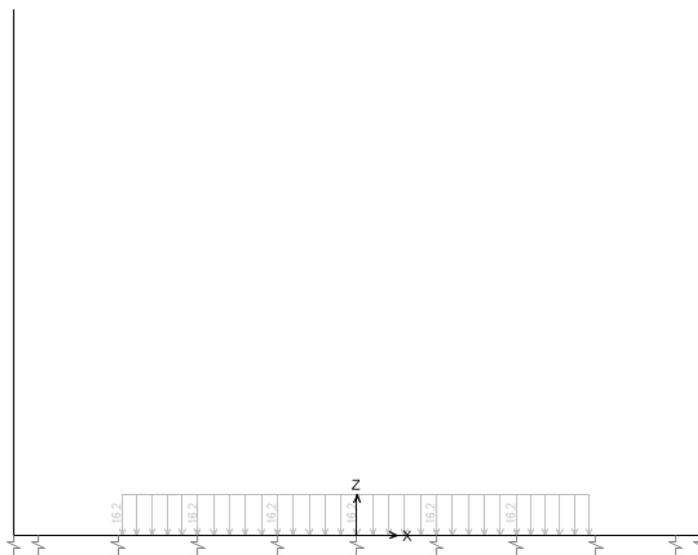
CDC 1 - PESO PROPRIO

Il carico da peso proprio è calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

CDC 2 - PERMANENTI

2a) Permanenti - Massicciata

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta inferiore: $q = 18 \cdot 0.9 = 16.2$ kN/m

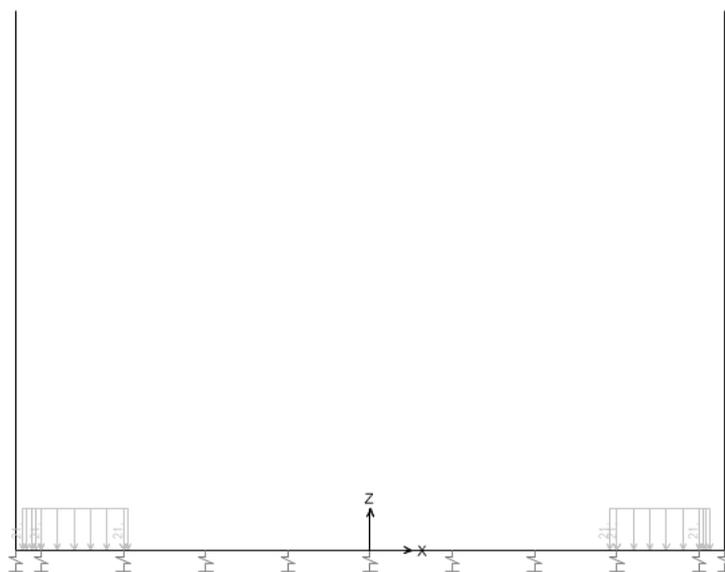


Permanenti - Massicciata

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 120 di 154

2b) *Permanenti - Marciapiedi*

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta inferiore: $q = 20 \cdot 1.35 = 27.0 \text{ kN/m}$



Permanenti - Marciapiedi

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 121 di 154

CDC 3 - SPINTA IDROSTATICA

Carico distribuito su soletta inferiore: $q_z = 10 \cdot 1.8 = \mathbf{18.0 \text{ kN/m}}$

Carico distribuito triangolare su parete sx: $q_x = 10 \cdot 1.475 = \mathbf{14.75 \text{ kN/m}}$

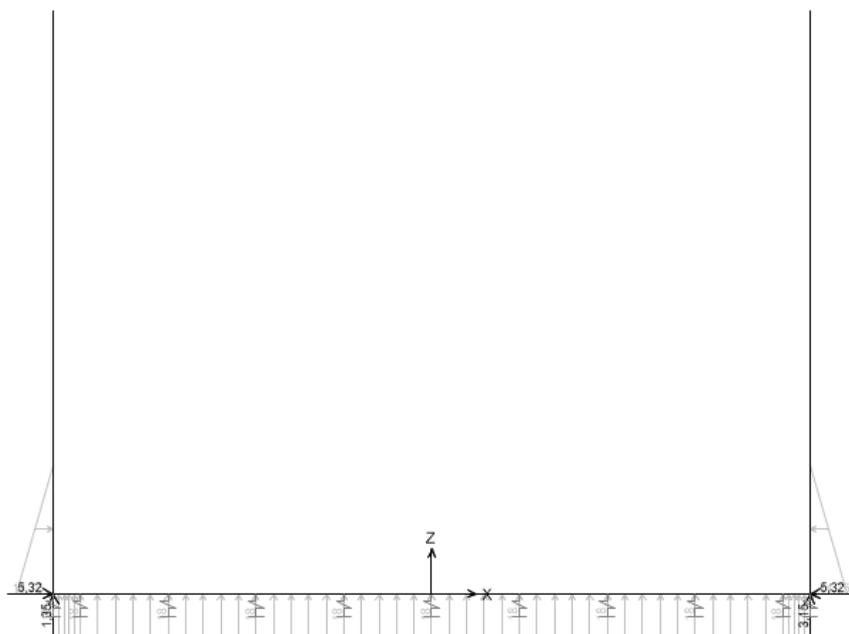
Carico distribuito triangolare su parete dx: $q'_x = -10 \cdot 1.475 = \mathbf{-14.75 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{z1} = 10 \cdot 1.8 \cdot 0.075 = \mathbf{1.35 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 3: $F_{z2} = 10 \cdot 1.8 \cdot 0.175 = \mathbf{3.15 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{x1} = (14.75 + 10 \cdot 0.325 / 2) \cdot 0.325 = \mathbf{5.32 \text{ kN}}$

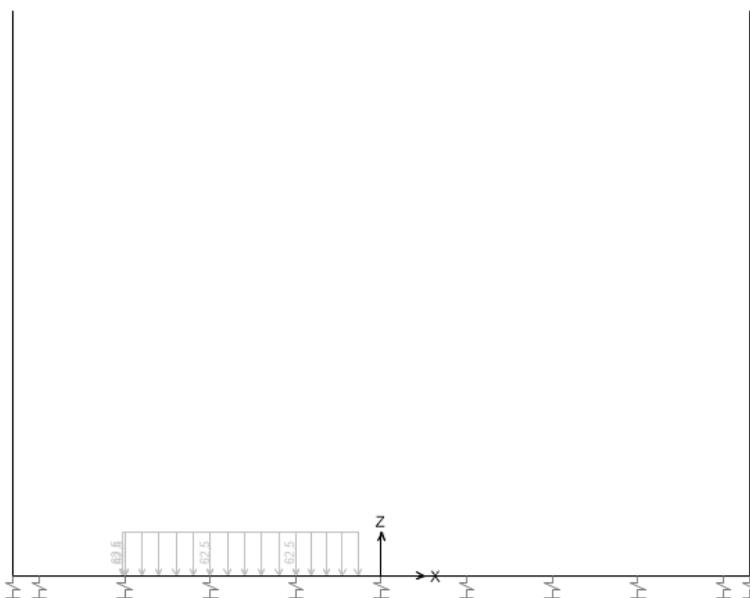
Carico concentrato su nodo 3: $F_{x2} = -(14.75 + 10 \cdot 0.325 / 2) \cdot 0.325 = \mathbf{-5.32 \text{ kN}}$



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	122 di 154

CDC 4 - Treno LM71- Traffico 1

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore: $q_z = -62.5 \text{ kN/m}$

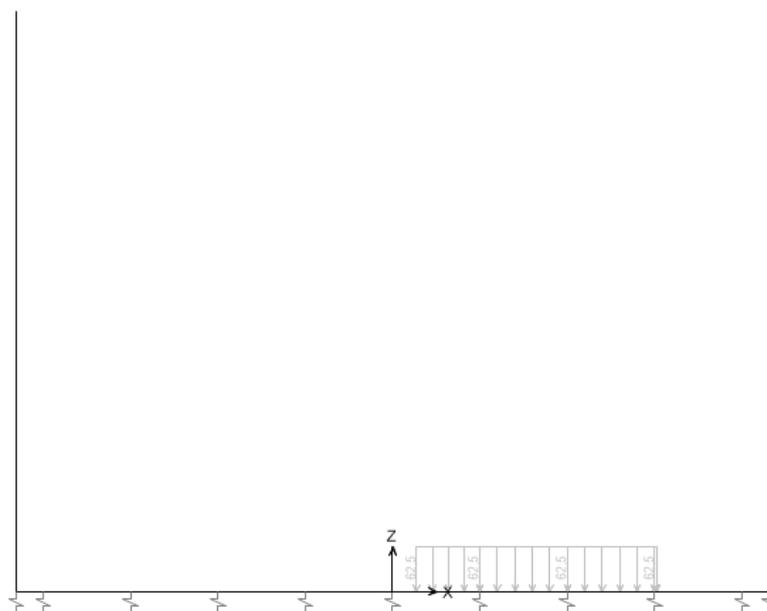


Carico LM71 – Primo binario

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	

CDC 5 - Treno LM71- Traffico 2

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore: $q_z = -62.5 \text{ kN/m}$



Carico LM71 – Secondo binario

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 124 di 154

CDC 6 - AZIONE SISMICA ASSOCIATA ALLE MASSE PERMANENTI

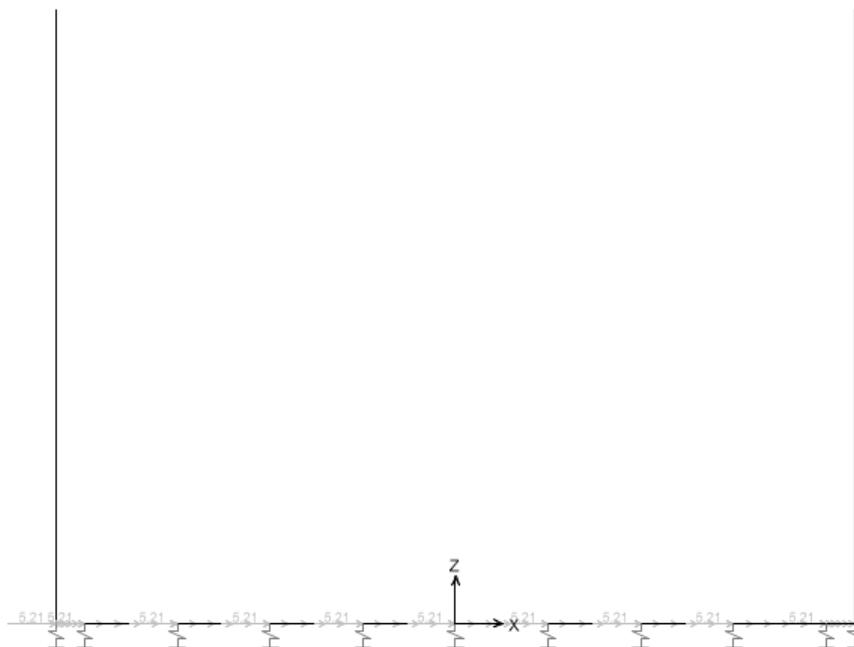
L'azione sismica agisce in direzione X

Il valore delle azioni orizzontali è calcolato in base alla seguente espressione:

$$F_x = 0.304 \cdot W$$

Per gli elementi strutturali l'azione è calcolata automaticamente dal programma.

Per gli elementi della soletta inferiore si ha: $q'_x = 0.304 \cdot 147.4 / 8.61 = \mathbf{5.21}$ kN/m



Sisma X carichi permanenti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	125 di 154

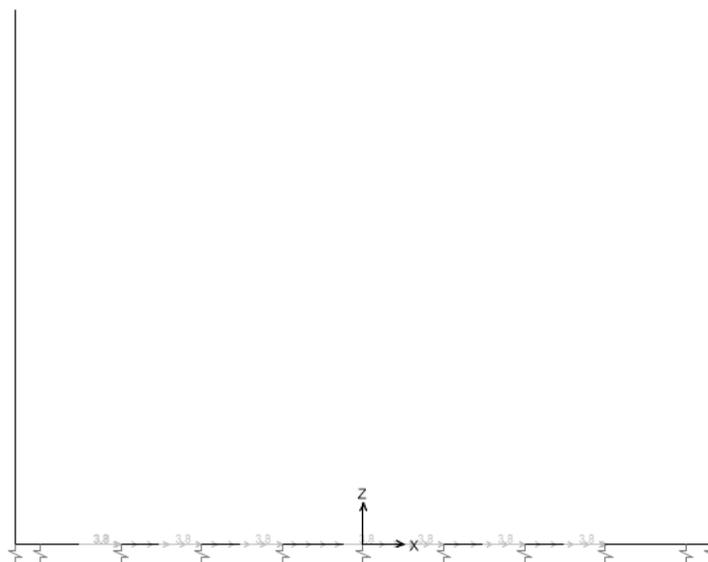
CDC 7 - AZIONE SISMICA ASSOCIATA AI CARICHI VARIABILI

L'azione sismica agisce in direzione X

Il valore delle azioni orizzontali è calcolato in base alla seguente espressione:

$$F_x = 0.304 \cdot W$$

Per gli elementi della soletta inferiore: $q_x = 0.304 \cdot 0.2 \cdot 62.5 = 3.8 \text{ kN/m}$



Sisma X per carichi variabili

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	126 di 154

CDC 8 - AZIONE SISMICA ASSOCIATA ALLE SPINTE DEL TERRENO IN DIR. -X

Considerando che la fodera interna delle gallerie è a contatto con i diaframmi, si considera un'incremento di spinta sismica del terreno laterale, il cui valore applicato è un valore pesato sulle inerzie dei diaframmi e delle fodere.

$$\Delta P_{\text{spinta terreno WOOD, sisma fodera}} = \Delta P_{\text{spinta terreno WOOD, sisma}} * I_2 / (I_1 + I_2)$$

con $\Delta P_{\text{spinta terreno WOOD, sisma}}$ = incremento di spinta sismica (WOOD) calcolato precedentemente per il diaframma = 77.1 kN/m

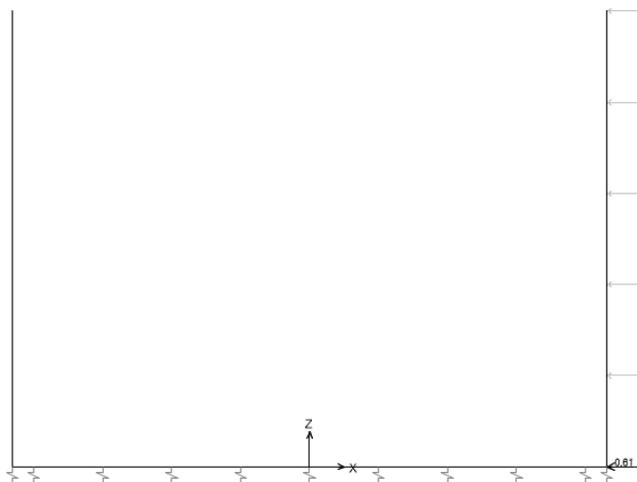
$$I_1 = \text{momento di inerzia del diaframma di larghezza unitaria} = 0.144 \text{ m}^4$$

$$I_2 = \text{momento di inerzia della fodera di larghezza unitaria} = 0.003573 \text{ m}^4$$

$$I_2 / (I_1 + I_2) = 0.0242$$

Carico distribuito uniforme su parete dx: $q_x = 77.1 \cdot 0.0242 = \mathbf{1.87 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_x = 1.87 \cdot 0.325 = \mathbf{0.61 \text{ kN}}$



Sovraspinta del terreno per sisma in direzione -X

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	127 di 154

8.2.5 Combinazioni di carico lato sinistro

Nelle combinazioni con le azioni sismiche sono state considerati i seguenti gruppi di carico:

Sisma X = sisma X permanenti + sisma X accidentali (se presenti)

Sovraspinta SX = spinta sismica terreno dir X

Sisma verticale = 0.14 (peso proprio + carichi permanenti)

Sisma vert. traffico = 0.14 (peso proprio + carichi permanenti) + 0.028 (traffico1+traffico 2)

Le combinazioni di carico considerate. per le verifiche di Stato Limite Ultimo e Stato Limite di Esercizio. sono riportate nelle seguenti tabelle:

Combinazioni SLU

	COMB1	COMB2	COMB3	COMB4	COMB5
Peso proprio	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Permanenti	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Spinta Falda	1,35	1,35	1,35	1,35	0
Traffico 1	0	1,45	0	1,45	1,45
Traffico 2	0	0	1,45	1,45	1,45

CMB SISMICHE	COMB6	COMB7	COMB8	COMB9	COMB10	COMB11	COMB12	COMB13	COMB14	COMB15	COMB16	COMB17	COMB18	COMB19	COMB20	COMB21
Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spinta Falda	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Traffico 1	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2
Traffico 2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2
Sisma X	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
Sovra spinta SX	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Sisma verticale	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0
Sisma vert. traffico	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.			ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 128 di 154

Combinazioni SLE rare

RARA	RAR1	RAR2	RAR3	RAR4	RAR5	RAR6
Peso proprio	1	1	1	1	1	1
Permanenti	1	1	1	1	1	1
Spinta Falda	1	1	1	0	0	0
Traffico 1	1	0	1	1	0	1
Traffico 2	0	1	1	0	1	1

Combinazioni SLE frequenti

RARA	RAR1	RAR2	RAR3	RAR4	RAR5	RAR6
Peso proprio	1	1	1	1	1	1
Permanenti	1	1	1	1	1	1
Spinta Falda	1	1	1	0	0	0
Traffico 1	1	0	1	1	0	1
Traffico 2	0	1	1	0	1	1

Combinazioni SLE quasi permanenti

QP	QP1	QP2
Peso proprio	1	1
Permanenti	1	1
Spinta Falda	1	1
Traffico 1	0	0
Traffico 2	0	0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 129 di 154

8.2.6 Combinazioni di carico lato destro

Nelle combinazioni con le azioni sismiche sono state considerati i seguenti gruppi di carico:

Sisma X = sisma X permanenti + sisma X accidentali (se presenti)

Sovrappinta DX = spinta sismica terreno dir -X

Sisma verticale = 0.14 (peso proprio + carichi permanenti)

Sisma vert. traffico = 0.14 (peso proprio + carichi permanenti) + 0.028 (traffico1+traffico 2)

Le combinazioni di carico considerate. per le verifiche di Stato Limite Ultimo e Stato Limite di Esercizio. sono riportate nelle seguenti tabelle:

Combinazioni SLU

	COMB1	COMB2	COMB3	COMB4	COMB5
Peso proprio	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Permanenti	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Spinta Falda	1,35	1,35	1,35	1,35	0
Traffico 1	0	1,45	0	1,45	1,45
Traffico 2	0	0	1,45	1,45	1,45

CMB SISMICHE	COMB6	COMB7	COMB8	COMB9	COMB10	COMB11	COMB12	COMB13	COMB14	COMB15	COMB16	COMB17	COMB18	COMB19	COMB20	COMB21
Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spinta Falda	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Traffico 1	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2
Traffico 2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2
Sisma X	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
Sovra spinta DX	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Sisma verticale	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0
Sisma vert. traffico	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1	0	0	1	-1

Le combinazioni SLE rare, SLE frequenti e SLE quasi permanenti sono le stesse utilizzate per lato sinistro.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	130 di 154

8.2.7 Output grafici e numerici

Nelle pagine seguenti sono riportati alcuni grafici esplicativi delle sollecitazioni relativi agli elementi.

Unità di misura degli outputs:

Forze [kN]

Momenti [kNm]

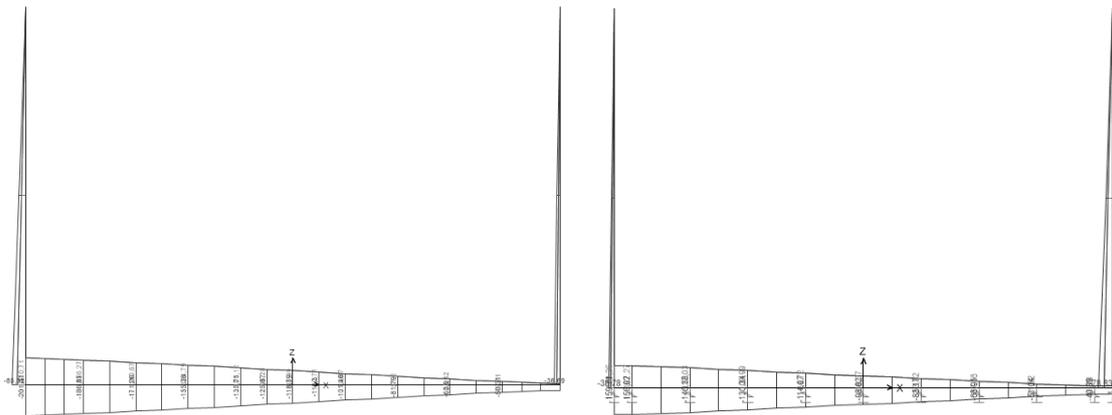
Reazioni totali – Lato SX

OutputCase	CaseType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
Peso Proprio	LinStatic	0	0	380.513
Permanenti Portati	LinStatic	0	0	185.49
Spinta idrostatica max	LinStatic	0	0	-261.26
Traffico ferroviario 1	LinStatic	0	0	171.874
Traffico ferroviario 2	LinStatic	0	0	171.874
Sisma trasversale	LinStatic	-172.082	0	0
Sisma verticale	LinStatic	0	0	79.24
Sisma verticale Traffico	LinStatic	0	0	88.865
Sisma trasversale Traffico	LinStatic	-192.982	0	0

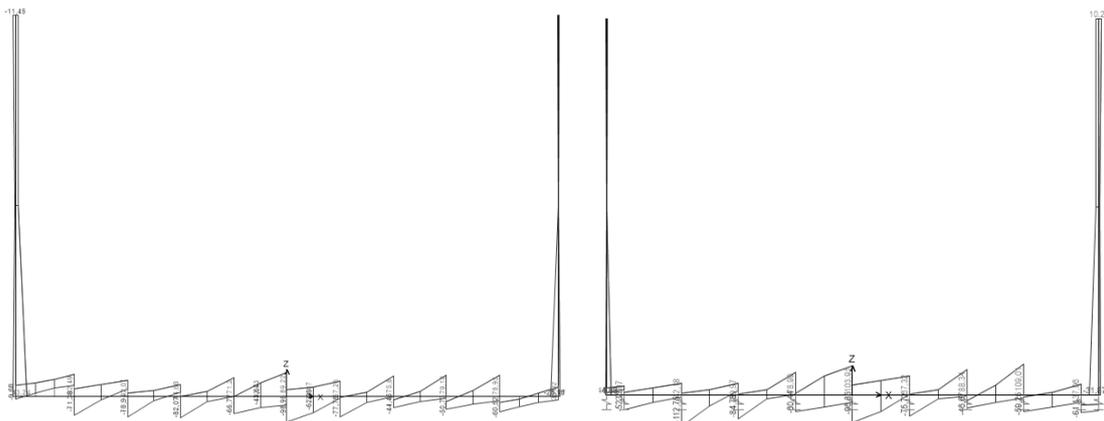
Reazioni totali – Lato DX

OutputCase	CaseType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
Peso Proprio	LinStatic	0	0	269.021
Permanenti Portati	LinStatic	0	0	147.432
Spinta idrostatica max	LinStatic	0	0	-159.48
Traffico ferroviario 1	LinStatic	0	0	171.875
Traffico ferroviario 2	LinStatic	0	0	171.875
Sisma trasversale	LinStatic	-126.64	0	0
Sisma verticale	LinStatic	0	0	58.303
Sisma verticale Traffico	LinStatic	0	0	67.928
Sisma trasversale Traffico	LinStatic	-147.54	0	0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 131 di 154

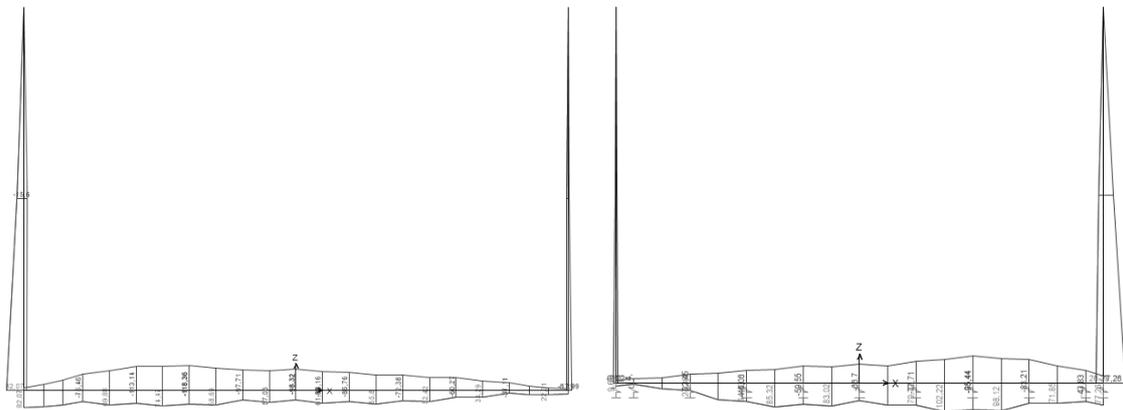


Combinazioni SLU - Involuppo – Azione assiale – lato SX e lato DX

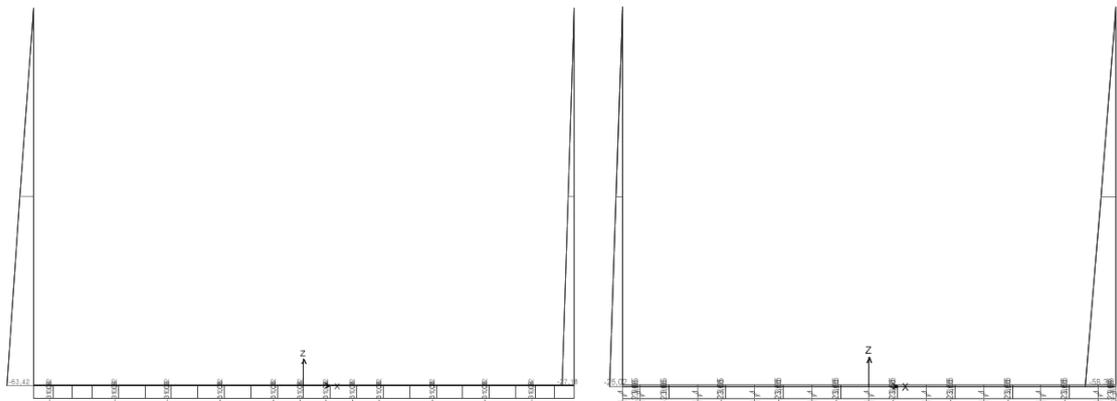


Combinazioni SLU - Involuppo – Taglio - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H.001	REV. C	PAGINA 132 di 154

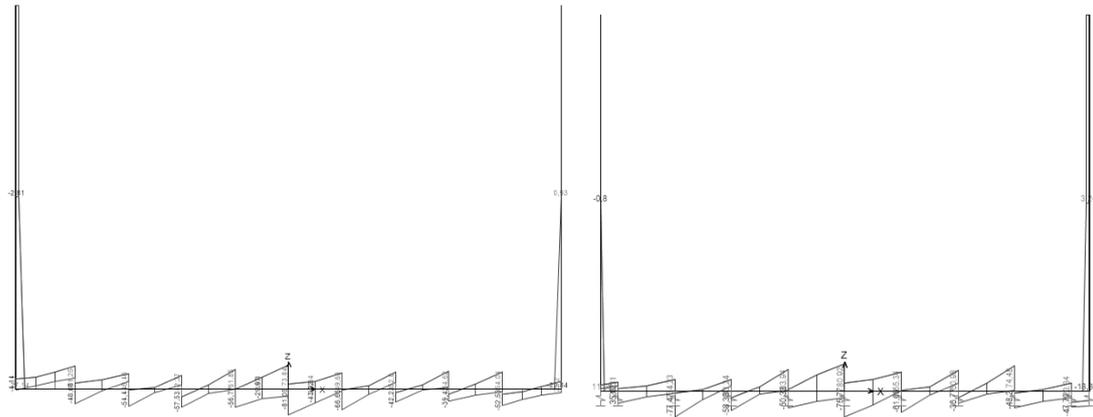


Combinazioni SLU - Inviluppo – Momento flettente - lato SX e lato DX

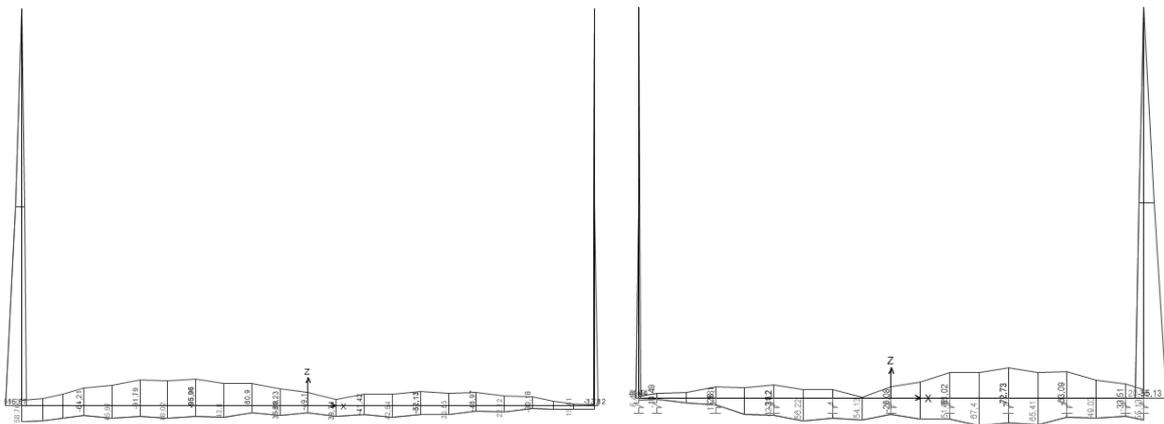


Combinazioni SLE RAR - Inviluppo – Azione assiale - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H.0.001	REV. C	PAGINA 133 di 154

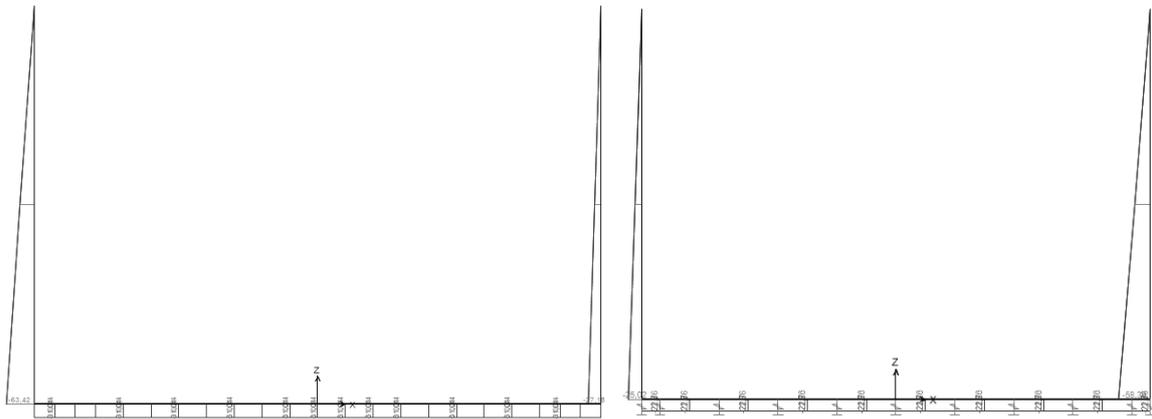


Combinazioni SLE RAR - Involuppo – Taglio - lato SX e lato DX

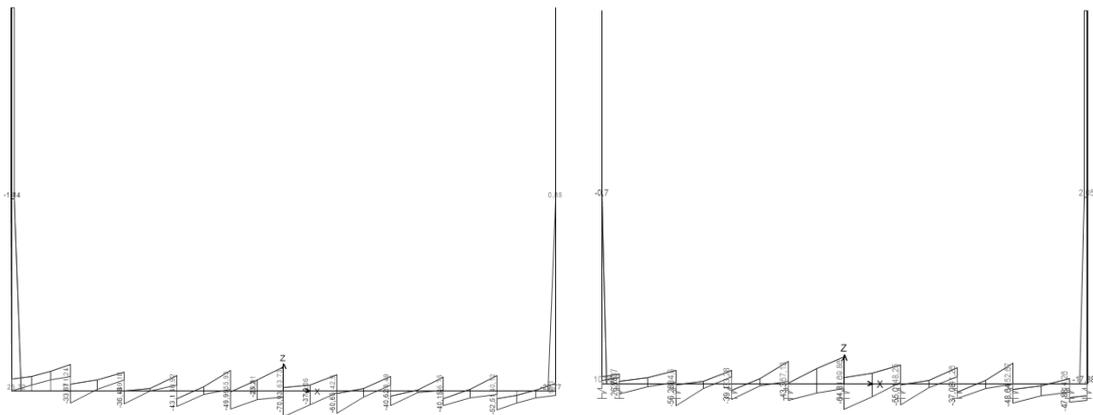


Combinazioni SLE RAR - Involuppo – Momento flettente - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 134 di 154

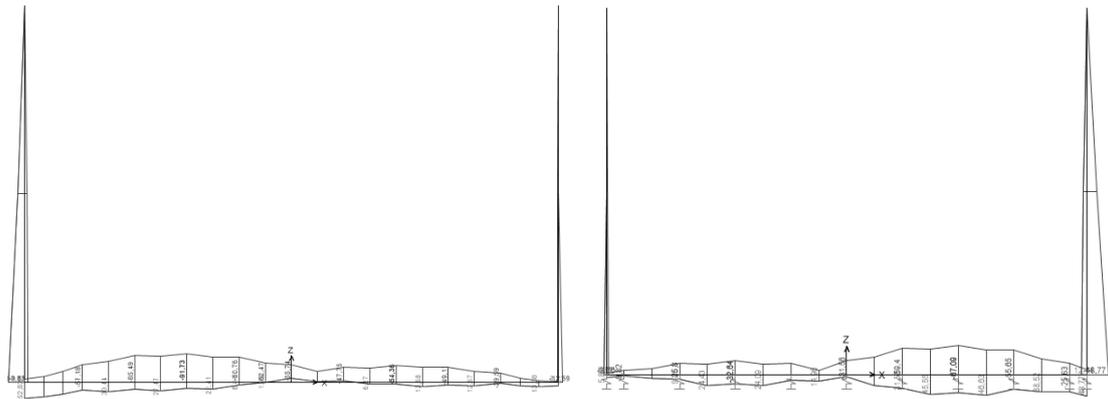


Combinazioni SLE FRQ - Involuppo – Azione assiale - lato SX e lato DX

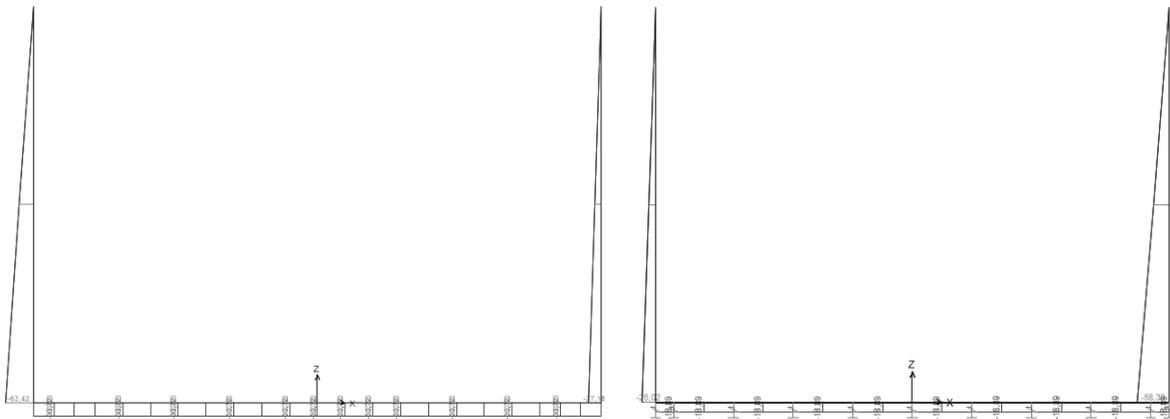


Combinazioni SLE FRQ - Involuppo – Taglio - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 135 di 154

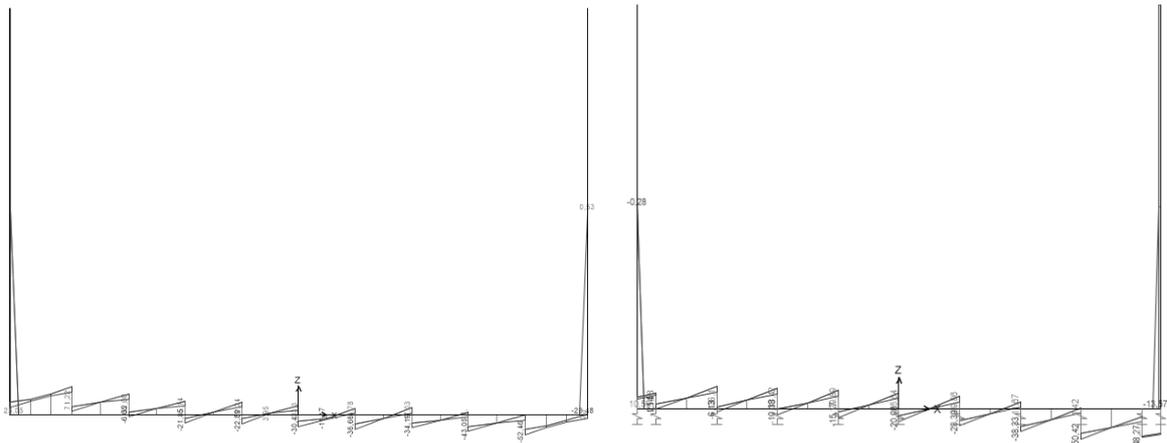


Combinazioni SLE FRQ - Involuppo – Momento flettente - lato SX e lato DX

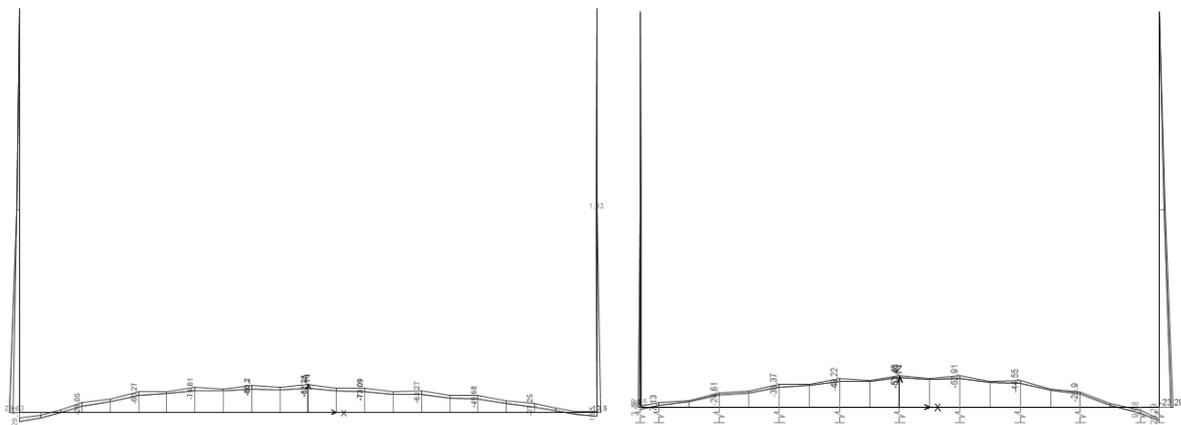


Combinazioni SLE QP - Involuppo – Azione assiale - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 136 di 154



Combinazioni SLE QP - Inviluppo – Taglio - lato SX e lato DX



Combinazioni SLE QP - Inviluppo – Momento flettente - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 137 di 154
		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					

8.3 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche sono condotte considerando un tratto di larghezza pari ad un metro.

Per le verifiche a fessurazione sono stati considerati i seguenti valori limite di apertura delle fessure in combinazione rara che risulta essere la più restrittiva e maggiormente sollecitata:

armature dal lato a contatto con il terreno: ambiente molto aggressivo $w_1 = 0.2$ mm

armature dal lato non a contatto con il terreno: ambiente aggressivo $w_2 = 0.3$ mm

Nelle verifiche di seguito riportate si è assunto un copriferro netto minimo pari a 4 cm.

8.3.1 Soletta inferiore lato sinistro

La soletta ha sezione variabile con armatura costante. A favore di sicurezza viene verificata applicando le massime sollecitazioni alla sezione di minimo spessore pari a 90 cm.

Armatura compressa: $\phi 22/20$

Armatura tesa: $\phi 22/20$

Verifica stato limite ultimo

Le azioni che forniscono il minimo coefficiente di sicurezza sono (modello lato sx, el. 9, COMB3):

$$N_{Ed} = -42.0 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_{Ed} = 118.4 \text{ kNm}$$

$$M_R = 627.8 \text{ kNm}$$

$$\gamma = \mathbf{5.30}$$

Verifica tensioni di esercizio

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 138 di 154

Le azioni che massimizzano la compressione del calcestruzzo e la trazione nell'acciaio sono (modello lato sx, el. 9, comb. SLERAR5):

$$N_{Ed} = -0.2 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_E = 96.0 \text{ kNm}$$

Le tensioni nel calcestruzzo e nelle armature sono:

$$\sigma_c = 1.1 \text{ N/mm}^2 < 0.60 f_{ck} = 14.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 64 \text{ N/mm}^2 < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica per combinazioni quasi permanenti viene omessa in quanto la tensione nel cls per combinazioni rare è già inferiore a quella limite (11.2 N/mm²).

Verifica di fessurazione:

Le azioni che massimizzano la sollecitazione dell'acciaio sono (modello lato sx, el. 9, comb. SLERAR5):

$$N_{Ed} = -0.2 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_E = 96.0 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.1 < 0.2 \text{ mm}$$

Verifica a taglio:

Il massimo taglio sollecitante è (modello lato sx, el. 7, comb. COMB3):

$$V_{Ed} = 99.2 \text{ kN}$$

Considerando spilli $\phi 14$, passo 10/m² e $\text{ctg}\theta = 2.5$ si ha:

$$V_{Rcd} = 2287 \text{ kN}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 139 di 154

$$V_{Rsd} = 1282 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd} , V_{Rsd}) = 1282 > V_{Ed}$$

8.3.2 Soletta inferiore lato destro

SEZIONI DI ESTREMITA' (sp. 65 cm)

Armatura compressa: $\phi 22/20$

Armatura tesa: $\phi 22/20$

Verifica stato limite ultimo

Le azioni che forniscono il minimo valore del coefficiente di sicurezza sono (modello lato dx, el. 15, COMB2):

$$N_{Ed} = 16.8 \text{ kN (traz.)}$$

$$M_{Ed} = 83.2 \text{ kNm}$$

$$M_R = 429.8 \text{ kNm}$$

$$\gamma = \mathbf{5.17}$$

Verifica tensioni di esercizio

Le azioni che massimizzano la compressione del calcestruzzo e la trazione nell'acciaio sono (modello lato dx, el. 15, comb. SLERAR4):

$$N_{Ed} = 3.0 \text{ kN (traz.)}$$

$$M_{Ed} = 63.1 \text{ kNm}$$

Le tensioni nel calcestruzzo e nelle armature sono:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 140 di 154

$$\sigma_c = 1.3 \text{ N/mm}^2 < 0.60 f_{ck} = 14.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 61 \text{ N/mm}^2 < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica per combinazioni quasi permanenti viene omessa in quanto la tensione nel cls per combinazioni rare è già inferiore a quella limite (11.2 N/mm²).

Verifica di fessurazione:

Le azioni che massimizzano la fessurazione sono (modello lato dx, el. 15, comb. SLERAR4):

$$N_{Ed} = 3.0 \text{ kN (traz.)}$$

$$M_{Ed} = 63.1 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.1 \text{ mm} < 0.2 \text{ mm}$$

Verifica a taglio:

Il massimo taglio sollecitante è (modello lato dx, el. 7, comb. COMB1):

$$V_{Ed} = 61.1 \text{ kN}$$

Considerando spilli $\phi 8$, passo 10/m² e $\text{ctg}\theta = 2.5$ si ha:

$$V_{Rcd} = 1449 \text{ kN}$$

$$V_{Rsd} = 812 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) = 812 > V_{Ed}$$

SEZIONI CENTRALI (sp. 90-100 cm)

Armatura compressa: $\phi 22/20$

Armatura tesa: $\phi 22/20$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C 141 di 154

Le verifiche vengono omesse in quanto le sezioni sono meno sollecitate ed hanno la stessa armatura ma altezza leggermente superiore rispetto alla già verificata sezione del lato sinistro.

8.3.3 Piedritti laterali di spessore 35 cm

Armatura compressa: $\phi 16/20$

Armatura tesa: $\phi 16/20$

Verifica stato limite ultimo

Le azioni che forniscono il minimo valore del coefficiente di sicurezza sono (modello lato sx, el. 1, COMB2):

$$N_{Ed} = -85.6 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_{Ed} = 82.1 \text{ kNm}$$

$$M_R = 125.4 \text{ kNm}$$

$$\gamma = \mathbf{1.53}$$

Verifica tensioni di esercizio

Le azioni di verifica sono (modello lato sx, el. 1, comb. SLERAR1):

$$N_{Ed} = -63.4 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_{Ed} = 58.8 \text{ kNm}$$

Le tensioni nel calcestruzzo e nelle armature sono:

$$\sigma_c = 5.0 \text{ N/mm}^2 < 0.60 f_{ck} = 14.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 184 \text{ N/mm}^2 < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 142 di 154

La verifica per combinazioni quasi permanenti viene omessa in quanto la tensione nel cls per combinazioni rare è già inferiore a quella limite (11.2 N/mm²).

Verifica di fessurazione:

Le azioni che massimizzano lo stato fessurativo sono (modello lato sx, el. 1, comb. SLERAR1):

$$N_{Ed} = -63.4 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_{Ed} = 58.8 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.16 < 0.2 \text{ mm}$$

Verifica a taglio:

Il massimo taglio sollecitante è (modello lato sx, el. 1, comb. COMB6):

$$V_{Ed} = 43.2 \text{ kN}$$

Considerando spilli $\phi 8$, passo 9/m² e $\text{ctg}\theta = 2.5$ si ha:

$$V_{Rcd} = 724 \text{ kN}$$

$$V_{Rsd} = 119 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) = 119 > V_{Ed}$$

8.3.4 Piedritti laterali di spessore 15 cm

Armatura compressa: $\phi 16/20$

Armatura tesa: $\phi 16/20$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 143 di 154

Verifica stato limite ultimo

Le azioni che forniscono il minimo valore del coefficiente di sicurezza sono (modello lato sx, el. 2, COMB3):

$$N_{Ed} = -36.7 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_{Ed} = 18.0 \text{ kNm}$$

$$M_R = 36.7 \text{ kNm}$$

$$\gamma = \mathbf{2.04}$$

Verifica tensioni di esercizio

Le azioni di verifica sono (modello lato sx, el. 2, comb. SLERAR2):

$$N_{Ed} = -27.2 \text{ kN (compr.)}$$

$$M_{Ed} = 13.1 \text{ kNm}$$

Le tensioni nel calcestruzzo e nelle armature sono:

$$\sigma_c = 7.4 \text{ N/mm}^2 < 0.60 f_{ck} = 14.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 131 \text{ N/mm}^2 < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica per combinazioni quasi permanenti viene omessa in quanto la tensione nel cls per combinazioni rare è già inferiore a quella limite (11.2 N/mm²).

Verifica di fessurazione:

Le azioni che massimizzano lo stato fessurativo sono (modello lato sx, el. 2, comb. SLERAR2):

$$N_{Ed} = -27.2 \text{ kN (compr.)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 144 di 154

$$M_{Ed} = 13.1 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.16 < 0.2 \text{ mm}$$

Verifica a taglio:

Il massimo taglio sollecitante è (modello lato sx, el. 2, comb. COMB3):

$$V_{Ed} = 28.2 \text{ kN}$$

Considerando spilli $\phi 8$, passo $9/m^2$ e $\text{ctg}\theta = 2.5$ si ha:

$$V_{Rcd} = 241 \text{ kN}$$

$$V_{Rsd} = 240 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd}, V_{Rsd}) = 40 > V_{Ed}$$

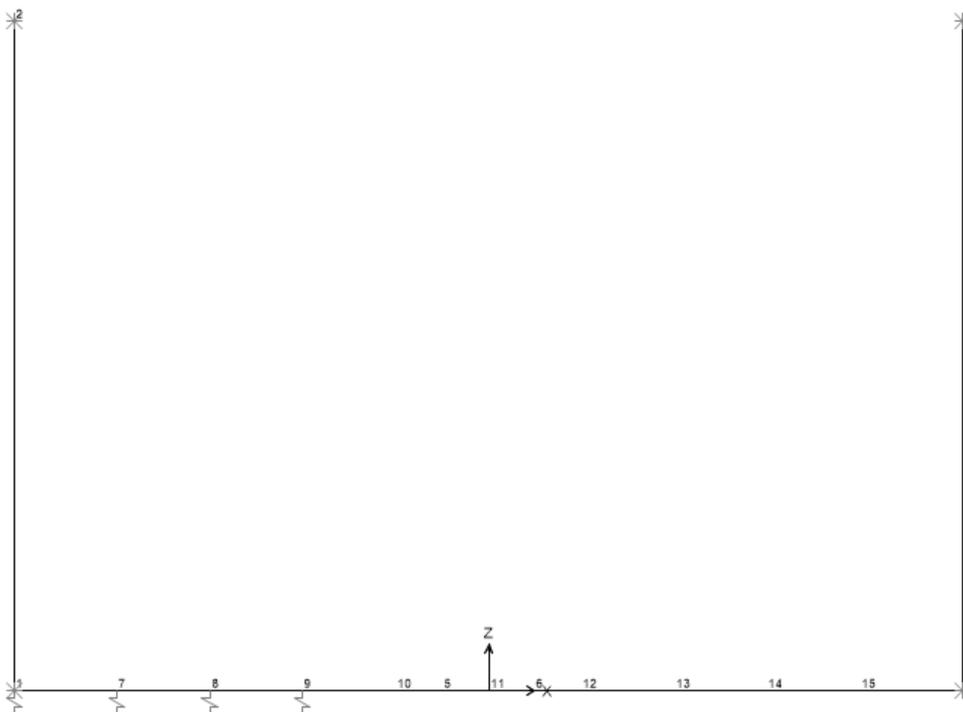
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 145 di 154

8.4 MODELLI DI CALCOLO PER COMBINAZIONE SOLLEVAMENTO (UPL)

A differenza di tutte le combinazioni presenti nei paragrafi precedenti, che non presentano mai molle in trazione, la combinazione di carico peso proprio + 1.35 spinta idrostatica necessita l'utilizzo di un modello di carico in cui vengono eliminate le molle in trazione per ciascuna delle due fodere.

8.4.1 Modello soletta sinistra

La geometria rimane la stessa della relazione delle fodere con la soppressione delle molle nei nodi da 10 a 15 ed al nodo 3.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	146 di 154

La rigidità delle molle è stata determinata in base all'espressione:

$$k_{\text{wert}} = E / [(1-\nu^2) \cdot B] = 40000 / [(1-\nu^2) \cdot 10.45] = 4206 \text{ kN/m}^2 / \text{m}$$

dove:

$$E = E_0 / 5 = 200 / 5 = 40 \text{ MPa}$$

$$B = \text{larghezza totale fodera} = 10.45 \text{ m}$$

La rigidità di ciascuna molla è determinata in base alla lunghezza di influenza come mostrato nella seguente tabella

L (m)	k (kN/m)
1.0	4206
$(1.0 + 1.1) / 2 = 1.05$	4416.3
$(1.1 / 2 + 0.075) = 0.625$	2628.75
$(1.1 / 2 + 0.175) = 0.725$	3049.35

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	147 di 154			

CMB 22 - PP + 1.35 SPINTA IDROSTATICA

Il carico da peso proprio è calcolato automaticamente dal programma di calcolo considerando come valore del calcestruzzo armato **25.0 kN/m³**

Carico distribuito su soletta inferiore: $q_z = 1.35 \cdot 10 \cdot 2.5 = \mathbf{33.75 \text{ kN/m}}$

Carico distribuito triangolare su parete sx: $q_x = 1.35 \cdot 10 \cdot 2.05 = \mathbf{27.68 \text{ kN/m}}$

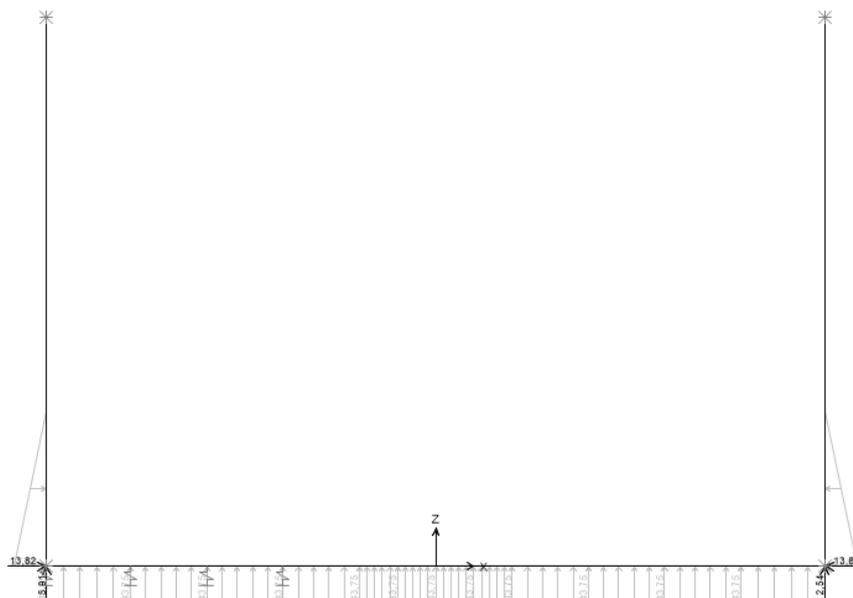
Carico distribuito triangolare su parete dx: $q'_x = -1.35 \cdot 10 \cdot 2.05 = \mathbf{-27.68 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{z1} = 1.35 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 0.175 = \mathbf{5.91 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 3: $F_{z2} = 1.35 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 0.075 = \mathbf{2.54 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{x1} = 1.35 \cdot (20.5 + 10 \cdot 0.45 / 2) \cdot 0.45 = \mathbf{13.82 \text{ kN}}$

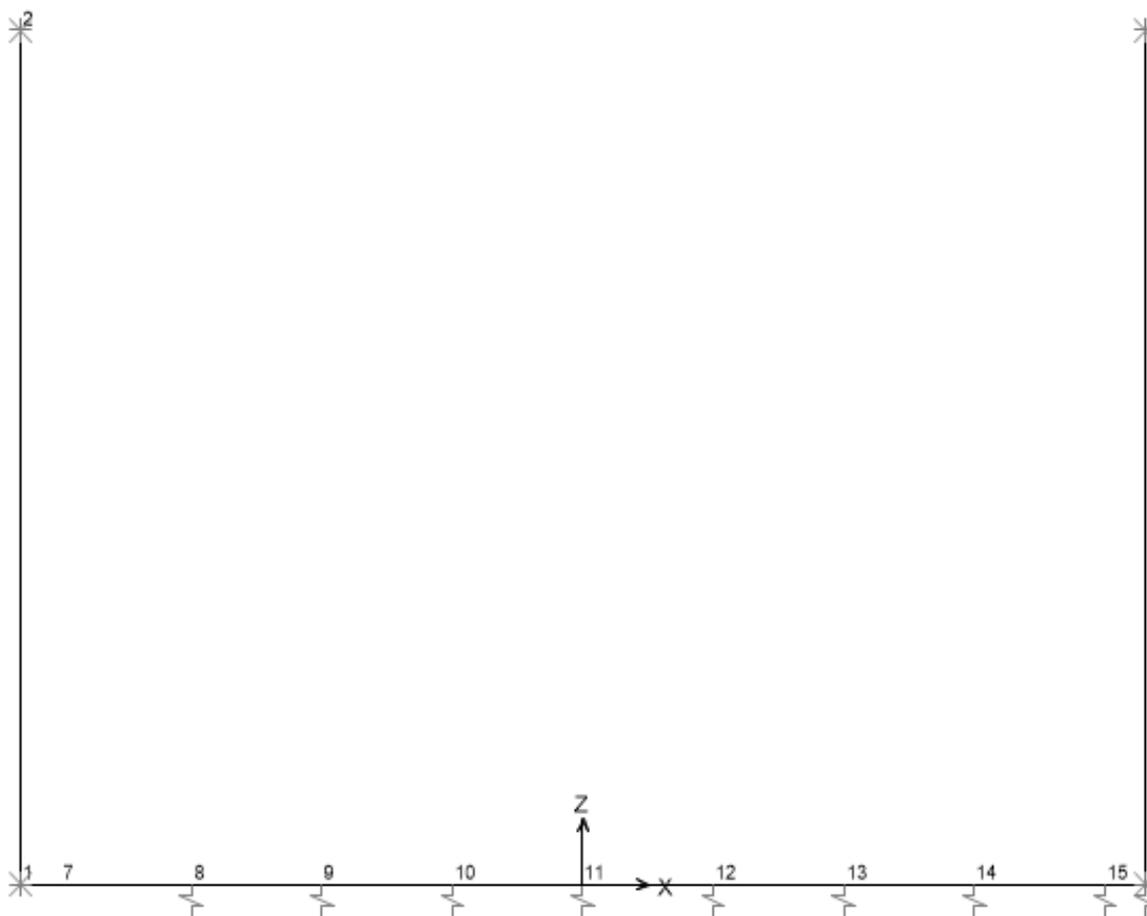
Carico concentrato su nodo 3: $F_{x2} = -1.35 \cdot (20.5 + 10 \cdot 0.45 / 2) \cdot 0.45 = \mathbf{-13.82 \text{ kN}}$



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 148 di 154

8.4.2 *Modello soletta destra*

La geometria rimane la stessa della relazione delle fodere con la soppressione delle molle nei nodi 1 e 7.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI					
		TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	149 di 154

La rigidità delle molle è stata determinata in base all'espressione:

$$k_{\text{wert}} = E / [(1-\nu^2) \cdot B] = 40000 / [(1-\nu^2) \cdot 8.86] = 4961.2 \text{ kN/m}^2 / \text{m}$$

dove:

$$E = E_0 / 5 = 200 / 5 = 40 \text{ MPa}$$

$$B = \text{larghezza totale fodera} = 8.86 \text{ m}$$

La rigidità di ciascuna molla è determinata in base alla lunghezza di influenza come mostrato nella seguente tabella

L (m)	k (kN/m)
1.0	4961.2
$(1.0 + 0.305) / 2 = 0.6525$	3237.2
$(0.305 / 2 + 0.075) = 0.2275$	1128.7
$(0.305 / 2 + 0.175) = 0.3275$	1624.8

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 150 di 154

CMB 22 - PP + 1.35 SPINTA IDROSTATICA

Il carico da peso proprio è calcolato automaticamente dal programma di calcolo considerando come valore del calcestruzzo armato **25.0 kN/m³**

Carico distribuito su soletta inferiore: $q_z = 1.35 \cdot 10 \cdot 1.8 = \mathbf{24.3 \text{ kN/m}}$

Carico distribuito triangolare su parete sx: $q_x = 1.35 \cdot 10 \cdot 1.475 = \mathbf{19.91 \text{ kN/m}}$

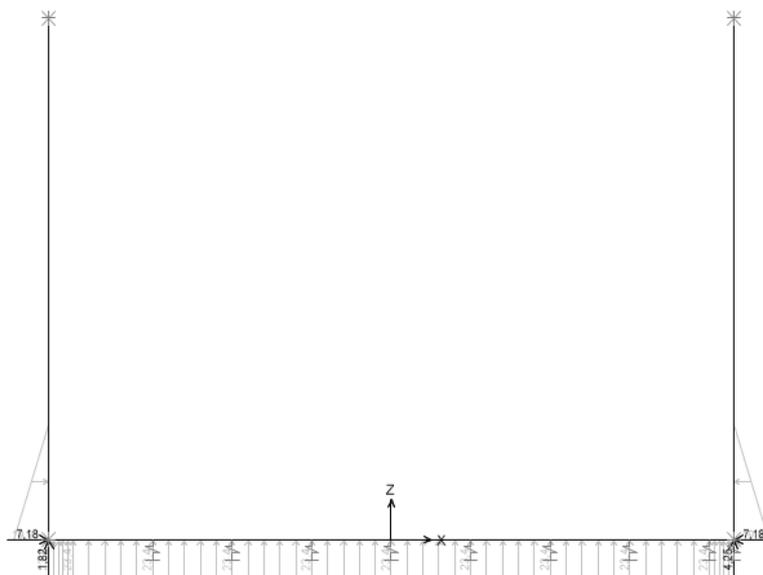
Carico distribuito triangolare su parete dx: $q'_x = -1.35 \cdot 10 \cdot 1.475 = \mathbf{-19.91 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{z1} = 1.35 \cdot 10 \cdot 1.8 \cdot 0.075 = \mathbf{1.82 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 3: $F_{z2} = 1.35 \cdot 10 \cdot 1.8 \cdot 0.175 = \mathbf{4.25 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 1: $F_{x1} = 1.35 \cdot (14.75 + 10 \cdot 0.325 / 2) \cdot 0.325 = \mathbf{7.18 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 3: $F_{x2} = -1.35 \cdot (14.75 + 10 \cdot 0.325 / 2) \cdot 0.325 = \mathbf{-7.18 \text{ kN}}$



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C PAGINA 151 di 154

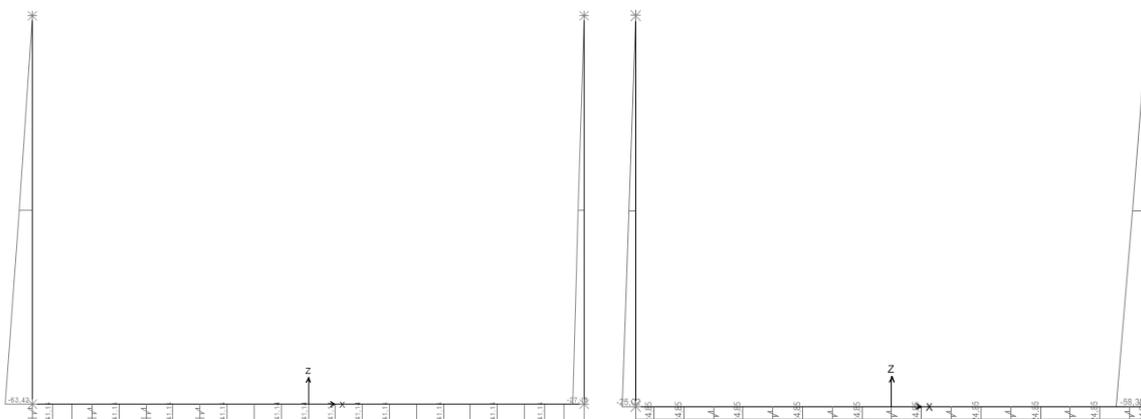
8.4.3 Output grafici e numerici

Nelle pagine seguenti sono riportati alcuni grafici esplicativi delle sollecitazioni relativi agli elementi.

Unità di misura degli outputs:

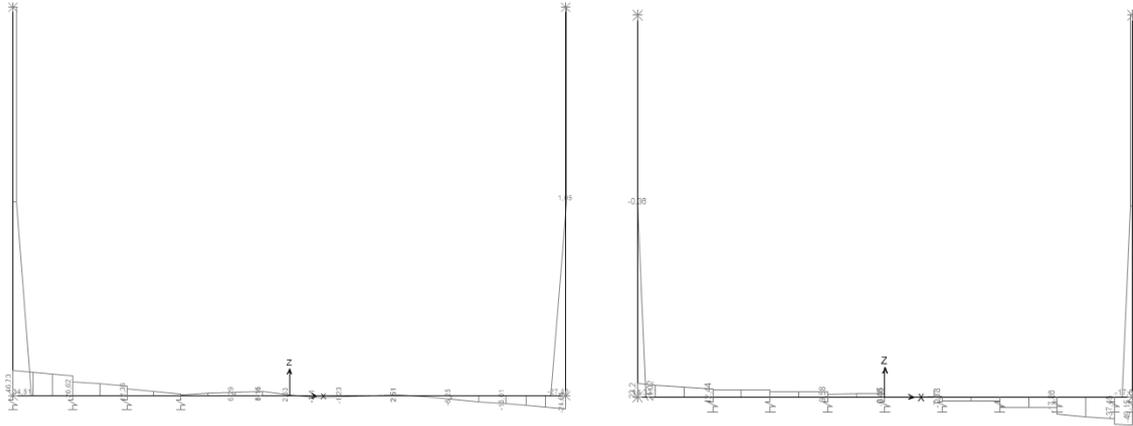
Forze [kN]

Momenti [kNm]

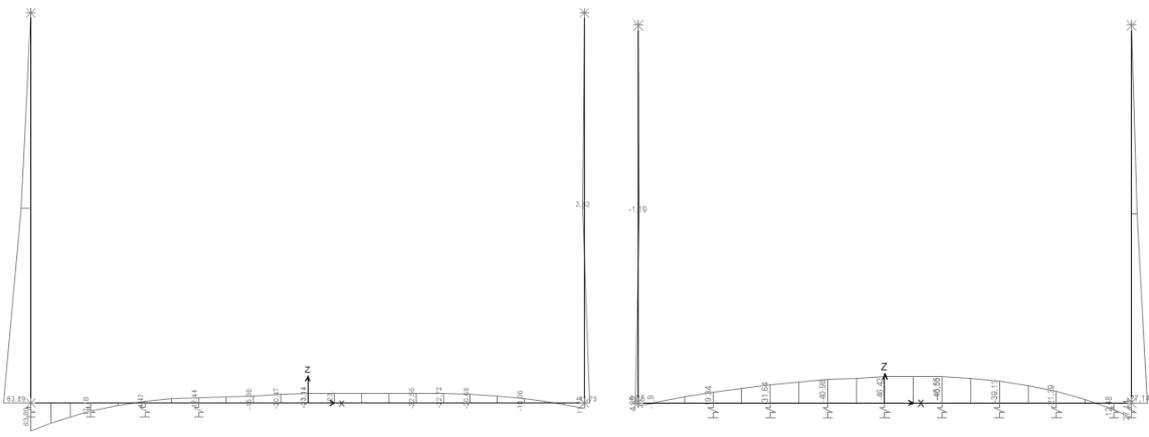


Combinazione PP + 1.35 Spinta idraulica – Azione assiale – lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. C	PAGINA 152 di 154



Combinazione PP + 1.35 - Taglio - lato SX e lato DX



Combinazione PP + 1.35 – Momento flettente - lato SX e lato DX

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.H0.001	C	153 di 154

Le massime sollecitazioni nella soletta lato sinistro sono:

$$M_{\max} = 63.9 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -23.1 \text{ kNm}$$

$$N_{\max} = 63.4 \text{ kN (compressione)}$$

$$V_{\max} = 46.7 \text{ kN}$$

Le massime sollecitazioni nella soletta lato destro sono:

$$M_{\max} = 27.1 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -46.5 \text{ kNm}$$

$$N_{\max} = 58.4 \text{ kN (compressione)}$$

$$V_{\max} = 49.2 \text{ kN}$$

Il massimo momento flettente nel piedritto sp. 35 cm:

$$M_{\max} = 63.9 \text{ kNm (fodera SX)}$$

Il massimo momento flettente nel piedritto sp. 15 cm:

$$M_{\max} = 11.7 \text{ kNm (fodera SX)}$$

Tali valori sono tutti sensibilmente inferiori ai valori utilizzati per le verifiche delle sezioni.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo - Sezione tipo H		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.H0.001	REV. PAGINA C 154 di 154

8.5 ELENCO FERRI

Nel presente paragrafo si riporta il calcolo delle incidenze degli elementi strutturali, valutato a partire dai quantitativi di armatura necessari per il corretto funzionamento delle strutture e verificati nei paragrafi precedenti. Per tener conto delle armature di ripartizione si è considerato un 30% del quantitativo totale delle armature di forza. Il valore ottenuto è stato ulteriormente incrementato del 50% per tenere in considerazione armature necessarie a garantire la resistenza al taglio, ferri di costruzione e sovrapposizioni.

Il valore di incidenza così ottenuto è stato poi incrementato per la stima delle quantità globali al fine di tenere in considerazione tutte le possibili variabilità in gioco, connesse a:

- l'assunzione di coefficienti forfettari per la stima delle armature di ripartizione e di costruzione;
- la variabilità strutturale che potrebbe richiedere in punti singolari un quantitativo superiore di armatura per particolarità geometriche.

Il valore così ottenuto (incidenza da calcolo + amplificazione cautelativa) è quello considerato nel computo metrico ed è presentato nella "Tabella materiali ed incidenze (IF1M.0.0.E.ZZ.TT.GA.00.0.0.001)."

Elemento Strutturale		Incidenza da calcolo (kg/m ³)
Fondazione (sx)	Sp. 90-150 cm	95
Armatura superiore	5φ22/m	
Armatura inferiore	5φ22/m	
Armatura a taglio (spilli)	10φ14/mq	
Fodera lat (sx)	Sp. 35 cm	130
Armatura interna	5φ16/m	
Armatura esterna	5φ16/m	
Armatura a taglio (staffe)	9φ10/mq	
Fodera centrale (sx)	Sp. 15 cm	130
Armatura interna	5φ16/m	
Armatura esterna	5φ16/m	
Armatura a taglio (staffe)	9φ10/mq	
Fondazione (dx)	Sp. 65-105 cm	95
Armatura superiore	5φ22/m	
Armatura inferiore	5φ22/m	
Armatura a taglio (spilli)	10φ14/mq	
Fodera lat (dx)	Sp. 35 cm	130
Armatura interna	5φ16/m	
Armatura esterna	5φ16/m	
Armatura a taglio (staffe)	9φ10/mq	
Fodera centrale (dx)	Sp. 15 cm	130
Armatura interna	5φ16/m	
Armatura esterna	5φ16/m	
Armatura a taglio (staffe)	9φ10/mq	