

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	1

INDICE

1.. PREMESSA	2
2.. INDIVIDUAZIONE E DESCRIZIONE DELLE CONDOTTE COIVOLTE	2
2.1 SI04 – INTERFERENZA INT14	4
2.2 SI05 – INTERFERENZA INT15	4
2.3 SI13 – INTERFERENZA INT23	5
2.4 SI14 – INTERFERENZA INT24	5
3.. STIMA DEI CEDIMENTI IN CAMPO LIBERO	6
4.. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	9
4.1 IMBOCCO LATO LESINA – COPERTURE BASSE	10
4.2 IMBOCCO LATO TERMOLI – COPERTURE ALTE	11
5.. STIMA DEI CEDIMENTI POST-INTERVENTO	11
5.1 IMBOCCO LATO LESINA	11
5.1.1 Criteri di verifica.....	12
5.1.2 Riassunto della analisi.....	12
5.1.3 Verifiche dei cedimenti	15
5.2 IMBOCCO LATO TERMOLI.....	25
5.2.1 Criteri di verifica.....	25
5.2.2 Riassunto della analisi.....	25
5.2.3 Verifiche dei cedimenti	28
6.. CONCLUSIONI	31

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B

1. PREMESSA

Il presente elaborato attiene la progettazione esecutiva per la realizzazione dei Lotti 2 e 3 Termoli - Ripalta del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 0+000 al km 24+900, per uno sviluppo di circa 24,9 km.

Con Ordinanza n.3 del Commissario Straordinario del 24 giugno 2021, si procede all'approvazione del Progetto Definitivo, di cui all'allegato 43 dello Schema di Convenzione, sulla scorta della nota del 24 giugno 2021, Prot. RFI-DIN.GIA0011\P\2021\315, con la quale la Responsabile della struttura Gestione investimenti della Direzione Investimenti di RFI, ha trasmesso la Relazione istruttoria, che propone al Commissario straordinario l'approvazione del progetto definitivo della tratta ferroviaria Termoli-Ripalta, ai sensi e per gli effetti del combinato disposto all'art.4, comma 2, della L. n.55/2019, degli artt.166 e 167, comma 5, del D.Lgs. n.163/2006 e s.m.i., e degli artt.10 e 12 del DPR n.327/2001 e s.m.i..

L'Ordinanza, tra le varie prescrizioni, al punto 44 cita con riferimento alla realizzazione della galleria Campomarino:

“Garantire cedimento nullo sia nella fase di esecuzione che nella fase di esercizio dando assicurazione, anche in caso di sollecitazioni derivanti da vibrazioni, nei casi di condotta esistente in c. a. Per le altre tipologie, valutare le condizioni caso per caso in sede di progetto esecutivo e, in alternativa, prevedere delle opere a salvaguardia delle condotte (CONSORZIO BONIFICA TRIGNO E BIFERNO Nota prot. 978/111 5A del 25.09.2019 - Prescrizione n. 115).”

Premesso che da un punto di vista matematico e fisico il completo azzeramento dei cedimenti in corrispondenza di scavi di gallerie è comprovatamente impossibile, risulta tuttavia un obiettivo conseguibile nella pratica attraverso l'impiego di strategie di consolidamento (sia in galleria che dal piano campagna) che consentono di avere subsidenze praticamente nulle.

I progettisti, con il presente elaborato descrivono le condotte individuate in corrispondenza della galleria per le quali, in seguito alla stima dei cedimenti indotti dallo scavo, si prevedono misure di mitigazione al fine di escludere problematiche scaturite da sollecitazioni indotte o vibrazioni.

2. INDIVIDUAZIONE E DESCRIZIONE DELLE CONDOTTE COINVOLTE

Nel presente paragrafo si descrivono le condotte interferenti con la Galleria Campomarino.

Il progetto della Linea Pescara-Bari, raddoppio tratta Termoli-Lesina (lotti 2 e 3), prevede la realizzazione di una galleria naturale tra le progressive chilometriche di progetto 5+229 e 6+896. Tale galleria, ricadente nel comune di Campomarino, si sviluppa al disotto di n.4 condotte acquedottistiche gestite dal Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno.

Le condotte interessate sono di seguito elencate:

ID	WBS	PROGRESSIVA DI PROGETTO	DESCRIZIONE DELLE EVIDENZE	Distanza Piano posa Tubazione - Estradosso rivestimento galleria
INT 14	SI04	5+336,56	Condotta di distribuzione Primaria (Adduttrice)	< 35 m
INT 15	SI05	5+340,75	Condotta di distribuzione Primaria	< 36 m
INT 23	SI13	6+744,62	Condotta di distribuzione Principale (Adduttrice)	6 m

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	3

ID	WBS	PROGRESSIVA DI PROGETTO	DESCRIZIONE DELLE EVIDENZE	Distanza Piano posa Tubazione Estradosso rivestimento galleria
INT 24	SI14	6+757,08	Condotta di distribuzione Secondaria	>6 m

Tabella 1: Attraversamento sopra galleria

I suddetti attraversamenti, a sensi del punto 4.1.2.8 del DM 04/04/2014, sono inquadrabili come attraversamenti superiori di tipo particolare, per i quali valgono le seguenti norme:

“4.1.2.9 - Negli attraversamenti sopra alle gallerie, sia interrati che allo scoperto, quando lo spessore del terreno esistente tra il piano di posa della condotta e l'estradosso del rivestimento della galleria è inferiore a 5m deve essere previsto il tubo di protezione di cui al paragrafo 4.4.

Detto tubo deve estendersi da ambo i lati della galleria di almeno 10 m a partire dall'intradosso dei piedritti. Per le condotte in cemento armato di diametro rilevante (800 mm o più) il tubo di protezione non è richiesto.

4.1.2.10 - Attraversamenti sopra alle gallerie, sia interrati che allo scoperto, con condotte in tubi di protezione posti a quota inferiore a 3m sopra l'estradosso del rivestimento delle gallerie stesse, possono essere ammessi previa verifica della stabilità del manufatto sottostante in relazione al nuovo carico e alle caratteristiche del manufatto stesso nonché previa esecuzione delle eventuali opere atte a garantirne la stabilità.”

Nel seguente paragrafo vengono descritte le modalità di risoluzione delle interferenze individuate con le WBS: SI04, SI05, SI13 e SI14.

Le tipologie di risoluzione delle interferenze analizzate, in linea con quanto prescritto nel D.M. 04/04/2014, il quale in accordo con quanto espresso al punto 4.1.2.9, poiché che lo spessore del terreno esistente tra piano di posa della condotta ed estradosso del rivestimento della galleria in progetto è superiore a 5 m, non è fatto obbligo dalla suddetta norma prevedere alcuna opera di protezione per le condotte appartenenti all'Ente Gestore Consorzio Trigno e Biferno interferenti con il nuovo tracciato in progetto al disopra della galleria da realizzare.

Però in seguito ad una prescrizione n. 115 la quale obbliga a: “Garantire cedimento nullo sia nella fase di esecuzione che nella fase di esercizio dando assicurazione, anche in caso di sollecitazioni derivanti da vibrazioni, nei casi di condotta esistente in c. a. Per le altre tipologie, valutare le condizioni caso per caso in sede di progetto esecutivo e, in alternativa, prevedere delle opere a salvaguardia delle condotte (CONSORZIO BONIFICA TRIGNO E BIFERNO Nota prot. 978/111 5A del 25.09.2019 - Prescrizione n. 115), si è previsto un sistema di protezione atto a ridurre ed evitare danni alle condotte interessate. Tale sistema viene descritto nei successivi paragrafi e nell'elaborato grafico LI0B02EZZPZSI0000030A.

Naturalmente tutte le risoluzioni, che di seguito vengono rappresentate, dovranno essere condivise ed accettate anche dall'Ente Gestore del servizio.

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa:

Interferenze		Ente Gestore	Progressive di progetto	Sezioni di progetto	Coordinate locali		Condotta da dismettere			Nuova condotta				Quota dal p.c	Nuovi pozzetti			Idranti	
Censim.	Risoluz.				Interferenza	Risoluzione	Diametro (φ)	Materiale	Profondità posa (m)	Diametro (φ)	Materiale	Profondità posa (m)	Lunghezza (m)		Dati protezione	Ispezione	Sezionamento	Tipo	Disnett.
INT14	SI04	Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno	5+336,56	da Sez. 188 a 193	13189,149; 66457,025; 13145,907; 66445,708	13189,149; 66457,025; 13145,907; 66445,708	1800	C.A.	3	1800	C.A.	3	/	3	/	/	/	/	/
INT15	SI05	Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno	5+340,75	da Sez. 188 a 194	13190,486; 66452,638; 13147,143; 66439,611	13190,486; 66452,638; 13147,143; 66439,611	500*	ACCIAO*	2*	500*	ACCIAO*	2*	/	2*	/	/	/	/	/
INT23	SI13	Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno	6+744,62	da Sez. 206 a 218	14242,790; 65593,185; 14245,499; 65543,996	14242,790; 65593,185; 14245,499; 65543,996	1800	C.A.	2.25	1800	C.A.	2.25	/	2.25	/	/	/	/	/
INT24	SI14	Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno	6+757,08	da Sez. 206 a 219	14255,304; 65592,886; 14256,266; 65545,066	14255,304; 65592,886; 14256,266; 65545,066	400	C.A.M.	1.75	400	C.A.M.	1.75	/	1.75	/	/	/	/	/

Tabella 2: Dati condotte interferenti (INT14, INT15, INT23, INT24)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

2.1 SI04 – INTERFERENZA INT14

L'interferenza INT14, localizzata alla progressiva 5+336.56, ricade nell'intervallo tra le sezioni 188-193. La condotta esistente, in c. a. di diametro \varnothing 1800, verrà lasciata nella propria sede originaria e pertanto verrà mantenuta la profondità di 3 m dal piano campagna.

Al fine di rilevare eventuali cedimenti delle condotte derivanti dalle lavorazioni per la realizzazione della galleria è stata prevista l'installazione di un Sistema di Monitoraggio in modo da garantire un tempestivo intervento sulla rete (Cfr. LI0B02EZZRHGN0000003A).

Poiché lo spessore del terreno esistente tra il piano di posa della condotta e l'estradosso del rivestimento della galleria in progetto è superiore a 5 m, in accordo al punto 4.1.2.9 del DM 04/04/2014, non si è vincolati da legge in merito alla previsione di un'opera di protezione per le condotte al disopra della galleria da realizzare.

Tuttavia, al fine di rispondere compiutamente alla prescrizione n.44 dell'Ordinanza del Commissario n.3 di approvazione del PD, nei seguenti capitoli si descrive il sistema di protezione progettato per contenere i cedimenti attesi.

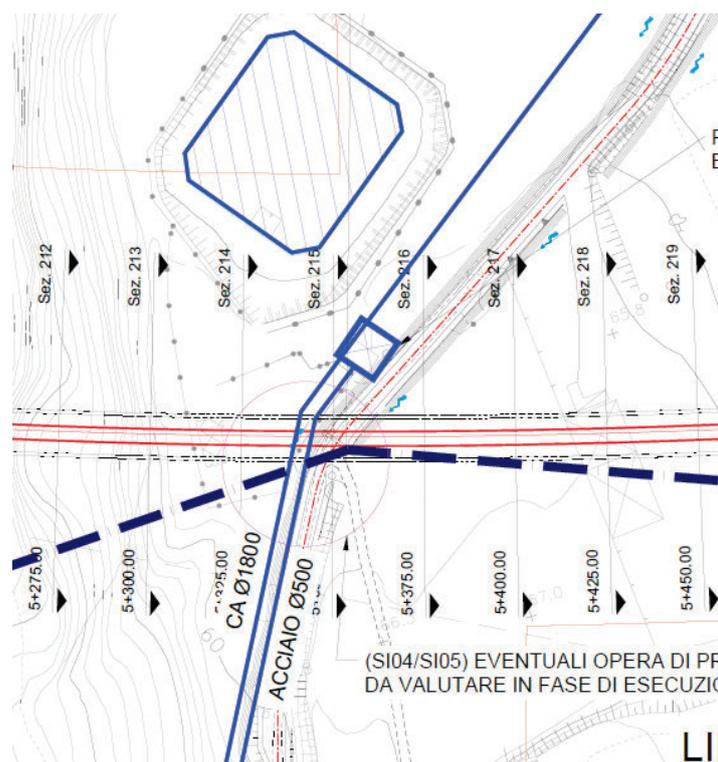


Figura 1: Stralcio planimetrico INT14, INT15

2.2 SI05 – INTERFERENZA INT15

L'interferenza INT15, localizzata alla progressiva 5+340.75, ricade nell'intervallo tra le sezioni 188-194.

La condotta esistente, in acciaio di diametro \varnothing 500, verrà lasciata nella propria sede originaria e pertanto verrà mantenuta la profondità di 2 m dal piano campagna.

Al fine di rilevare eventuali cedimenti delle condotte derivanti dalle lavorazioni per la realizzazione della galleria verrà prevista l'installazione di un Sistema di Monitoraggio in modo da garantire un tempestivo intervento sulla rete.

MANDATARIA  CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

Poiché lo spessore del terreno esistente tra il piano di posa della condotta e l'estradosso del rivestimento della galleria in progetto è superiore a 5 m, in accordo al punto 4.1.2.9 del DM 04/04/2014, non si è vincolati da legge in merito alla previsione di un'opera di protezione per le condotte al disopra della galleria da realizzare.

Tuttavia, al fine di rispondere compiutamente alla prescrizione n.44 dell'Ordinanza del Commissario n.3 di approvazione del PD, nei seguenti capitoli si descrive il sistema di protezione progettato per contenere i cedimenti attesi.

2.3 S113 – INTERFERENZA INT23

L'interferenza INT23, localizzata alla progressiva 6+744.62, ricade nell'intervallo tra le sezioni 206-218.

La condotta esistente, in c. a. di diametro \varnothing 1800, verrà lasciata nella propria sede originaria e pertanto verrà mantenuta la profondità di 2,25 m dal piano campagna.

Al fine di rilevare eventuali cedimenti delle condotte derivanti dalle lavorazioni per la realizzazione della galleria verrà prevista l'installazione di un Sistema di Monitoraggio in modo da garantire un tempestivo intervento sulla rete.

Poiché lo spessore del terreno esistente tra il piano di posa della condotta e l'estradosso del rivestimento della galleria in progetto è superiore a 5 m, in accordo al punto 4.1.2.9 del DM 04/04/2014, non si è vincolati da legge in merito alla previsione di un'opera di protezione per le condotte al disopra della galleria da realizzare.

Tuttavia, al fine di rispondere compiutamente alla prescrizione n.44 dell'Ordinanza del Commissario n.3 di approvazione del PD, nei seguenti capitoli si descrive il sistema di protezione progettato per contenere i cedimenti attesi.

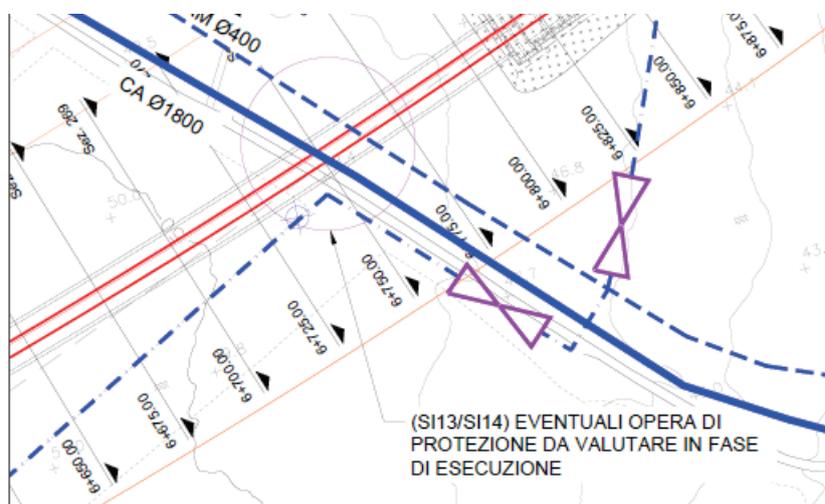


Figura 2: Stralcio planimetrico INT23, INT24

2.4 S114 – INTERFERENZA INT24

L'interferenza INT24, localizzata alla progressiva 6+757.08, ricade nell'intervallo tra le sezioni 206-219.

La condotta esistente, in c. am. di diametro \varnothing 400, verrà lasciata nella propria sede originaria e pertanto verrà mantenuta la profondità di 1,75 m dal piano campagna.

Al fine di rilevare eventuali cedimenti delle condotte derivanti dalle lavorazioni per la realizzazione della galleria verrà prevista l'installazione di un Sistema di Monitoraggio in modo da garantire un tempestivo intervento sulla rete.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B

Poiché lo spessore del terreno esistente tra il piano di posa della condotta e l'estradosso del rivestimento della galleria in progetto è superiore a 5 m, in accordo al punto 4.1.2.9 del DM 04/04/2014, non si è vincolati da legge in merito alla previsione di un'opera di protezione per le condotte al disopra della galleria da realizzare.

Tuttavia, al fine di rispondere compiutamente alla prescrizione n.44 dell'Ordinanza del Commissario n.3 di approvazione del PD, nei seguenti capitoli si descrive il sistema di protezione progettato per contenere i cedimenti attesi.

Per maggior dettaglio si riporta inoltre la legenda con le simbologie applicate negli stralci delle risoluzioni delle interferenze appena proposti:

	Nuovi pozzetti di ispezione e/o di sezionamento in C.A.		Condotta di irrigazione Principale (Consorzio di Bonifica Capitanata di Foggia)
	Protezione del tratto nuova condotta interferente con il tracciato		Condotta di irrigazione Comiziale (Consorzio di Bonifica Capitanata di Foggia)
	Tratto nuova condotta da realizzare (Risoluzione)		Gruppi di Consegna (Consorzio di Bonifica Capitanata di Foggia)
	Idrante su nuova condotta		Punto Irrigazione (Idrante) (Consorzio di Bonifica Capitanata di Foggia)
	Blocchi di ancoraggio in c.a.		Condotta di distribuzione (Molise-Acque Acquedotto Basso Molise Liscione)
	Pozzetti di ispezione e/o di sezionamento da dismettere		Condotta di distribuzione (Molise-Acque Acquedotto Basso Larinese)
	Tratto condotta esistente da dismettere		
	Idrante da dismettere		
	Condotta di distribuzione Primaria (Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno)		
	Condotta di distribuzione Secondaria (Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno)		
	Condotta di distribuzione Comiziale (Consorzio di Bonifica Trigno e Biferno)		
	Serbatoio di compenso		
	Idrante		
	Pozzetto di derivazione e by-pass		
	Misuratori Multipli		
	FARFALLA		
	Serbatoi		
	Condotta Acque Industriali (COSIB)		
	Collettore fognario (COSIB)		
	Depuratore		
	Pozzetto Fognatura Collettore fognario Acque Nere (Comune di Campomarino)		
	Pozzetto Fognatura		

Figura 3: Legenda

3. STIMA DEI CEDIMENTI IN CAMPO LIBERO

Al fine di valutare la subsidenza indotta dallo scavo della galleria, si utilizza il metodo empirico proposto originariamente da Peck (1969), secondo il quale la conca di subsidenza trasversale in condizioni di campo libero ("greenfield") è descritta da una funzione gaussiana normale (Figura 4).

Il cedimento massimo si verifica in tal caso in asse alla galleria e può essere calcolato come:

$$w_{max} = 0.31 \frac{V'D^2}{i}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	7

in cui il parametro di perdita di volume per unità di lunghezza, V' , varia tipicamente tra 1% e 2% del volume teorico della sezione in scavi in tradizionale, in funzione delle misure di pre-contenimento al fronte. Il parametro i , che rappresenta la distanza dall'asse del punto di flesso della curva gaussiana è comunemente assunto pari a:

$$i = K \cdot z_0$$

in cui z_0 è la profondità dell'asse della galleria dal piano di campagna e K un parametro dipendente dalle condizioni di sottosuolo. Esso viene assunto variabile tra 0.3 (scavo nella formazione delle Sabbie di Serracapriola) e 0.5 (scavo nella facies argillosa dei Conglomerati di Campomarino).

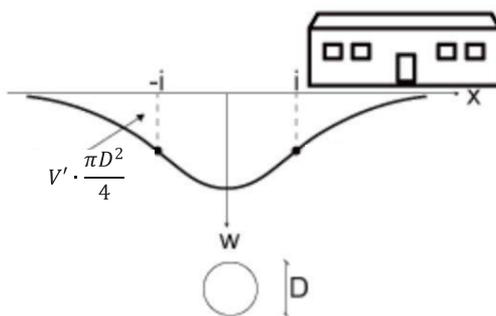


Figura 4 – Definizione della conca di subsidenza

Dato il cedimento massimo in corrispondenza dell'asse della galleria, è possibile stimare il cedimento in qualsiasi punto in superficie che dista x dalla proiezione dell'asse della galleria attraverso la seguente relazione

$$w = w_{max} \cdot \exp\left(\frac{-x^2}{2i^2}\right)$$

Il valore corrispondente alla distorsione indotta dai cedimenti differenziali per le condotte interferenti è stato valutato nel seguente modo:

$$\delta = \frac{w_B - w_A}{L}$$

Dove: w_A è w_B sono i cedimenti di due punti della condotta ed L è la distanza tra i punti. Con lo scopo di massimizzare il valore di distorsione, i punti A e B sono stati assunti in questo modo: il punto A corrispondente all'asse della galleria ed il punto B ad una distanza pari a $2 \cdot i$ dall'asse della galleria. Di conseguenza la lunghezza L risulta pari proprio a $2 \cdot i$.

Si riporta di seguito la stima dei cedimenti e delle distorsioni per le condotte interferenti.

INTERF	DATI GALLERIA				DATI GEOMETRIA CONDOTTA			STIMA DEI CEDIMENTI					
	K [-]	V' [%]	z_0 [m]	D [m]	x_A (m)	x_B (m)	L (m)	i [m]	w_{max} (m)	w_A (m)	w_B (m)	w_{diff} (m)	δ [‰]
SI04	0,30	1,0%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,038	0,038	0,005	0,033	0,13%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,033	0,033	0,004	0,028	0,09%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,023	0,023	0,003	0,020	0,05%
SI05	0,30	1,0%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,038	0,038	0,005	0,033	0,13%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,033	0,033	0,004	0,028	0,09%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,023	0,023	0,003	0,020	0,05%

MANDATARIA  CONDIZIONE STABILE SOCIETA' CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA
--	---	---

Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	8

SI13	0,30	1,0%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,112	0,112	0,015	0,097	1,08%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,096	0,096	0,013	0,083	0,79%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,067	0,067	0,009	0,058	0,39%
SI14	0,30	1,0%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,112	0,112	0,015	0,097	1,08%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,096	0,096	0,013	0,083	0,79%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,067	0,067	0,009	0,058	0,39%

STIMA CEDIMENTI PER UN VOLUME LOSS DEL 1,5%

INTERF	DATI GALLERIA				DATI GEOMETRIA CONDOTTA			STIMA DEI CEDIMENTI					
	K [-]	V' [%]	z ₀ [m]	D [m]	x _A (m)	x _B (m)	L (m)	i [m]	W _{max} (m)	W _A (m)	W _B (m)	W _{diff} (m)	δ [‰]
SI04	0,30	1,5%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,057	0,057	0,008	0,050	0,19%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,049	0,049	0,007	0,042	0,14%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,034	0,034	0,005	0,030	0,07%
SI05	0,30	1,5%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,057	0,057	0,008	0,050	0,19%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,049	0,049	0,007	0,042	0,14%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,034	0,034	0,005	0,030	0,07%
SI13	0,30	1,5%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,168	0,168	0,023	0,145	1,61%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,144	0,144	0,019	0,124	1,19%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,101	0,101	0,014	0,087	0,58%
SI14	0,30	1,5%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,168	0,168	0,023	0,145	1,61%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,144	0,144	0,019	0,124	1,19%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,101	0,101	0,014	0,087	0,58%

STIMA CEDIMENTI PER UN VOLUME LOSS DEL 2,0%

INTERF	DATI GALLERIA				DATI GEOMETRIA CONDOTTA			STIMA DEI CEDIMENTI					
	K [-]	V' [%]	z ₀ [m]	D [m]	x _A (m)	x _B (m)	L (m)	i [m]	W _{max} (m)	W _A (m)	W _B (m)	W _{diff} (m)	δ [‰]
SI04	0,30	2,0%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,076	0,076	0,010	0,066	0,25%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,065	0,065	0,009	0,057	0,18%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,046	0,046	0,006	0,040	0,09%
SI05	0,30	2,0%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,076	0,076	0,010	0,066	0,25%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,065	0,065	0,009	0,057	0,18%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,046	0,046	0,006	0,040	0,09%
SI13	0,30	2,0%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,224	0,224	0,030	0,194	2,15%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,192	0,192	0,026	0,166	1,58%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,134	0,134	0,018	0,116	0,77%
SI14	0,30	2,0%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,224	0,224	0,030	0,194	2,15%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,192	0,192	0,026	0,166	1,58%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,134	0,134	0,018	0,116	0,77%

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	9

STIMA CEDIMENTI PER UN VOLUME LOSS DEL 2,5%

INTERF	DATI GALLERIA				DATI GEOMETRIA CONDOTTA			STIMA DEI CEDIMENTI					
	K [-]	V' [%]	z ₀ [m]	D [m]	x _A (m)	x _B (m)	L (m)	i [m]	W _{max} (m)	W _A (m)	W _B (m)	W _{diff} (m)	δ [‰]
SI04	0,30	2,5%	44	12,75	0,00	13,20	13,20	13,20	0,095	0,095	0,058	0,038	0,28%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,082	0,082	0,011	0,071	0,23%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,057	0,057	0,008	0,050	0,11%
SI05	0,30	2,5%	44	12,75	0,00	26,40	26,40	13,20	0,095	0,095	0,013	0,083	0,31%
	0,35					30,80	30,80	15,40	0,082	0,082	0,011	0,071	0,23%
	0,50					44,00	44,00	22,00	0,057	0,057	0,008	0,050	0,11%
SI13	0,30	2,5%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,280	0,280	0,038	0,242	2,69%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,240	0,240	0,032	0,207	1,98%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,168	0,168	0,023	0,145	0,97%
SI14	0,30	2,5%	15	12,75	0,00	9,00	9,00	4,50	0,280	0,280	0,038	0,242	2,69%
	0,35					10,50	10,50	5,25	0,240	0,240	0,032	0,207	1,98%
	0,50					15,00	15,00	7,50	0,168	0,168	0,023	0,145	0,97%

Legenda

- K** Parametro di definizione del bacino di subsidenza
- V'** Volume loss (perdita di volume per unità di lunghezza)
- z₀** Profondità dell'asse della galleria dal piano campagna
- D** Diametro nominale della galleria
- x_A** Distanza tra il vertice A della condotta e l'asse della galleria (vertice A assunto corrispondente all'asse per massimizzare la distorsione)
- x_B** Distanza tra il vertice B della condotta e l'asse della galleria (distanza assunta pari a 2*i per massimizzare la distorsione)
- L** Lunghezza del tratto di condotta in cui valutare la distorsione
- i** Distanza dall'asse della galleria al punto di flesso della gaussiana
- W_{max}** Cedimento massimo in asse alla galleria
- W_A** Cedimento in corrispondenza del vertice A
- W_B** Cedimento in corrispondenza del vertice B
- W_{diff}** Cedimento differenziale
- δ** Distorsione

Alla luce dei cedimenti stimati, nelle varie ipotesi di volume loss e parametro di definizione del bacino di subsidenza, si prevede per le condotte in esame la disposizione degli interventi di seguito descritti.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	10

4.1 IMBOCCO LATO LESINA – COPERTURE BASSE

Si prevede l'esecuzione di un intervento massivo di consolidamento dall'alto mediante colonne in jet-grouting secanti. Il consolidamento interessa la zona sottostante alle condotte e una fascia al contorno dello scavo. Per le colonne in jet-grouting viene ipotizzata una resistenza a compressione monoassiale di $\sigma_c \geq 2.5$ MPa, pari a quella prevista in progetto per gli interventi di consolidamento.

Nel dettaglio, l'intervento di consolidamento in oggetto si estende su un'area complessiva di 18.90x44.00m ubicata in corrispondenza dell'asse delle condotte e prevede la realizzazione di colonne in jet-grouting di diametro $\varnothing 1000$ mm disposte con maglia rettangolare di lati 0.9x1.0m, realizzate a partire da un piano di lavoro prossimo al piano campagna. Il trattamento prevede un tratto iniziale a vuoto di altezza media pari a 4.70 metri ca. seguito da un tratto di consolidamento di altezza variabile da un minimo di 3.80 metri fino ad un massimo di 14.70 metri in grado di assicurare uno spessore minimo di 3 metri di consolidamento misurato a partire dal contorno di scavo della galleria. Tali geometrie consentono di garantire un franco minimo di 2 metri tra il piano di posa delle condotte e l'inizio dell'intervento di consolidamento.

In aggiunta, in prossimità delle condotte esistenti, prima dell'esecuzione del trattamento di consolidamento, si prevede la realizzazione di tubi microfessurati in pvc inclinati al di sotto delle stesse, di lunghezza media pari a 7.50 metri e disposti a quinconce su due allineamenti paralleli all'asse di ciascuna condotta con interasse longitudinale pari a 3m. Lo scopo di tali tubazioni sarà quello di ridurre le eventuali sovrappressioni generate dai trattamenti di consolidamento previsti e ridurre quindi il rischio di possibili sollevamenti del piano campagna e conseguentemente delle condotte esistenti.

Prima dell'esecuzione degli interventi di consolidamento in oggetto si prevede la realizzazione di un opportuno campo prova al fine di definire le modalità esecutive e le caratteristiche geometriche e meccaniche delle colonne in jet-grouting, nonché valutare gli eventuali sollevamenti indotti al piano campagna.

La soluzione proposta, come confermato dalle analisi numeriche svolte:

- migliora in maniera sostanziale la stabilità nel breve e lungo termine dell'ammasso coinvolto nei lavori;
- assicura condizioni sostanzialmente elastiche dell'ammasso allo scavo con deformazioni trascurabili e cedimenti millimetrici;
- consente di rendere sostanzialmente nullo l'effetto che lo scavo avrà sulle preesistenze.

Inoltre, è importante sottolineare che l'influenza dello scavo della galleria sulle preesistenze in termini di cedimenti assoluti risulta dello stesso ordine di grandezza di quello indotto dalle oscillazioni di falda che con ogni probabilità sono già avvenute nel corso degli anni, come sarà meglio esplicitato nelle pagine seguenti. Ciò non vale ovviamente per i cedimenti differenziali, ma fornisce comunque un ordine di grandezza di riferimento per i cedimenti indotti dallo scavo della galleria.

A titolo esemplificativo, nella figura Figura 4-1 sono riportati i risultati delle analisi in termini di cedimento conseguenti alla variazione del livello di falda avendo ipotizzato 3 diversi casi con abbassamento di 1, 2, 3 m.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

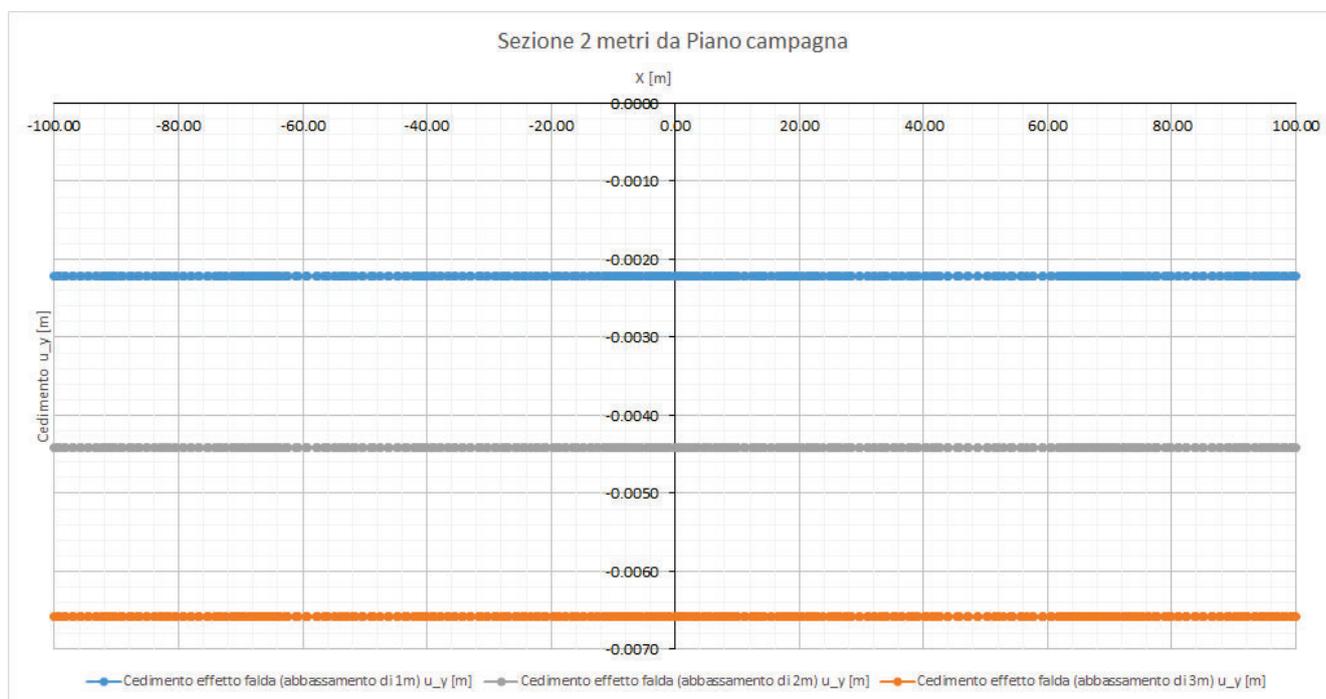


Figura 4-1: Cedimento registrato a 2 metri da piano campagna causato da variazione di falda (negativo - il cedimento)

I dettagli della soluzione proposta vengono riportati negli schemi allegati.

4.2 IMBOCCO LATO TERMOLI – COPERTURE ALTE

Nel progetto esecutivo, in corrispondenza delle condotte esistenti ubicate alla PK 5+340 circa, il profilo geotecnico della galleria Campomarino prevede in tale tratta (tra PK 5+250 e PK 5+400) l'applicazione delle sezioni tipo di avanzamento C1 (80%) e C1bis (20%). In considerazione del fatto che le due sezioni tipo prevedono nella sostanza tipologie di consolidamenti simili ma con lunghezze dei rispettivi campi di avanzamento diversi, si prevede per la tratta in oggetto l'applicazione della sezione tipo C1bis caratterizzata da un campo di avanzamento pari a 6m anziché 12m della sezione tipo C1. Per tale ragione si propone di modificare le percentuali di utilizzo delle sezioni tipo di avanzamento previste in progetto esecutivo nella tratta in oggetto (tra PK 5+250 e PK 5+400) prevedendo l'utilizzo della sezione tipo C1bis per l'80% della tratta e della sezione tipo C1 per la restante parte (20%). L'utilizzo più esteso di una sezione tipo più pesante in termini di consolidamento (come è il caso della sezione tipo C1bis) consente di fatto di ridurre gli eventuali effetti indotti dallo scavo della galleria sulle condotte esistenti.

Per i dettagli della sezione tipo in oggetto si rimanda alla documentazione di progetto esecutivo.

5. STIMA DEI CEDIMENTI POST-INTERVENTO

5.1 IMBOCCO LATO LESINA

È stata analizzata una sezione di calcolo della galleria in corrispondenza delle condotte alla PK 6+750 che presenta una copertura di circa 8m.

Di seguito si riassumono i criteri di verifica ed i risultati ottenuti dall'analisi.

<p>MANDATARIA</p>  <p>CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</p> <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																		
<p>Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 12.5%;">COMMESSA</th> <th style="width: 6%;">LOTTO</th> <th style="width: 6%;">FASE</th> <th style="width: 6%;">ENTE</th> <th style="width: 6%;">TIPO DOC</th> <th style="width: 12.5%;">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th style="width: 6%;">PROGR</th> <th style="width: 6%;">REV</th> <th style="width: 6%;">FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">SI 00 00</td> <td style="text-align: center;">030</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	SI 00 00	030	B	12
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI 00 00	030	B	12											

5.1.1 Criteri di verifica

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici agli elementi finiti (software PLAXIS 2D).

Interazione opera-terreno

Il comportamento del sistema opera-terreno è analizzato in maniera semplificata e cautelativa.

Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento deformativo al contorno dello scavo.

Le analisi consentono, pertanto, di verificare il cedimento atteso sulla superficie ed in corrispondenza delle condotte.

Per la verifica del cedimento, le analisi numeriche sono condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le analisi di interazione opera-terreno sono state condotte con modelli numerici bidimensionali mediante il codice di calcolo PLAXIS V23.

5.1.2 Riassunto della analisi

Modello geotecnico

Nella Figura 5-1 si riporta il modello di calcolo adottato mentre nella (*) – valore mediato tra i due valori indicati per l'unità CGC2

Tabella 5-1 sono riassunti i parametri geotecnici e la stratigrafia di PE adottati nell'analisi in oggetto. In particolare, nelle analisi svolte sono stati considerati cautelativamente due set di parametri geotecnici: uno derivante dalla sezione tipo C2m della galleria naturale e l'altro ricavato dalla sezione tipo C2 prevista nella sezione di attacco. Ciò al fine di valutare l'impatto dei parametri geomeccanici delle due formazioni presenti sulla efficienza dell'intervento.

Inoltre, in considerazione della natura litologica delle unità (litofacies argilloso limosa e sabbioso limosa) nelle quali verranno eseguiti i trattamenti in oggetto sono state effettuate ulteriori analisi di sensitività ipotizzando una resistenza media a compressione del jet-grouting maggiore di quella prevista in progetto esecutivo ($\sigma_c = 2.5MPa$); nello specifico si è assunto un valore pari a 4MPa.

In aggiunta, al fine di definire le geometrie dell'intervento di consolidamento dall'alto sono state eseguite delle ulteriori analisi di sensitività facendo variare lo spessore minimo del consolidamento misurato a partire dal contorno di scavo della galleria; nello specifico tale spessore è stato fatto variare tra 2 e 3m.

Le analisi condotte hanno quindi permesso di valutare l'efficacia dell'intervento di consolidamento in termini di riduzione dei cedimenti e di miglioramento della stabilità globale dell'ammasso, in funzione della variabilità dei parametri geomeccanici delle unità litologiche, della resistenza del trattamento in jet-grouting e della geometria dell'intervento di consolidamento dall'alto.

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	13

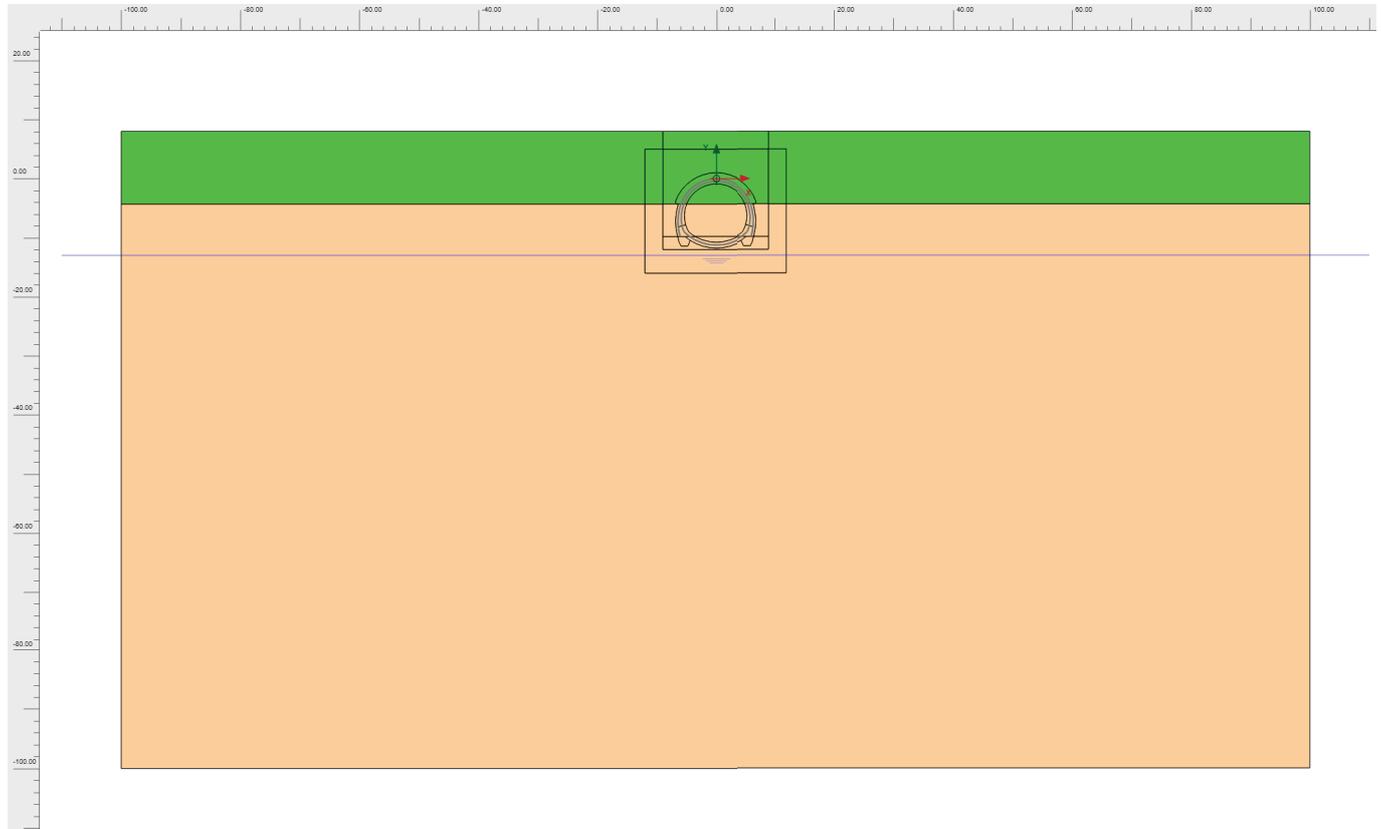


Figura 5-1: Modello di calcolo – basse coperture

Formazione	Sezione corrispondente	Quota [m]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ [°]	E [MPa]
CGC2	C2m	8 ÷ -4.3	20	20	22	50
SRR	C2m	-4.3 ÷ -100	19	5	38	300
CGC2	C2 – sez. attacco	8 ÷ -4.3	20	20	20	50*
SRR	C2 – sez. attacco	-4.3 ÷ -100	19	0	34	150

(*) – valore mediato tra i due valori indicati per l'unità CGC2

Tabella 5-1: Parametri geotecnici – PE

MANDATARIA  CONDIZIONE STABILE SOCIETA' CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costruita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tenso-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con “carrelli”.

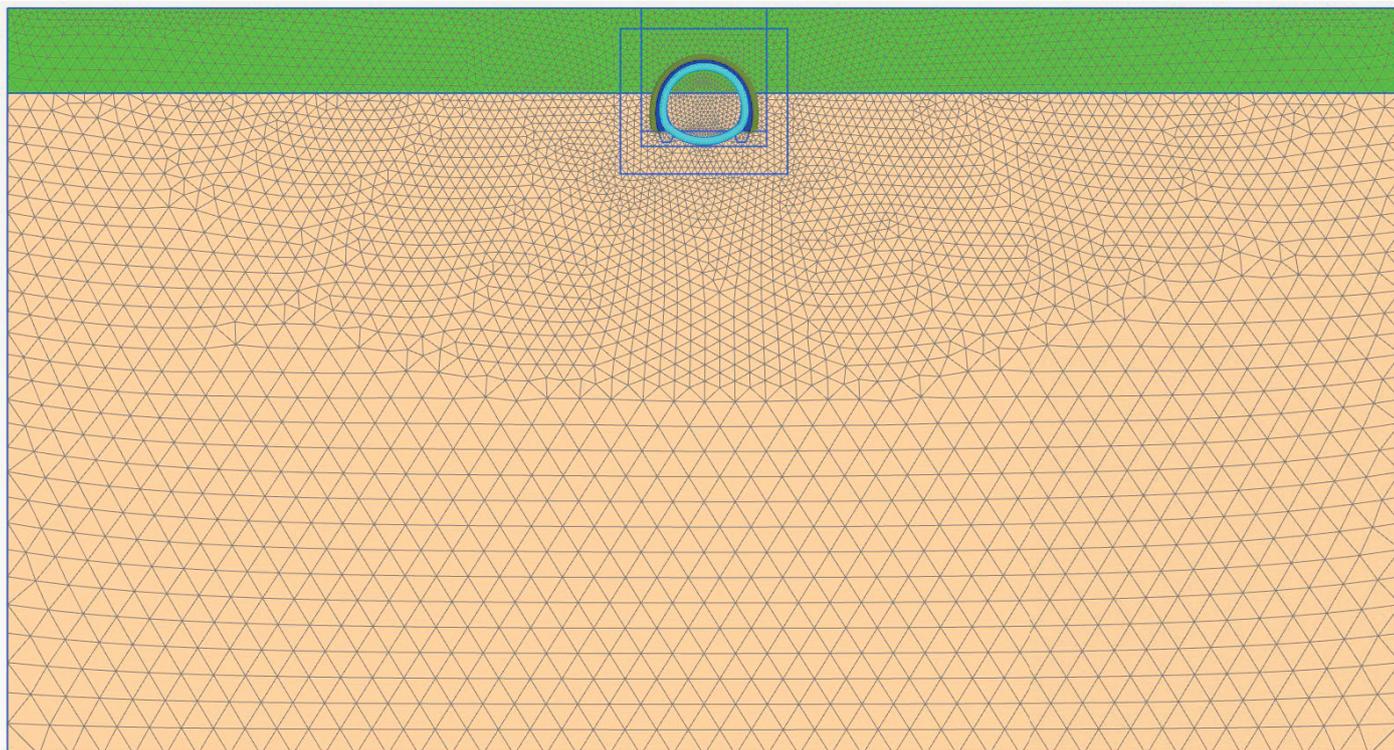


Figura 5-2: Modello di calcolo – basse coperture – Geometria mesh

Fasi di calcolo

Sono state analizzate le fasi esecutive già previste da progetto esecutivo.

Fase	Descrizione	Rilassamento
0	Fase litostatica	-
1	Esecuzione dell'intervento con colonne jet-grouting al contorno del cavo	-
2	Rilascio a cavo libero in corrispondenza del fronte	33%
3	Esecuzione dello sfondo elementare di 1m	74%
4	Installazione del rivestimento di prima fase	87%
5	Installazione dell'arco rovescio	100%
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	100%

MANDATARIA  CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

5.1.3 Verifiche dei cedimenti

Per verificare l'efficienza dell'intervento proposto si riportano di seguito i risultati delle analisi condotte.

In particolare nel presente paragrafo verranno illustrati i risultati delle seguenti analisi:

Sezione di calcolo	Sezione tipo	Copertura, [m]	Intervento di consolidamento dall'alto	Parametri geomeccanici di riferimento	Resistenza media jet-grouting, [MPa]	Spessore consolidamento contorno galleria
1	C2m	8	No	C2m	2.5	-
2	C2m	8	No	C2 – sez. attacco	2.5	-
3	C2m	8	Si	C2m	2.5	2
4	C2m	8	Si	C2 – sez. attacco	2.5	2
5	C2m	8	Si	C2m	4.0	2
6	C2m	8	Si	C2m	2.5	3
7	C2m	8	Si	C2 – sez. attacco	2.5	3
8	C2m	8	Si	C2m	4.0	3

Dalla Figura 5-3 alla Figura 5-10 vengono riportati gli spostamenti massimi verticali nell'ammasso ottenute per ciascuna sezione di calcolo analizzata. Nella Figura 5-11 è riportato invece lo spostamento massimo verticale riferito alla quota media dell'asse delle condotte ubicato a circa 2m da piano campagna. In questa ultima figura i risultati delle due sezioni di calcolo di riferimento in assenza degli interventi dall'alto (sezione 1 e sezione 2) sono evidenziati nei colori rosso e viola; tali sezioni costituiscono la situazione iniziale di progetto a partire dalla quale verrà valutata l'efficacia degli interventi proposti.

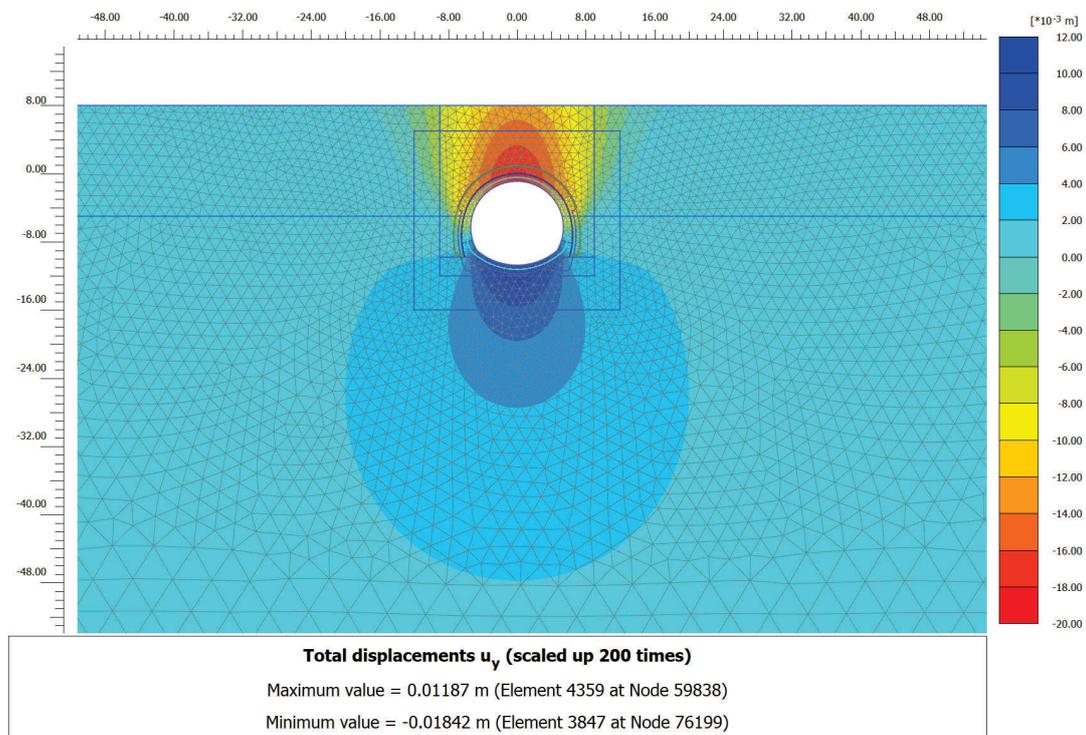


Figura 5-3: Mapa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 1

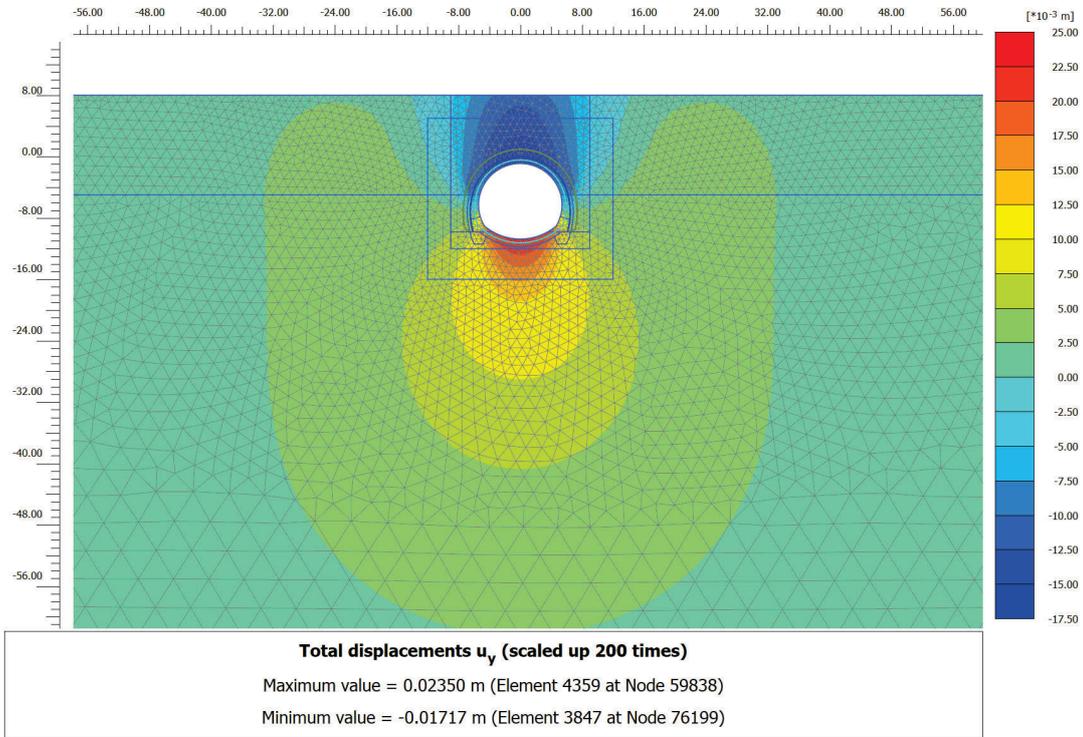


Figura 5-4: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 2

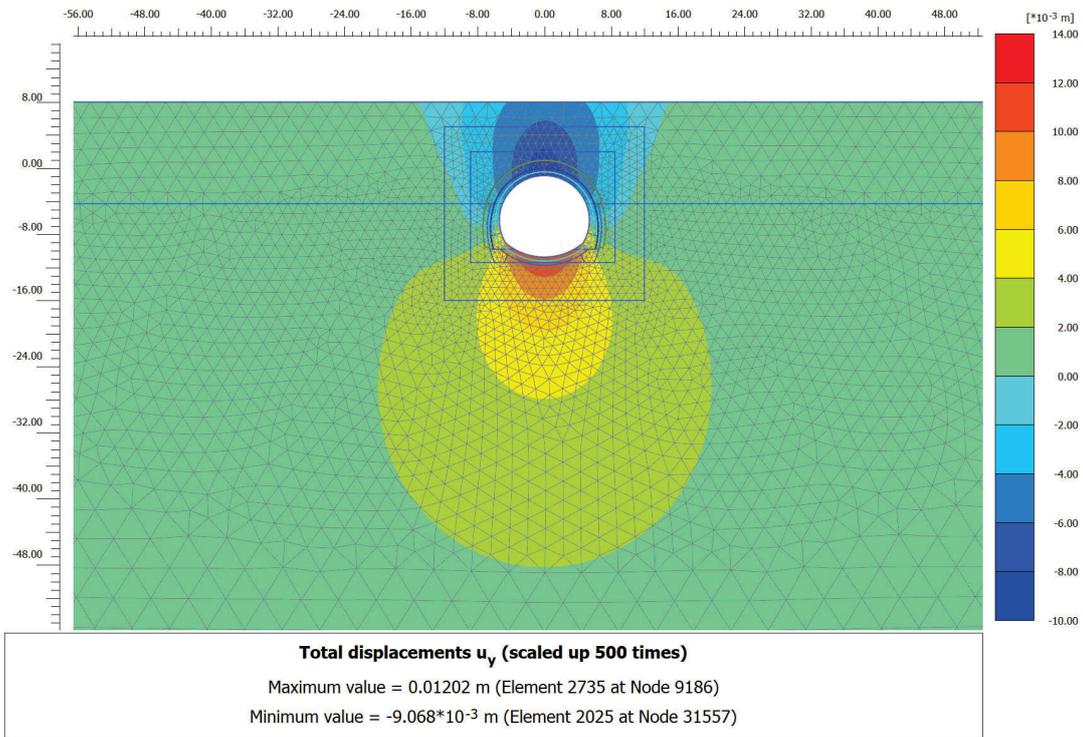


Figura 5-5: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 3

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	17

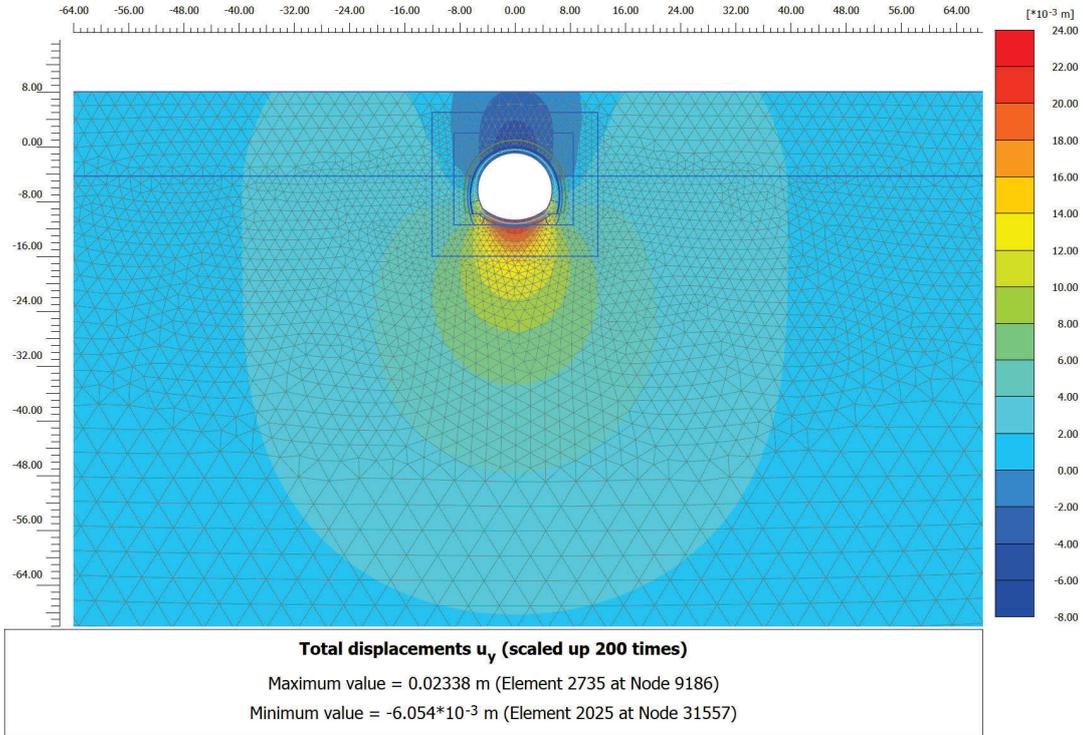


Figura 5-6: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 4

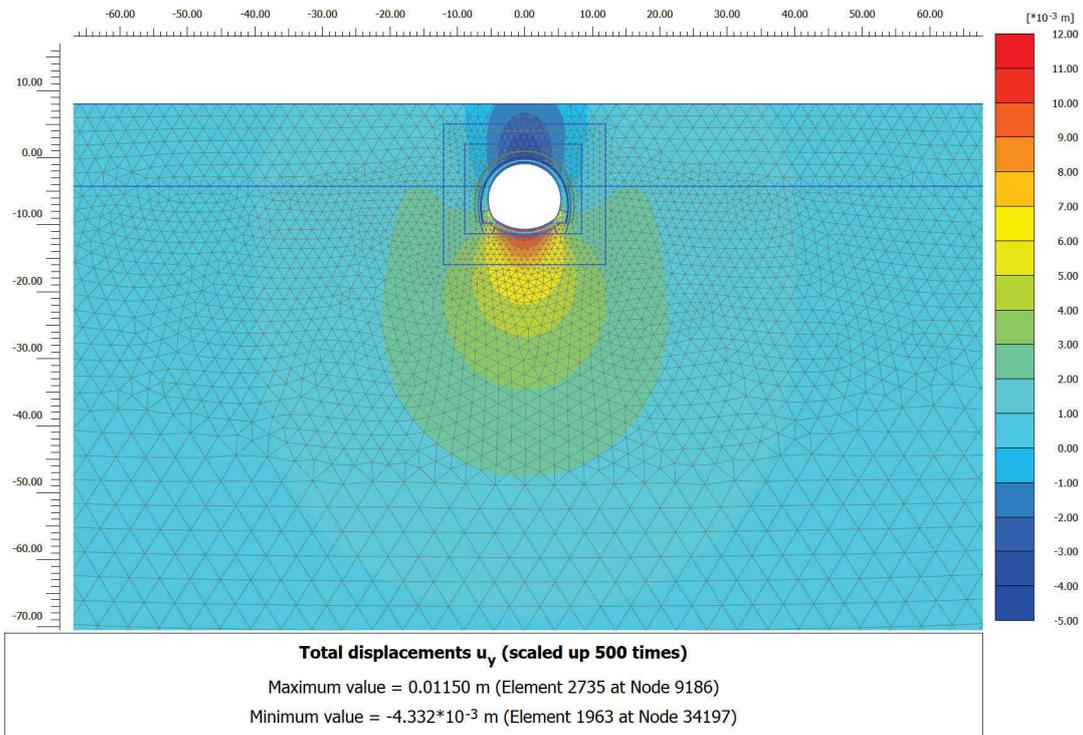


Figura 5-7: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 5

Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	18

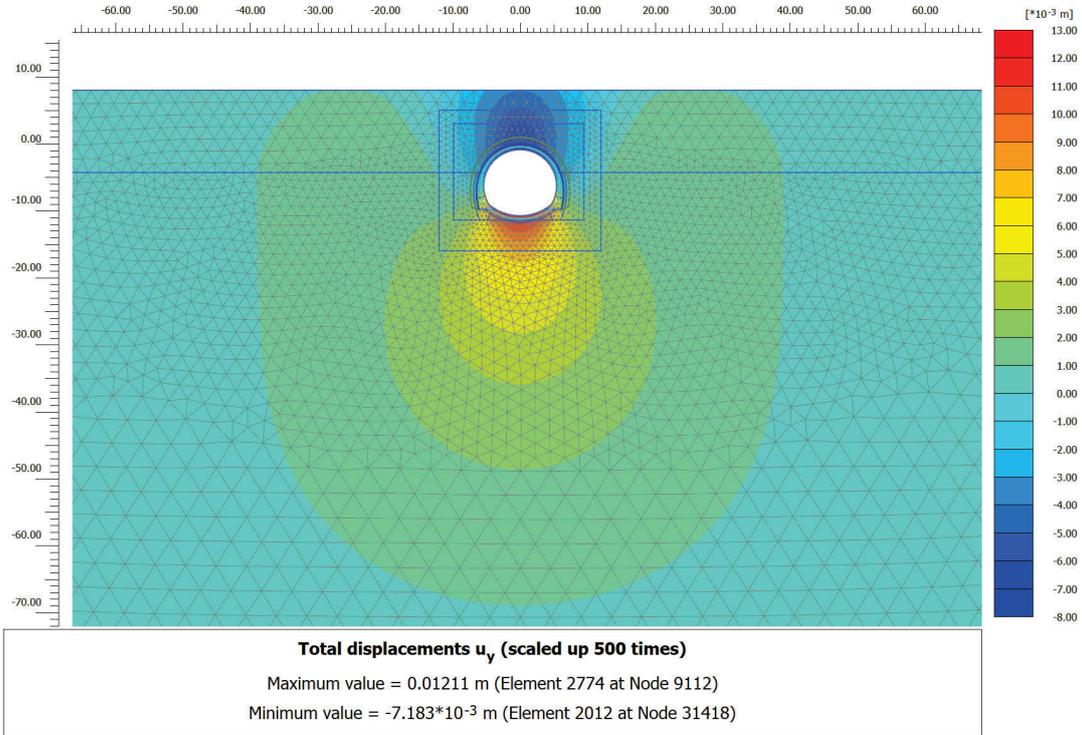


Figura 5-8: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 6

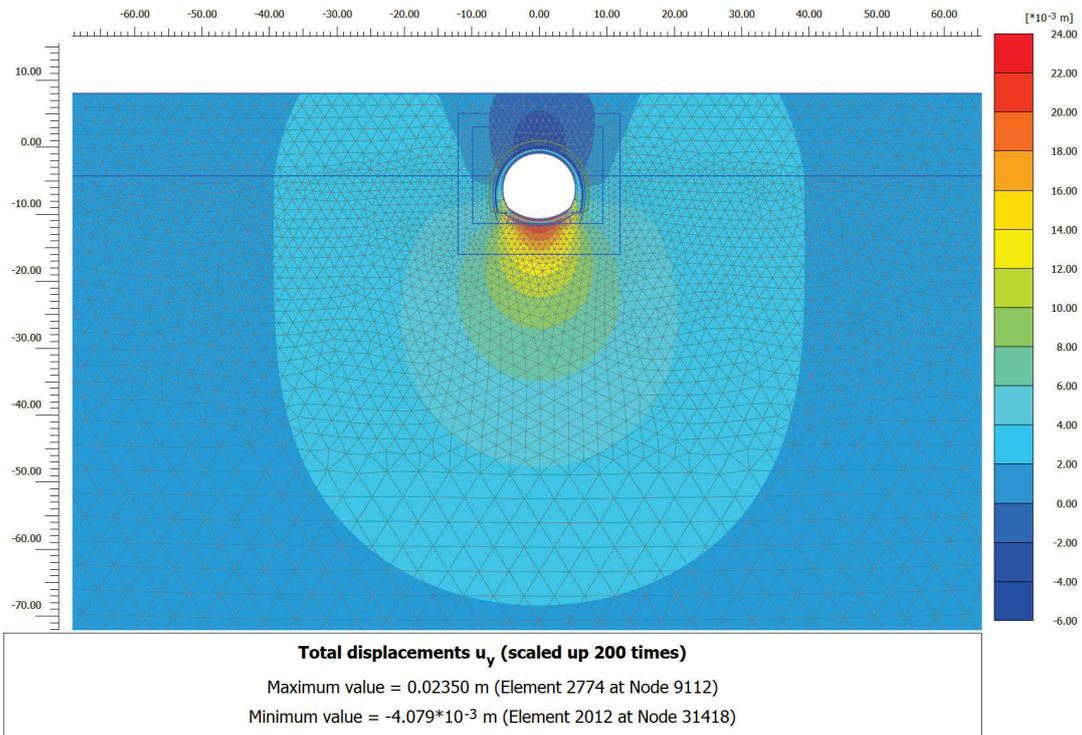


Figura 5-9: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 7

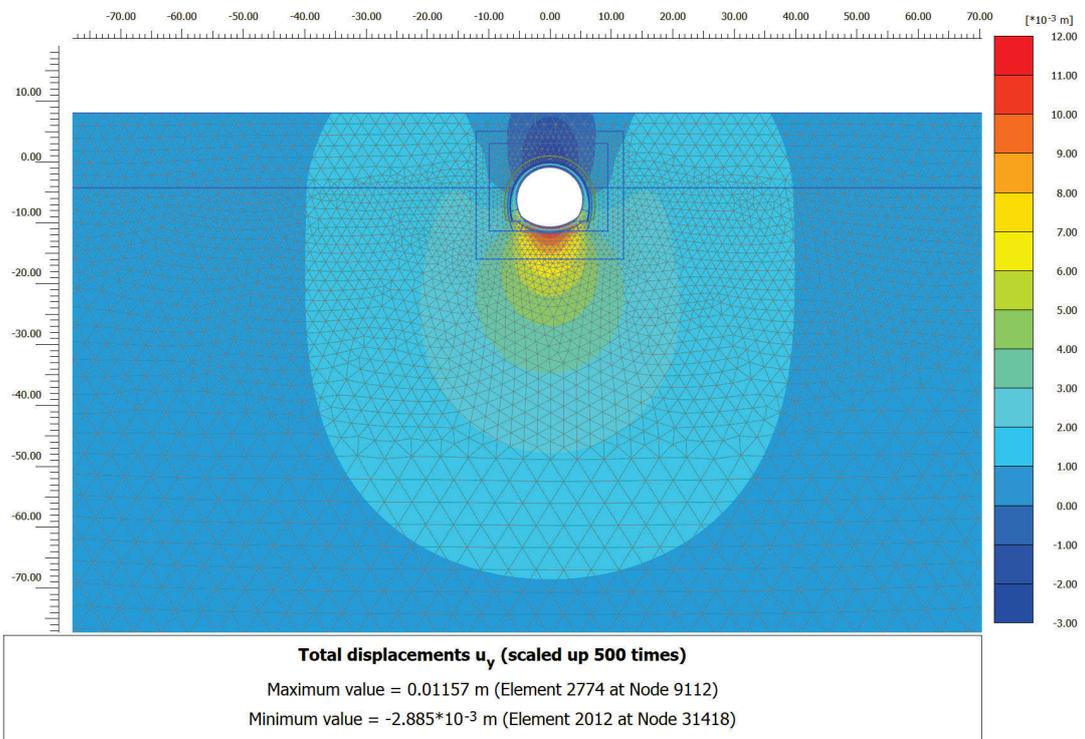


Figura 5-10: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 8

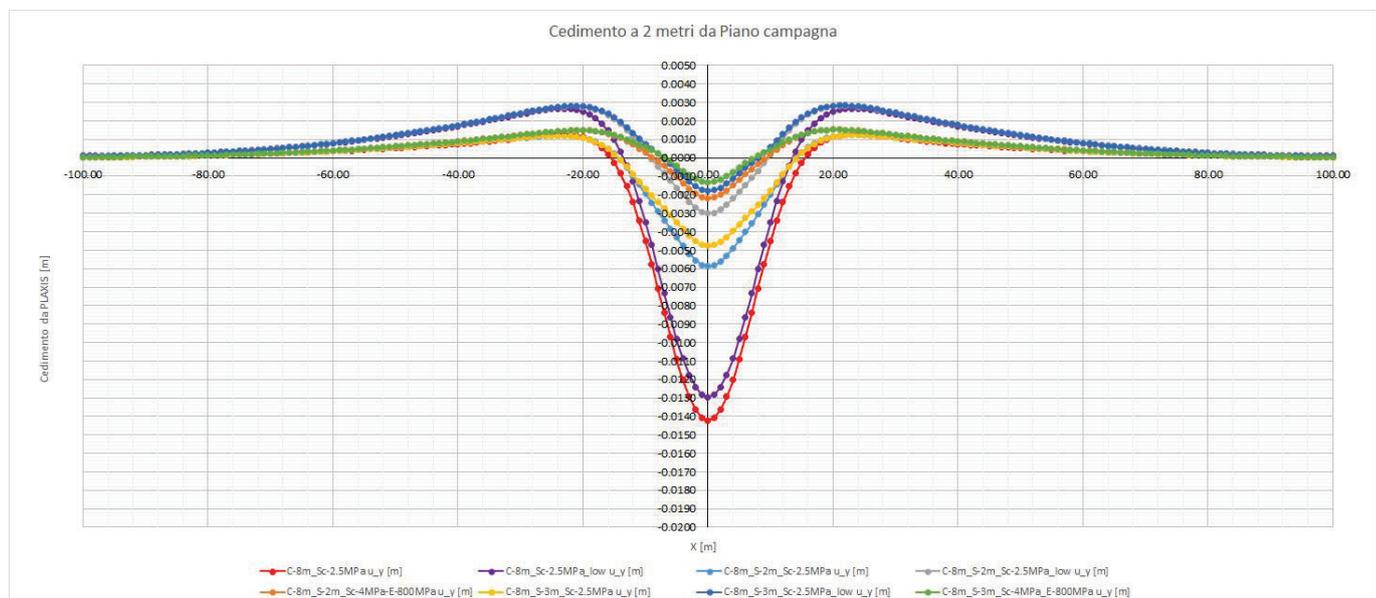


Figura 5-11: Cedimento registrato a 2 metri da piano campagna a quota delle condotte (negativo - il cedimento)

Nelle analisi si notano anche sollevamenti del piano campagna dovuti a questioni di modellazione numerica dello scavo a basse coperture e particolarità dei modelli costitutivi. Pertanto, al fine di ridurre tali effetti si è proceduto a stimare i valori dei cedimenti attraverso l'utilizzo dei metodi analitici a forma chiusa a partire dal

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

volume perso risultante per ogni analisi; l'andamento di ciascuna curva analitica è stato in fine calibrato con quanto ottenuto dall'analisi numerica.

In sintesi, il fitting della curva analitica permette di ottenere una stima più realistica dell'andamento del cedimento in funzione della distanza dallo scavo, tenendo conto del volume perso calcolato a partire dall'andamento del cedimento ottenuto dal modello numerico.

Si riportano nella Tabella 5-2 una sintesi dei parametri utilizzati per la definizione delle curve analitiche per ciascuna sezione analizzata, mentre nelle figure successive viene riportato il risultato della calibrazione della curva analitica con quella ottenuta dall'analisi numerica.

Sezione di calcolo	Volume perso	Parametro K	Diametro	Copertura
	[%]	[-]	[m]	[m]
1	0.30%	0.71	12.7	6.0
2	0.31%	0.74	12.7	6.0
3	0.17%	0.85	12.7	6.0
4	0.16%	0.90	12.7	6.0
5	0.11%	0.90	12.7	6.0
6	0.16%	0.90	12.7	6.0
7	0.14%	1.00	12.7	6.0
8	0.10%	1.00	12.7	6.0

Tabella 5-2: Volume perso e parametro K della curva analitica

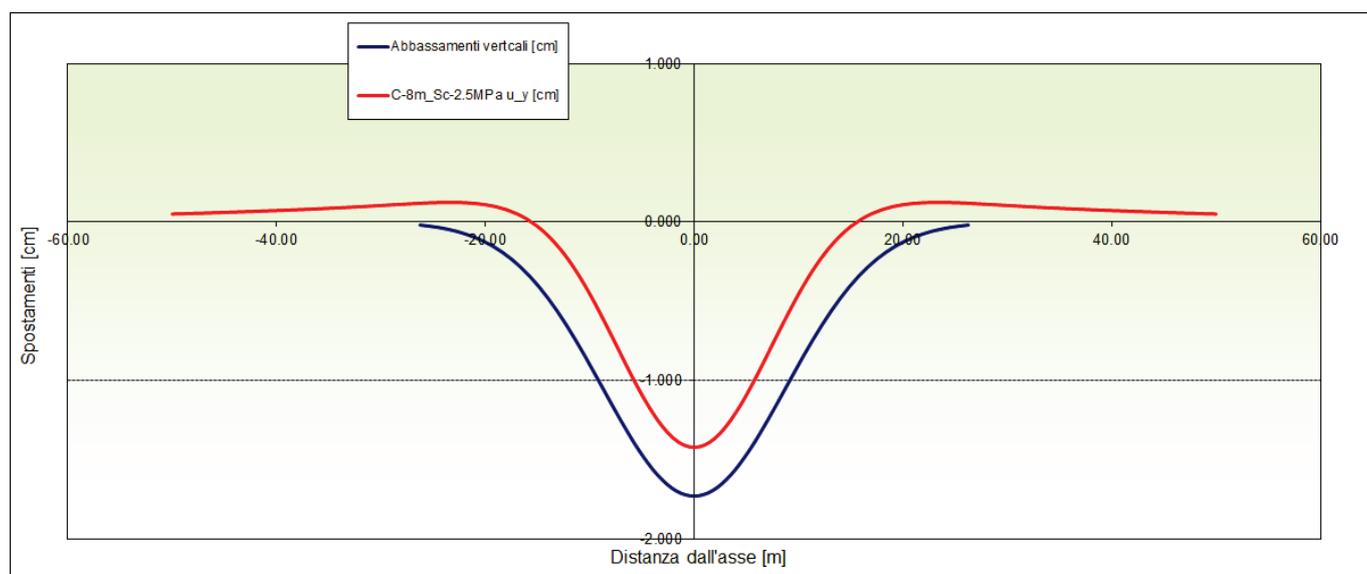


Figura 5-12: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 1

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	21

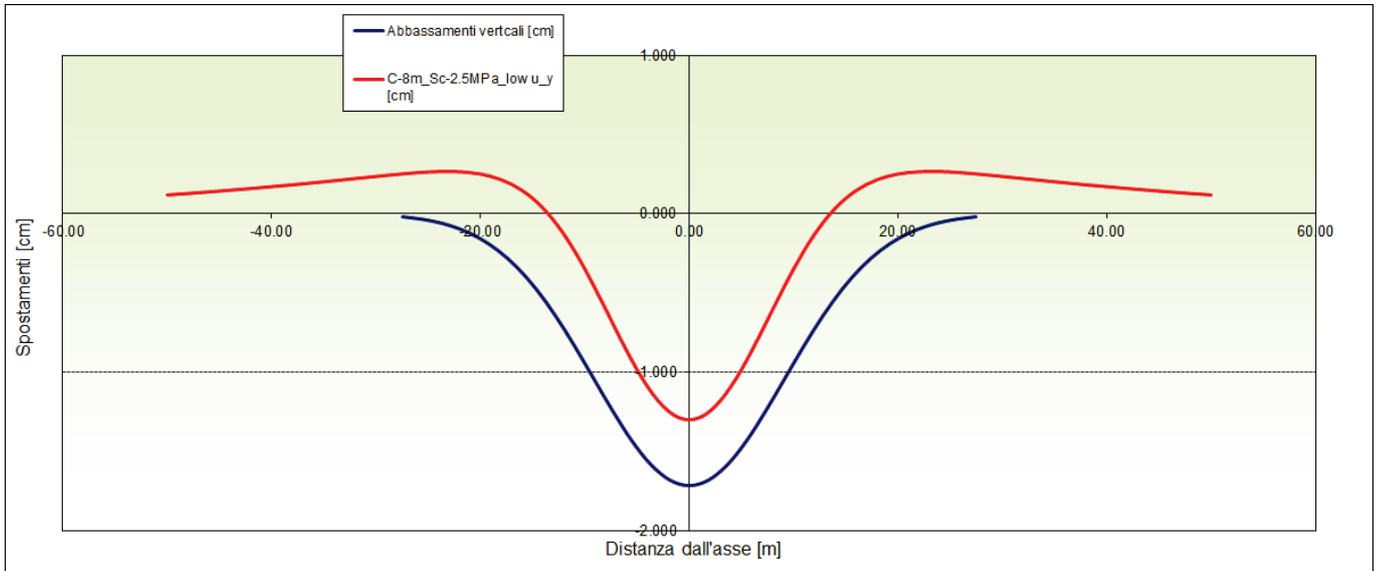


Figura 5-13: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 2

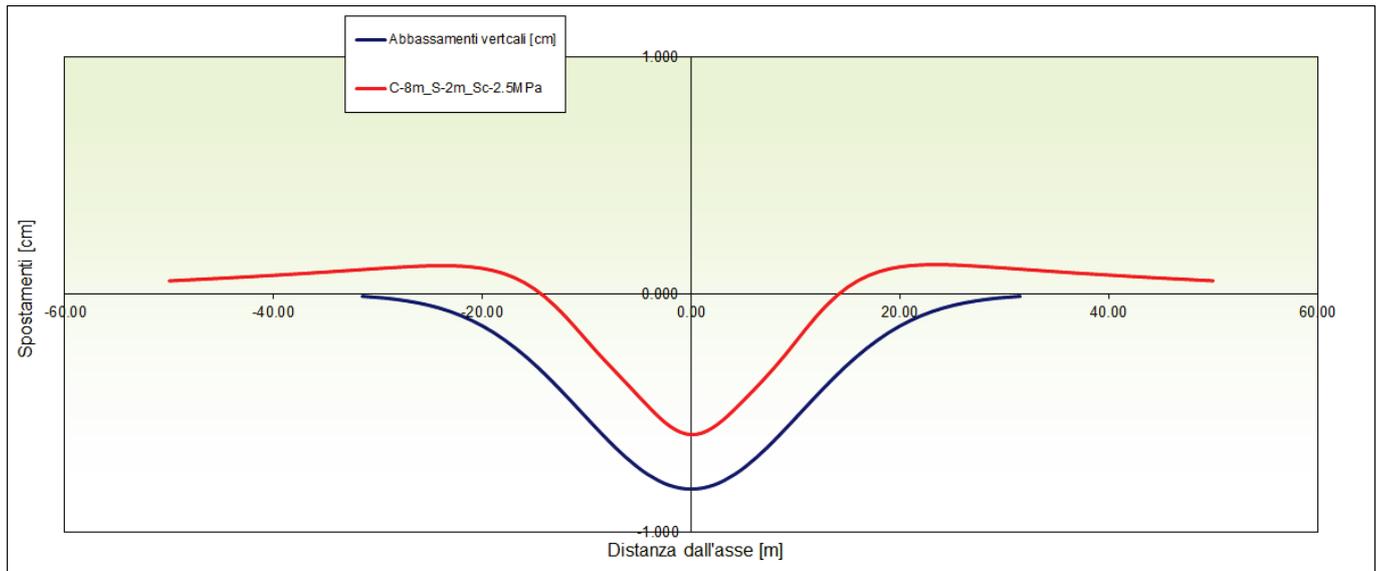


Figura 5-14: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 3

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	22

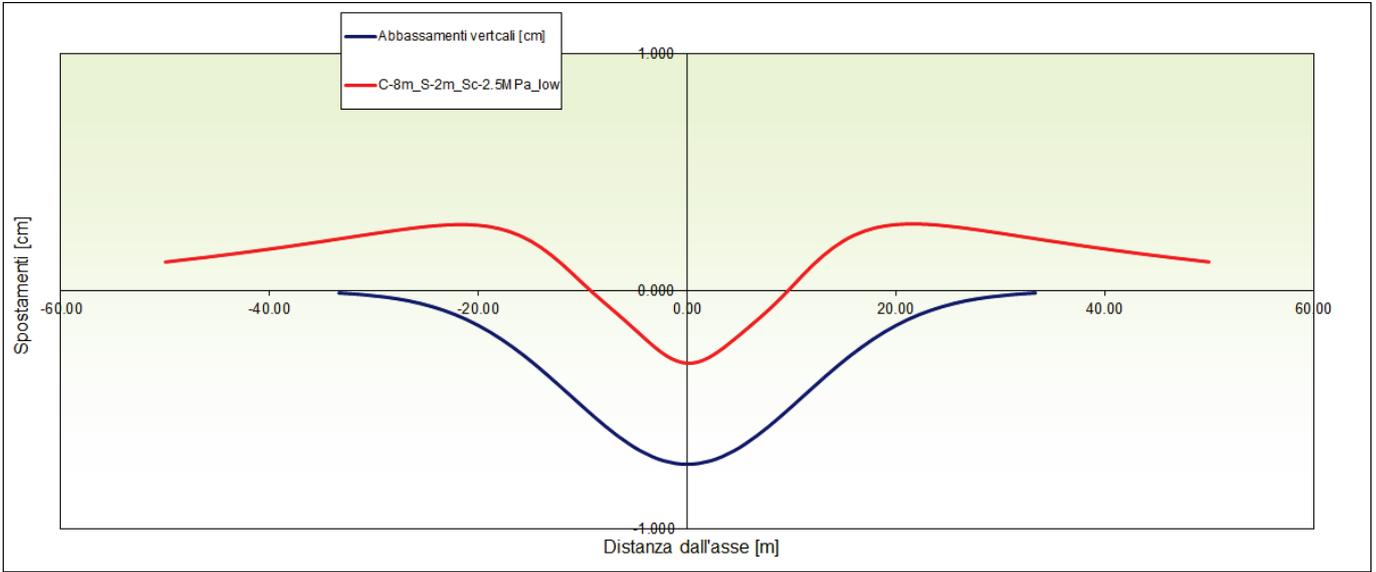


Figura 5-15: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 4

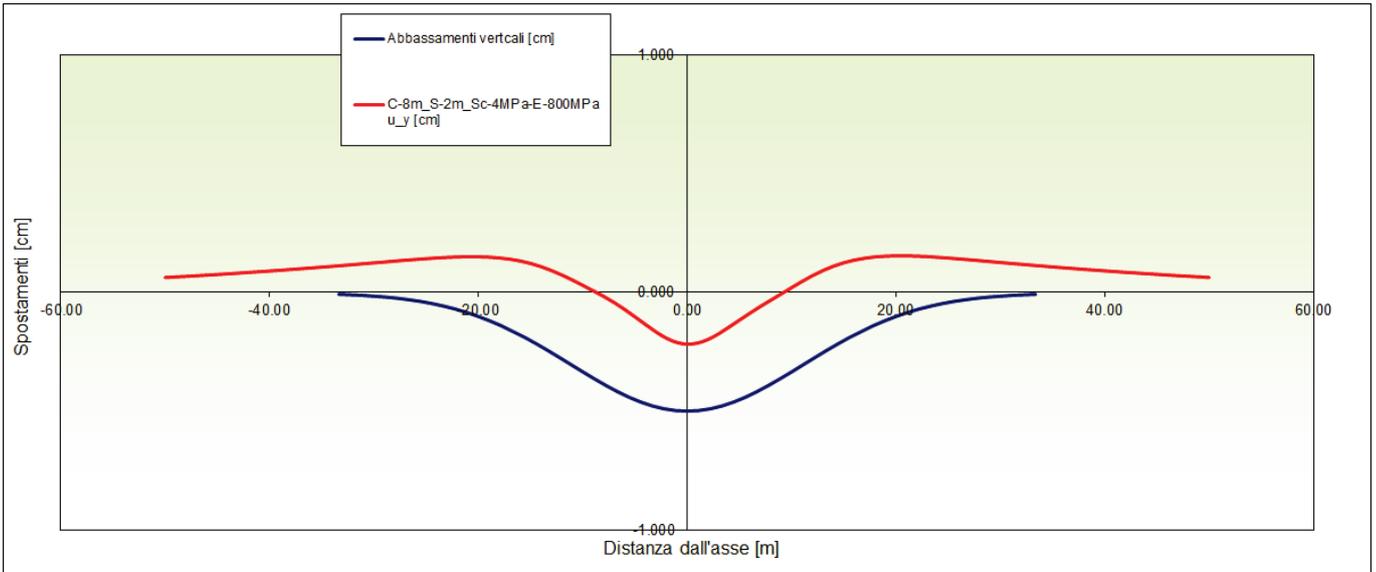


Figura 5-16: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 5

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	23

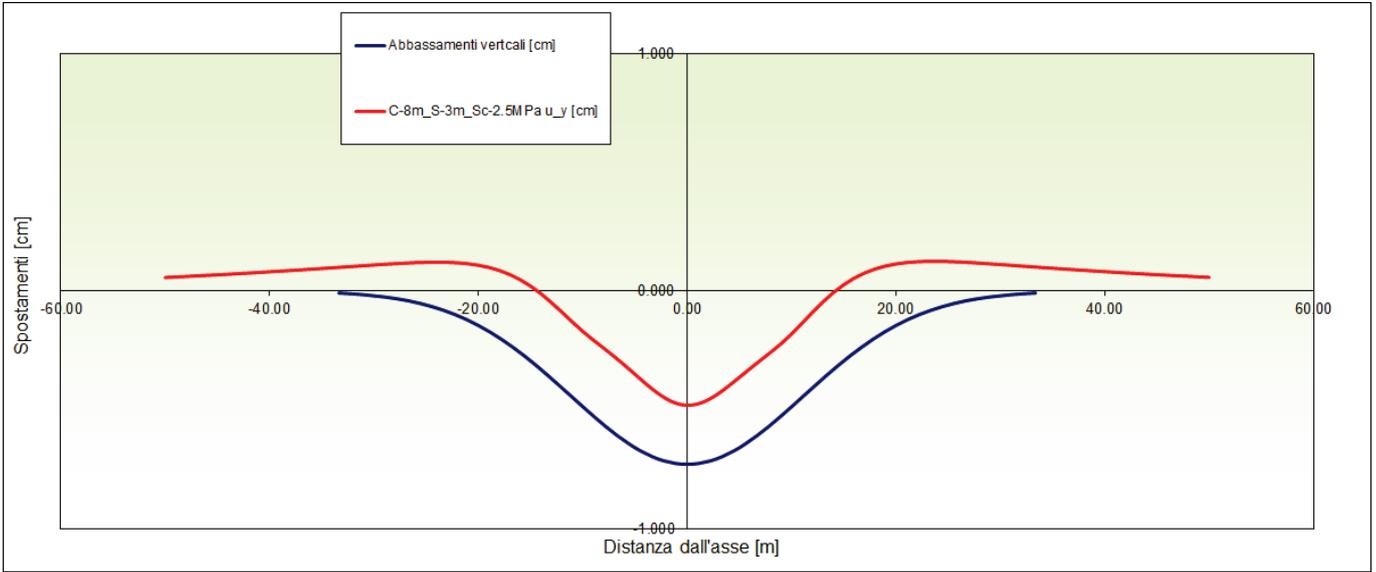


Figura 5-17: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 6

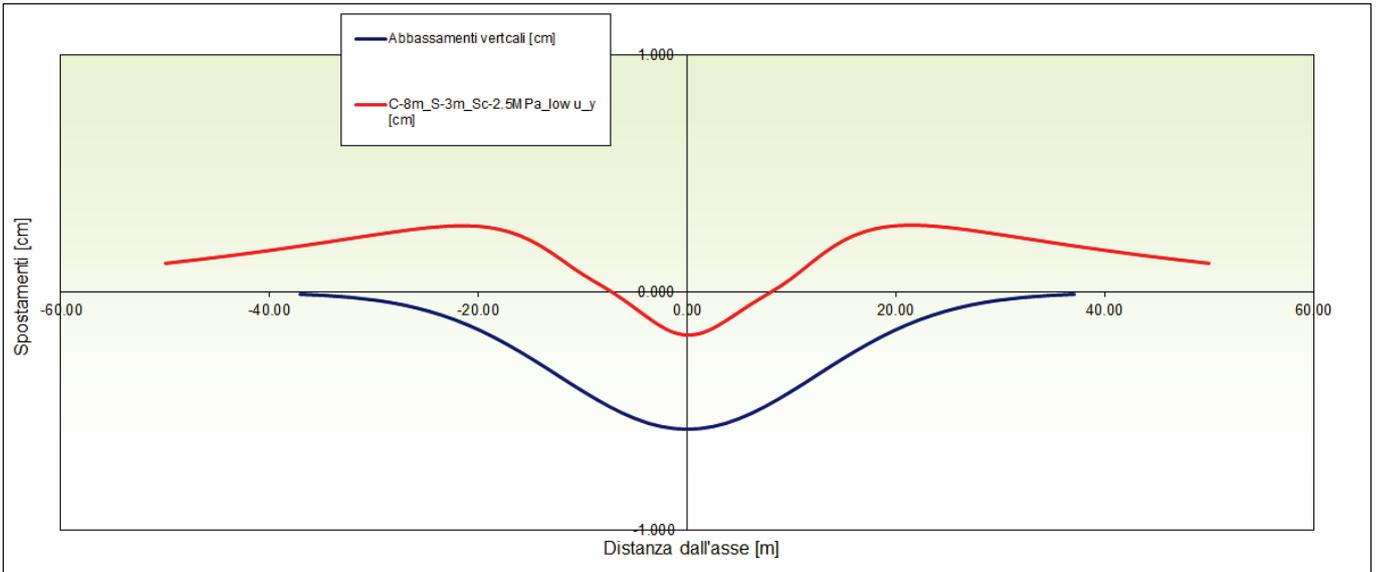


Figura 5-18: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 7

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

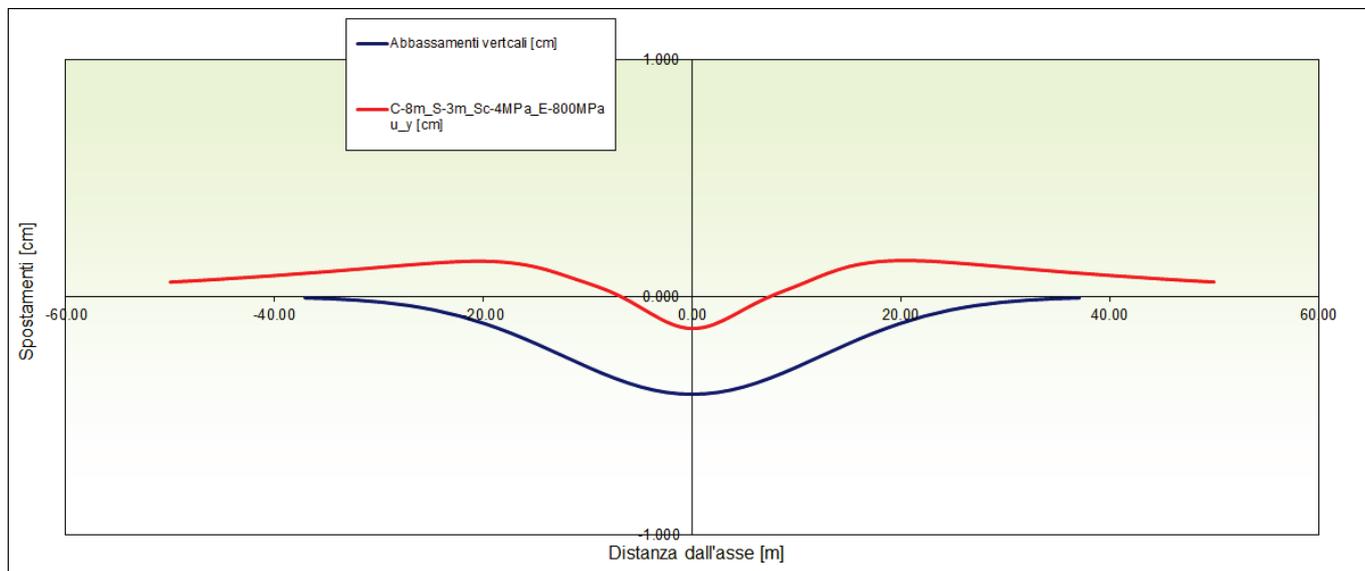


Figura 5-19: Calibrazione curva analitica (linea blu) – Sezione di calcolo 8

Nella Tabella 5-3 è riportato il confronto tra i risultati delle analisi numeriche e quelli delle curve analitiche in termini di cedimenti massimi e distorsioni attesi in corrispondenza dell'asse delle condotte esistenti.

Si specifica che i valori delle distorsioni sono stati stimati in corrispondenza della massima pendenza delle curve di subsidenza, nell'ipotesi che le condotte siano costituite da blocchi giuntati di lunghezza massima pari a 3 metri.

Sezione di calcolo	Cedimento da PLAXIS	Cedimento dalla curva analitica	Distorsione da PLAXIS, L_tubo = 3m	Distorsione dalla curva analitica, L_tubo = 3m
	[m]	[m]	[-]	[-]
1	-0.014	-0.017	1/763	1/845
2	-0.013	-0.017	1/770	1/888
3	-0.006	-0.008	1/1848	1/2129
4	-0.003	-0.007	1/2211	1/2537
5	-0.002	-0.005	1/3435	1/3690
6	-0.005	-0.007	1/2904	1/2537
7	-0.002	-0.006	1/2887	1/3572
8	-0.001	-0.004	1/5600	1/5000

Tabella 5-3: Riassunto dei cedimenti e delle distorsioni

Dai risultati delle analisi condotte si evince che l'intervento di consolidamento proposto consente di ridurre, **come minimo**, del 60% i valori di cedimento e di distorsioni massimi attesi in assenza di specifici interventi.

Alla luce dei risultati emersi, si è scelto quindi di adottare la soluzione analizzata nella sezione di calcolo no. 6 che prevede un consolidamento dall'alto di spessore minimo del trattamento pari a 3m, misurato a partire dal contorno di scavo della galleria, mantenendo invariata la resistenza del jet-grouting già prevista in progetto esecutivo (2.5MPa).

MANDATARIA  CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
	LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	25

I risultati del campo prova previsto prima dell'esecuzione dei trattamenti in jet-grouting consentiranno eventuali affinamenti della soluzione proposta in termini di geometrie ed estensioni del trattamento.

I valori di spostamento verticale e distorsioni risultano quindi trascurabili per le condotte.

5.2 IMBOCCO LATO TERMOLI

È stata analizzata una sezione di calcolo della galleria in corrispondenza delle condotte alla PK 5+340 che presenta una copertura di circa 38m.

Di seguito si riassumono i criteri di verifica ed i risultati ottenuti dall'analisi.

5.2.1 Criteri di verifica

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici agli elementi finiti (software PLAXIS 2D).

Interazione opera-terreno

Il comportamento del sistema opera-terreno è analizzato in maniera semplificata e cautelativa.

Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento deformativo al contorno dello scavo.

Le analisi consentono, pertanto, di verificare il cedimento atteso sulla superficie ed in corrispondenza delle condotte.

Per la verifica del cedimento, le analisi numeriche sono condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le analisi di interazione opera-terreno sono state condotte con modelli numerici bidimensionali mediante il codice di calcolo PLAXIS V23.

5.2.2 Riassunto della analisi

Modello geotecnico

Nella Figura 5-20 si riporta il modello di calcolo adottato mentre nella Tabella 5-4 sono riassunti i parametri geotecnici e la stratigrafia di PE adottati nell'analisi in oggetto. In particolare, nelle analisi sono stati considerati cautelativamente due set di parametri geotecnici: uno derivante dalla sezione tipo C1 e l'altro dalla sezione tipo C1bis previste nelle sezioni della galleria naturale. Ciò al fine di valutare l'impatto dei parametri geomeccanici della formazione SSR (litofacies sabbioso limosa) presente sulla efficienza dei consolidamenti già previsti in progetto esecutivo per la sezione tipo in oggetto.

Inoltre, in considerazione della natura litologica dell'unità SSR (litofacies sabbioso limosa), nella quale verranno eseguiti i consolidamenti previsti per la galleria, sono state effettuate ulteriori analisi di sensitività ipotizzando una resistenza media a compressione e un modulo elastico del jet-grouting maggiori di quelli previsti in progetto esecutivo ($\sigma_c = 2.5MPa$, $E = 300MPa$); nello specifico si è assunto un valore medio della resistenza a compressione pari a 5MPa e il valore del modulo elastico è stato fatto variare tra 600 MPa e 1000MPa.

Le analisi condotte hanno quindi permesso di valutare l'efficacia del consolidamento in termini di riduzione dei cedimenti e di miglioramento della stabilità globale dell'ammasso, in funzione della variabilità dei parametri geomeccanici della unità litologica e della resistenza e rigidezza del consolidamento in jet-grouting.

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	26

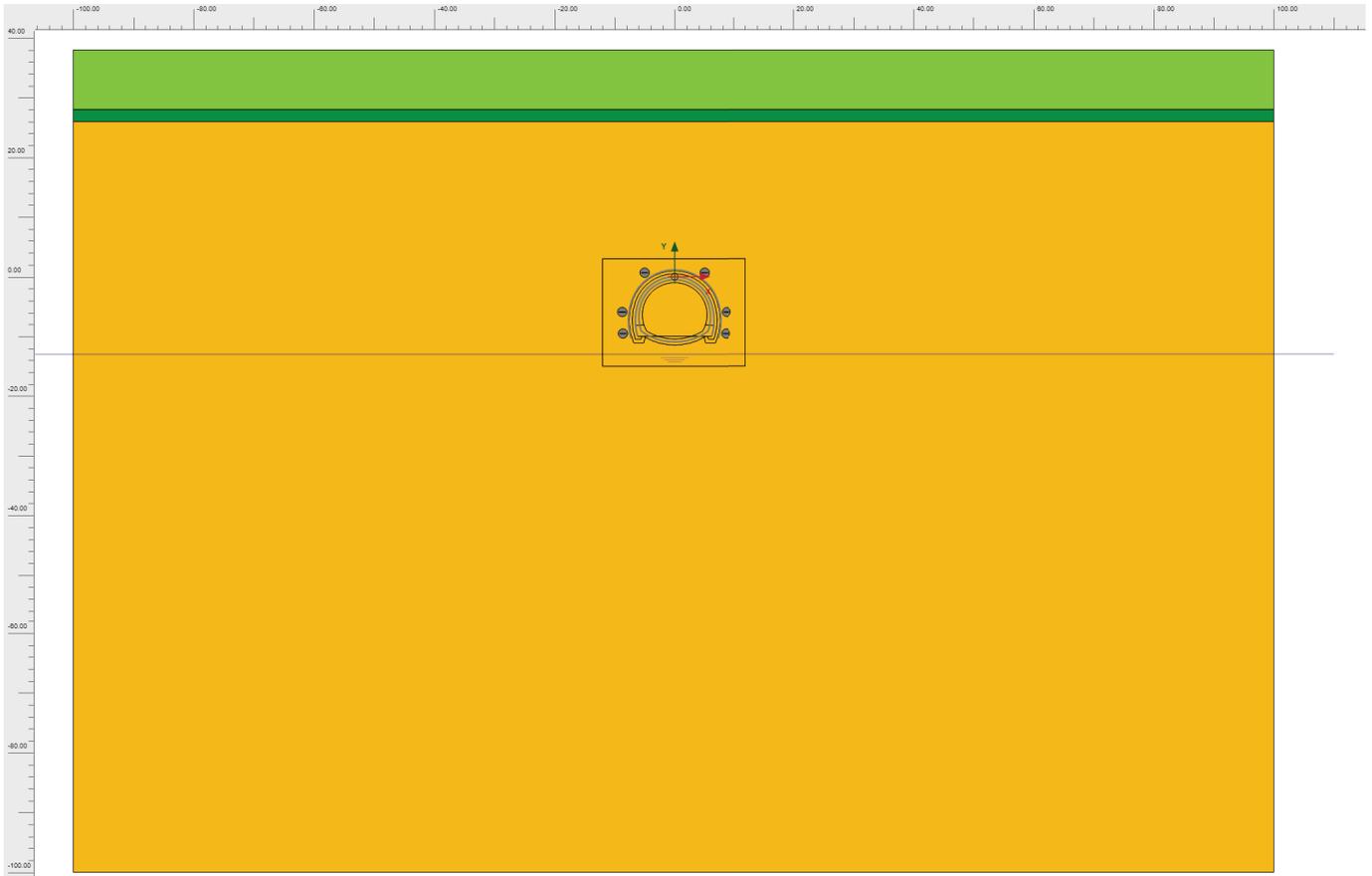


Figura 5-20: Modello di calcolo – alte coperture

Formazione	Sezione corrispondente	Quota [m]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ [°]	E [MPa]
CG1	C1	38 ÷ 28	20	0	35	50
CG2	C1	28 ÷ 26	20	10	20	50
SSR	C1	26 ÷ -100	19	5	38	300
SSR	C1bis	26 ÷ -100	19	0	35	150

Tabella 5-4: Parametri geotecnici – PE

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	27

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costruita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tenso-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con “carrelli”.

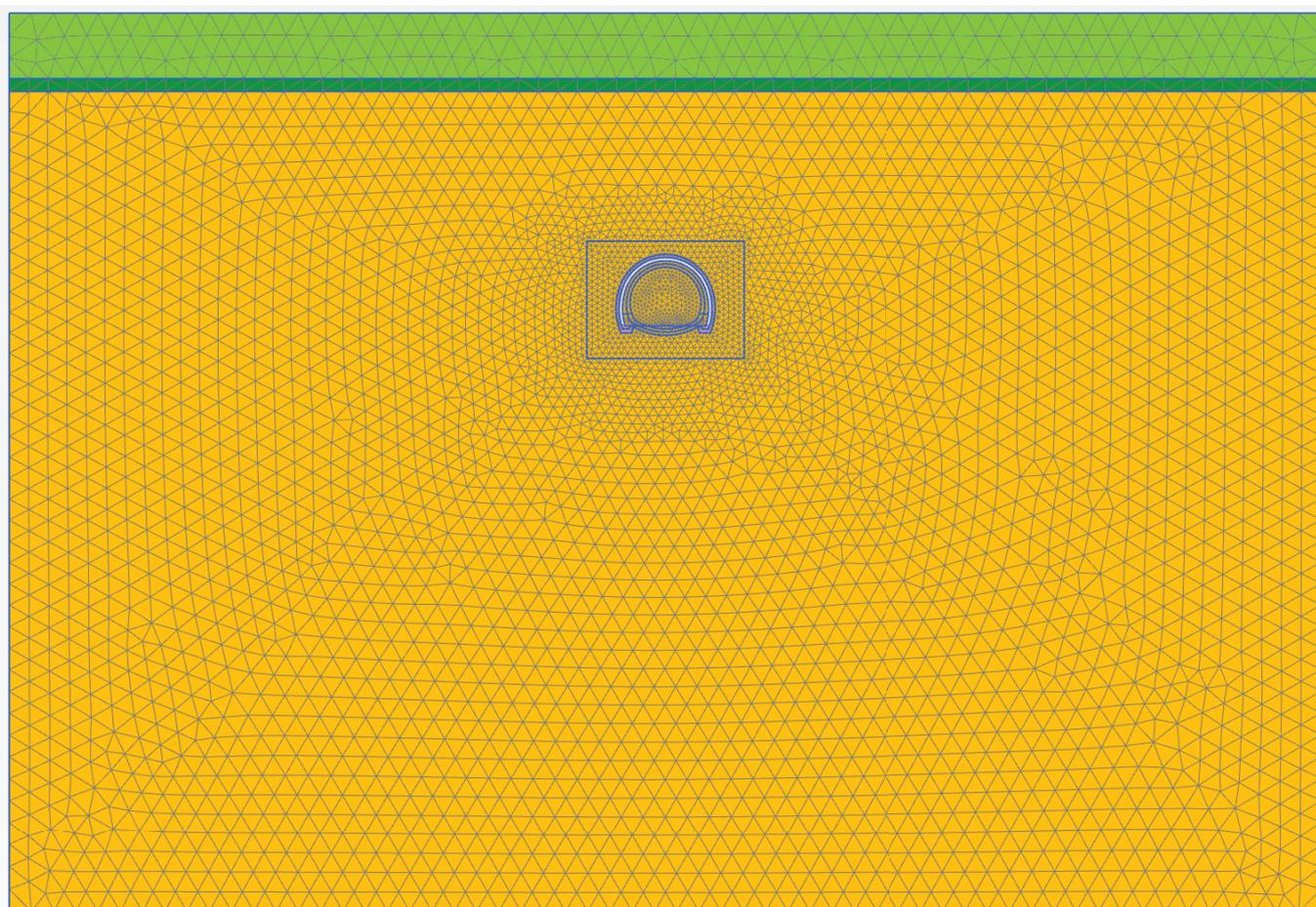


Figura 5-21: Modello di calcolo – alte coperture – Geometria mesh

Fasi di calcolo

Sono state analizzate le fasi esecutive già previste da progetto esecutivo.

Fase	Descrizione	Rilassamento
0	Fase litostatica	-
1	Esecuzione dei consolidamenti al contorno del cavo	-
2	Rilascio a cavo libero in corrispondenza del fronte	42%
3	Esecuzione dello sfondo elementare di 1m	76%
4	Installazione del rivestimento di prima fase	93%
5	Installazione dell'arco rovescio	100%
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	100%

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA SI 00 00			PROGR 030

5.2.3 Verifiche dei cedimenti

Per verificare l'efficienza di consolidamento si riportano di seguito i risultati delle analisi condotte.

In particolare nel presente paragrafo verranno illustrati i risultati delle seguenti analisi:

Sezione di calcolo	Sezione tipo	Copertura, [m]	Parametri geomeccanici di riferimento di SSR	Resistenza media jet-grouting, [MPa]	Modulo elastico jet-grouting, [MPa]
1	C1bis	38	C1	2.5	300
2	C1bis	38	C1bis	2.5	300
3	C1bis	38	C1	5.0	600
4	C1bis	38	C1	5.0	1000

Dalla Figura 5-22 alla Figura 5-25 vengono riportati gli spostamenti massimi verticali nell'ammasso ottenute per ciascuna sezione di calcolo analizzata. Nella Figura 5-26 è riportato invece lo spostamento massimo verticale riferito alla quota media dell'asse delle condotte ubicato a circa 2m da piano campagna.

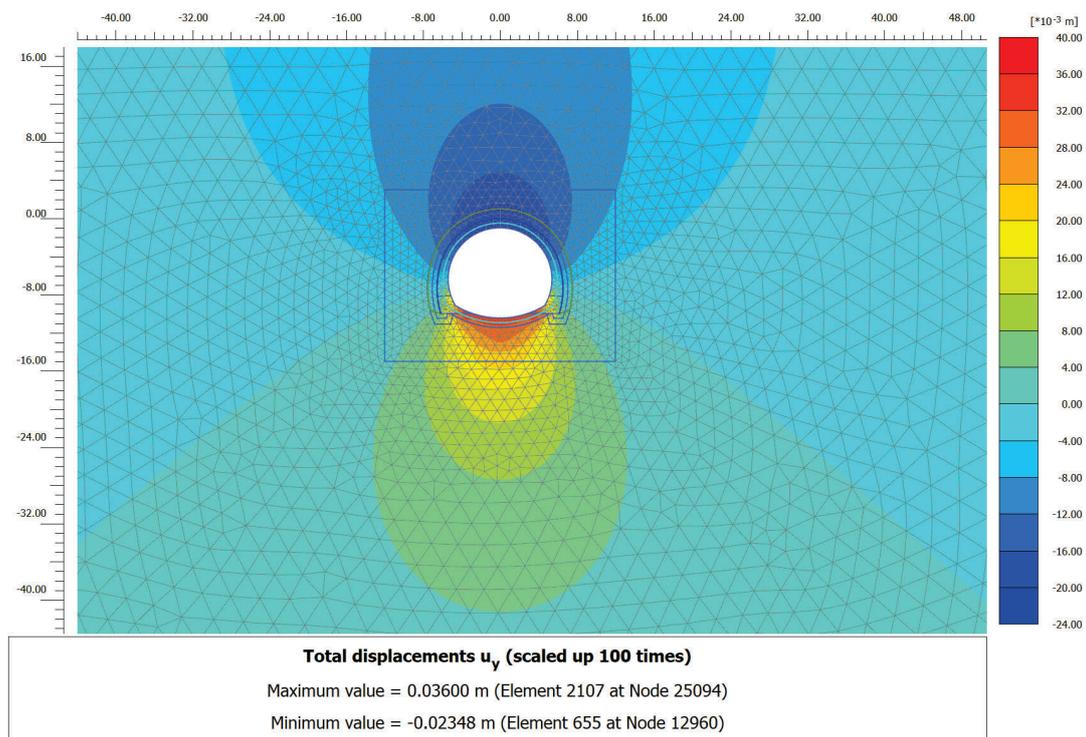


Figura 5-22: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 1

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	29

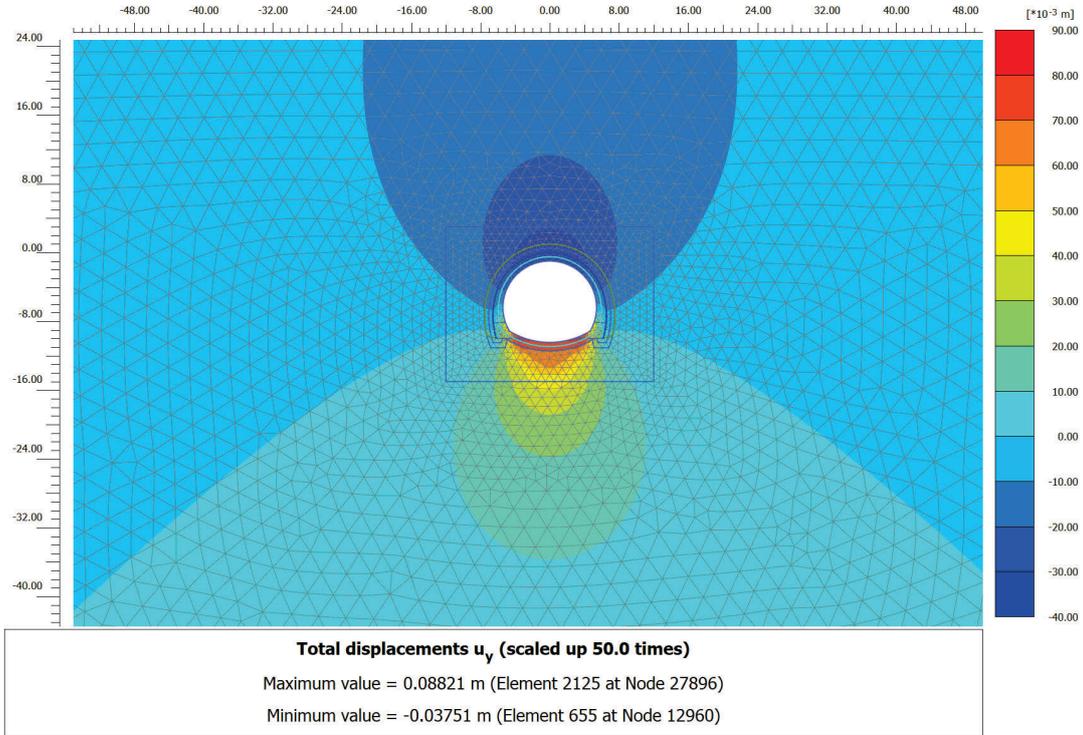


Figura 5-23: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 2

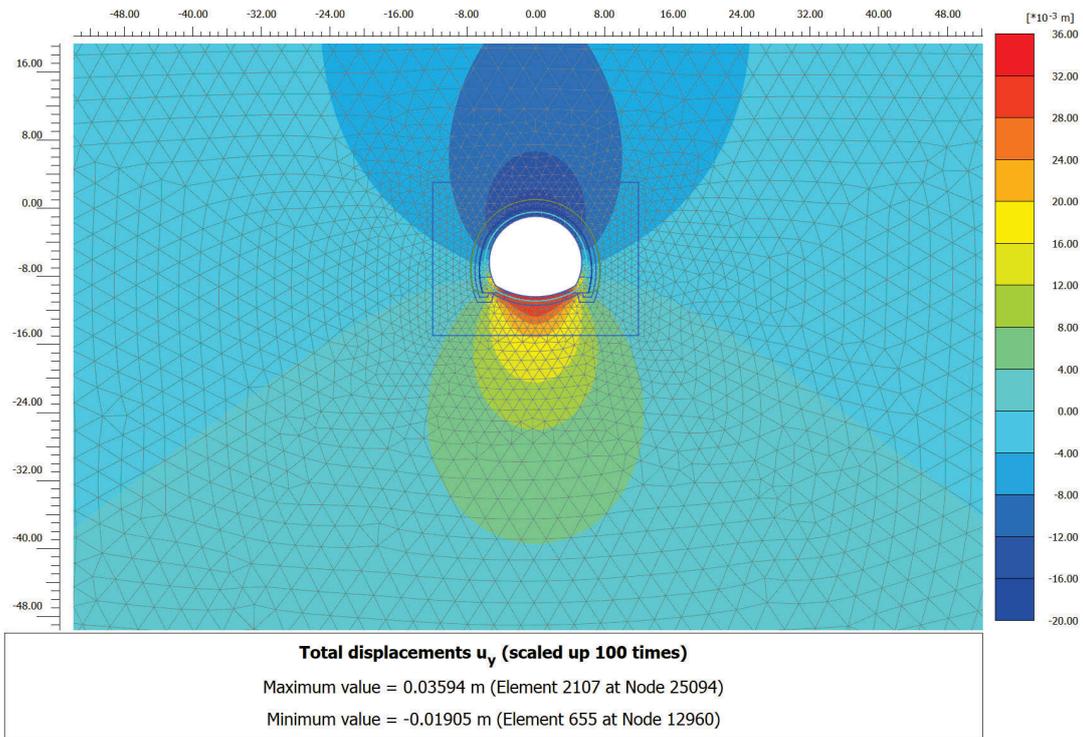


Figura 5-24: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 3

**Relazione tecnico-descrittiva
degli interventi in rispetto della
prescrizione n. 44 Ordinanza del**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	30

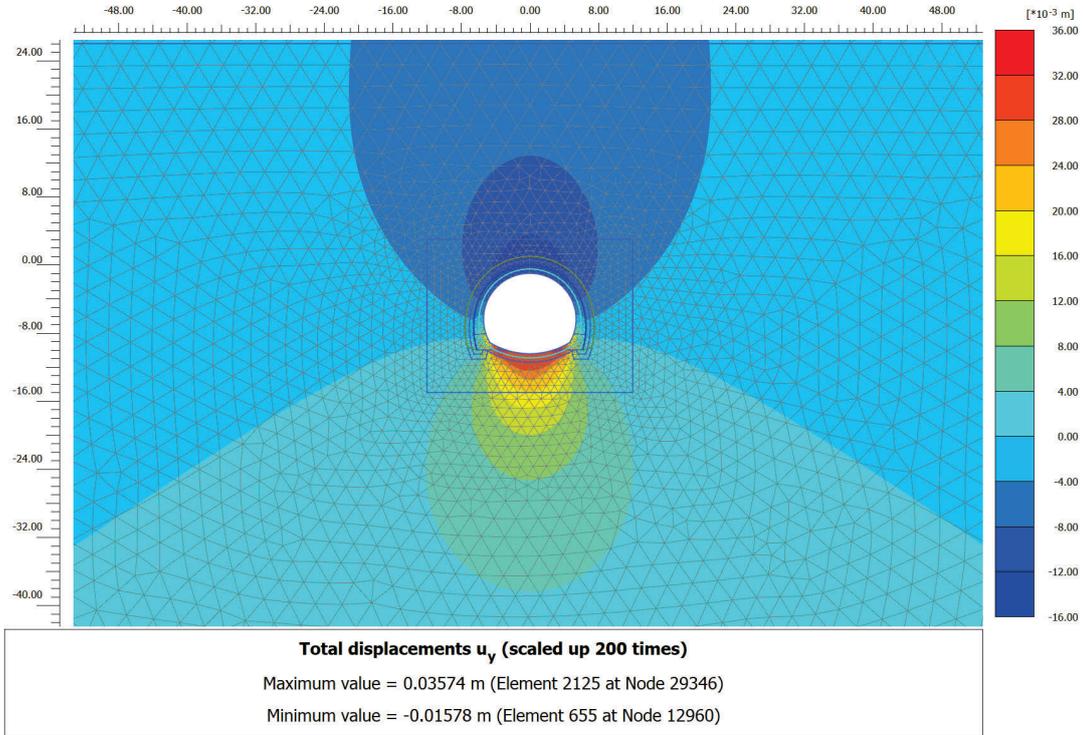


Figura 5-25: Mappa a colori di spostamenti (negativo - il cedimento) – Sezione di calcolo 4

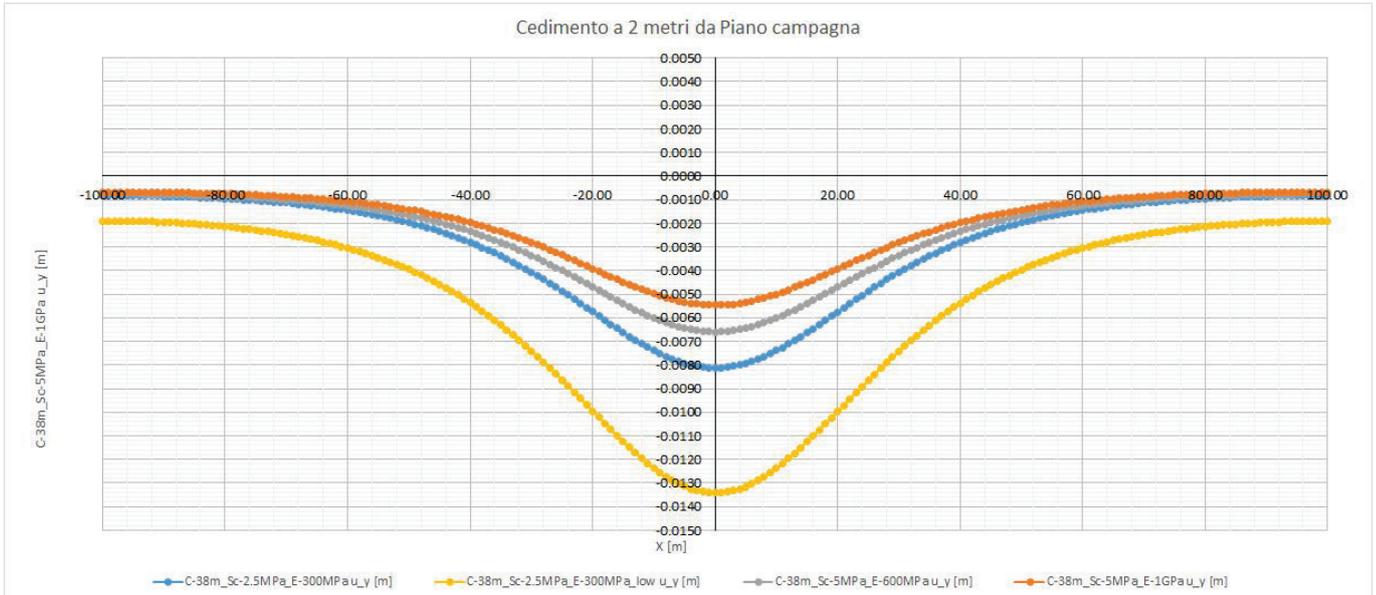


Figura 5-26: Cedimento registrato a 2 metri da piano campagna a quota delle condotte (negativo - il cedimento)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	31

Nella Tabella 5-5 sono riportati i risultati delle analisi numeriche svolte in termini di cedimenti massimi e distorsioni attesi in corrispondenza dell'asse delle condotte esistenti.

Si specifica che i valori delle distorsioni sono stati stimati in corrispondenza della massima pendenza delle curve di subsidenza, nell'ipotesi che le condotte siano costituite da blocchi giuntati di lunghezza massima pari a 3 metri.

Sezione di calcolo	Cedimento	Distorsione, $L_{\text{tubo}} = 3\text{m}$
	[m]	[-]
1	-0.008	1/5615
2	-0.013	1/3780
3	-0.007	1/7029
4	-0.006	1/8580

Tabella 5-5: Riassunto dei cedimenti e distorsioni

Dai risultati delle analisi condotte si evince che i consolidamenti già previsti in progetto esecutivo per la sezione tipo di avanzamento C1bis consentono di ottenere valori di spostamento massimo verticale di ordine millimetrico e valori di distorsione massima inferiori a 1/3700.

Alla luce dei risultati ottenuti, si è scelto quindi di adottare la sezione tipo C1bis prevista in progetto esecutivo per attraversare il tratto di galleria interessato dalla presenza delle condotte esistenti in prossimità del piano campagna. Tenendo conto dell'estensione del bacino di subsidenza provocato dallo scavo della galleria in corrispondenza delle alte coperture, si propone di modificare le percentuali di utilizzo delle sezioni tipo di avanzamento previste in progetto esecutivo nella tratta in oggetto (tra PK 5+250 e PK 5+400) prevedendo l'utilizzo della sezione tipo C1bis per l'80% della tratta e della sezione tipo C1 per la restante parte (20%).

I risultati del campo prova dei trattamenti in jet-grouting e i dati di monitoraggio che saranno raccolti nel corso dell'avanzamento degli scavi in galleria consentiranno eventuali affinamenti della soluzione proposta in termini di percentuale di applicazione delle sezioni tipo.

I valori di spostamento verticale e distorsioni risultano quindi trascurabili per le condotte.

6. CONCLUSIONI

Dopo un'attenta analisi degli attraversamenti delle condotte interferenti con la galleria Campomarino e delle prescrizioni normative e commissariali, sono stati delineate le misure necessarie per garantire l'integrità delle condotte durante la fase di scavo e di esercizio della galleria.

La stima dei cedimenti e delle distorsioni in campo libero, effettuata con metodo empirico e considerando varie ipotesi di perdita di volume e parametri geotecnici, ha fornito un quadro chiaro delle potenziali criticità e delle necessità di intervento.

Per ogni condotta interferente, sono stati proposti sistemi di monitoraggio e soluzioni tecniche mirate a contenere i cedimenti previsti e ad assicurare un tempestivo intervento in caso di variazioni anomale delle condizioni.

Le misure di mitigazione dei cedimenti prevedono per le interferenze lato Termoli un impiego maggiore della sezione C1bis nello scavo della galleria rispetto alla sezione C1 in quanto i consolidamenti previsti per la sezione C1bis consentono di ridurre notevolmente i cedimenti previsti in superficie. Per le interferenze lato Lesina, invece, si prevede il consolidamento del terreno dall'alto attraverso colonne di jet grouting.

<p>MANDATARIA</p>  <p>CONDONZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</p> <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>Relazione tecnico-descrittiva degli interventi in rispetto della prescrizione n. 44 Ordinanza del</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	SI	00	00	030	B	32

I cedimenti che si ottengono attraverso le misure mitigative previste risultano inferiori rispetto ai cedimenti prodotti dalla normale escursione della falda che avviene durante le varie stagioni dell'anno, pertanto, i cedimenti sono da ritenersi ammissibili nei confronti dell'esercizio delle condotte interferenti.