

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA

MODIFICA PRG STAZIONE DI CATANIA BICOCCA

IN51

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO Ing. G. Parisi	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing.G. TANZI	

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

R	S	3	9	1	0	V	Z	Z	C	L	I	N	5	1	0	0	0	0	1	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Ricci	11/2023	C.Beltrami	11/2023	G.Tanzi	11/2023	Ing. G. Tanzi
B	REVISIONE A SEGUITO INTERFERENZA CON TRALICCIO LINEA ELETTRICA	F. Ricci	11/2023	C.Beltrami	11/2023	G.Tanzi	11/2023	
								11/2023

File: RS39-10-V-ZZ-CL-IN5100-001_B.docx

n. Elab.:


APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consorziati</small> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>2 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	2 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	2 di 70								

INDICE

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3.2	BIBLIOGRAFIA	6
3.3	ELABORATI DEL PROGETTO ESECUTIVO	6
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	7
4.1	Premessa	7
4.2	Stratigrafia	7
4.3	Parametri geotecnici	9
5	MATERIALI	11
5.1	Calcestruzzo	11
5.2	Acciaio	12
5.3	Durabilità	13
5.3.1	Ambiente di riferimento	13
5.3.2	Copriferro di progetto	13
5.3.3	Limiti fessurativi	13
6	ANALISI DEI CARICHI	14
6.1	Paratia lato cantiere e viabilità stradale esistente	14
6.2	Paratia lato ferrovia	17
7	COMBINAZIONE DEI CARICHI	18
8	IPOSTESI DI CALCOLO	20
8.1	Software di calcolo	20
8.2	Criterio dimensionamento tiranti	21
8.3	Premessa	22
8.4	Sezione A (IN44) – Fasi di calcolo	26
8.5	Sezione B – Fasi di calcolo	29
9	SOLLECITAZIONI	32

APPALDATORE: Mandatario: 	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Mandante:   	
APPALDATORE: Mandatario: 	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.51.00.001 B 3 di 70
Mandante:  	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	

9.1	Sezione A	32
9.2	Sezione B.....	37
10	STABILITÀ DELL'OPERA (RESISTENZA DEL TERRENO A VALLE).....	42
11	VERIFICHE DI RESISTENZA STRUTTURALE DELL'OPERA	44
11.1	Verifica strutturale delle paratie	44
11.2	Verifica a sfilamento degli ancoraggi.....	46
11.3	Verifica della gerarchia delle resistenze	49
11.4	Verifica travi di ripartizione in corrispondenza dei puntoni	50
12	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI.....	55
12.1	Spostamenti lato ferrovia.....	55
12.2	Spostamenti lato strada.....	56
13	ANALISI DI FILTRAZIONE E CEDIMENTI INDOTTI.....	57
13.1	Geometria e modello di calcolo.....	57
13.2	Fasi di calcolo.....	59
13.3	Parametri di permeabilità.....	59
13.4	Serie di analisi effettuate	61
13.5	Dettagli di modellazione: spostamenti orizzontali della paratia	61
13.6	Stima delle portate a fondo scavo – Risultati delle analisi	63
13.7	Scenario di riferimento – Analisi 1 – Stima dei cedimenti indotti.....	68
	ALLEGATO 1 – PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC	70

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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 style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">IN.51.00.001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">4 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	4 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	4 di 70								

1 PREMESSA

Nell’ambito del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento Palermo – Catania ed in particolare del Raddoppio della Tratta Bicocca - Catenanuova, sulla Direttiva Ferroviaria Messina – Catania – Palermo, la presente relazione ha per oggetto la verifica delle opere provvisionali a protezione della vasca di laminazione prevista alla pk 36+150.

2 INQUADRAMENTO DELL’OPERA

La vasca di laminazione in esame posta alla Pk 36+150 presenta delle dimensioni in pianta circa pari a (111.60 x 31.60)m e un’altezza pari a 7.60m.

Si riportano di seguito le immagini rappresentative delle opere di sostegno degli scavi, rimandando per eventuali e ulteriori dettagli alle tavole di riferimento.

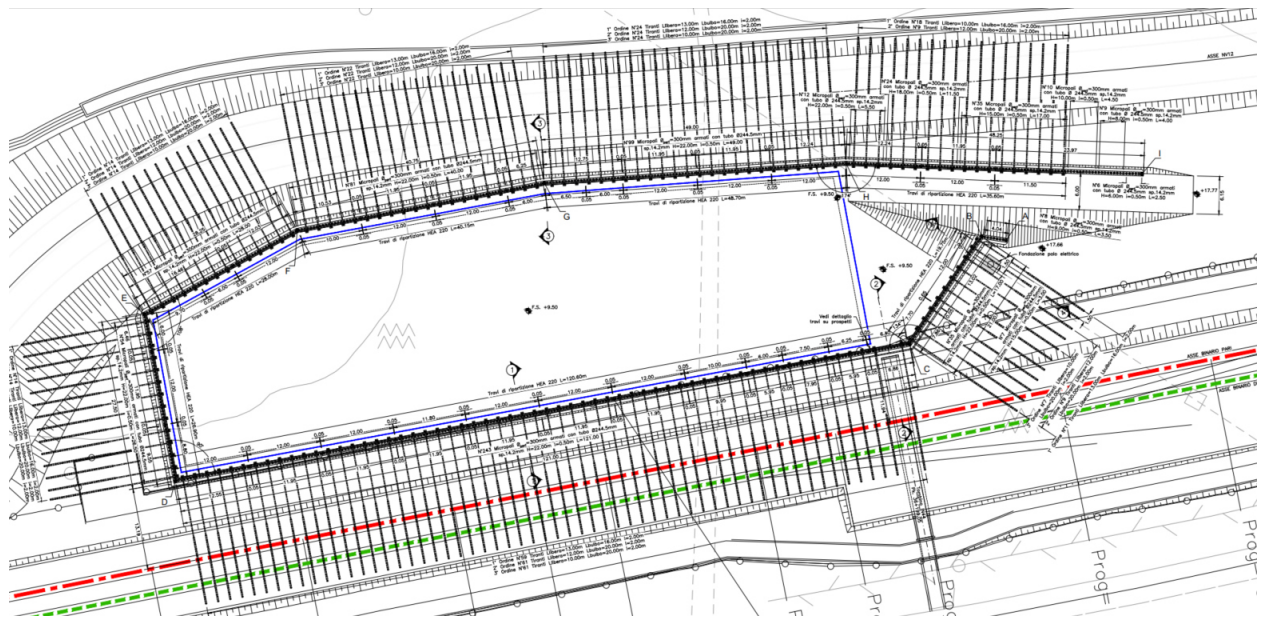


Figura 1 Planimetria Vasca

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>5 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	5 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	5 di 70								

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] *Legge 5 novembre 1971 n. 1086* - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2] *Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951* – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n.1086
- [3] *Legge 2 febbraio 1974 n. 64* – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- [4] *D.M.Min. II. TT. del 14 gennaio 2008* – Norme tecniche per le costruzioni
- [5] *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617* - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- [6] *UNI ENV 1998-5 – Gennaio 2005* - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [7] *UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005*
- [8] *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- [9] *RFI DTC INC CS SP IFS 001 A* - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [10] *RFI DTC INC PO SP IFS 003 A* - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- [11] *RFI DTC INC CS LG IFS 001 A* - Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- [12] *RFI DTC INC PO SP IFS 002 A* - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- [13] *RFI DTC INC PO SP IFS 004 A* - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- [14] *RFI DTC INC PO SP IFS 005 A* - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- [15] *STI 2014* - Regolamento (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- [16] *UNI-EN 1537* - Esecuzione di lavori geotecnici speciali. Tiranti di ancoraggio, giugno 2002

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT Lombardi SETECO Mandante: Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>6 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	6 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	6 di 70								

3.2 BIBLIOGRAFIA

- [1] Bustamante M. et Doix B., “Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés”, Bulletin liaison LCPC, Nov. - Dec. 1985.
- [2] Caquot A., Kerisel J. [1948] "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [3] Lancellotta R. (2007), “Lower Bound approach for seismic passive earth resistance”, Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [4] Mueller-Breslau (1906), “Erddruck an Stuetzmaern” Kroener.
- [5] Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [6] NAVFAC (1982), “Foundations and earth Structures. Design manual 7.2”. Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command.
- [7] Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. Proceedings, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures. 103-147.
- [8] Taylor, D.W. (1948). Fundamental of soil mechanics. John Wiley, New York
- [9] AICAP (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni
- [10] Bowles, J.E. (1991). Fondazioni, progetto e analisi. McGraw-Hill

3.3 ELABORATI DEL PROGETTO ESECUTIVO

- [1] RS39-10-E-ZZ-RB-GE0200-001_B – Relazione geotecnica generale
- [2] RS39-10-E-ZZ-F7-GE0200-040_B – Profilo geotecnico – Tav. 40

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	 								
APPALTATORE: Mandatario:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	7 di 70
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI									

4 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

4.1 Premessa

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite indagini in sito e prove di laboratorio. Ai fini del calcolo delle opere provvisorie oggetto del presente documento, si sono utilizzati i parametri geotecnici definiti in accordo al profilo geotecnico [2] e alla relazione geotecnica generale [1].

4.2 Stratigrafia

La figura seguente mostra un estratto del profilo geotecnico in corrispondenza della vasca di laminazione.

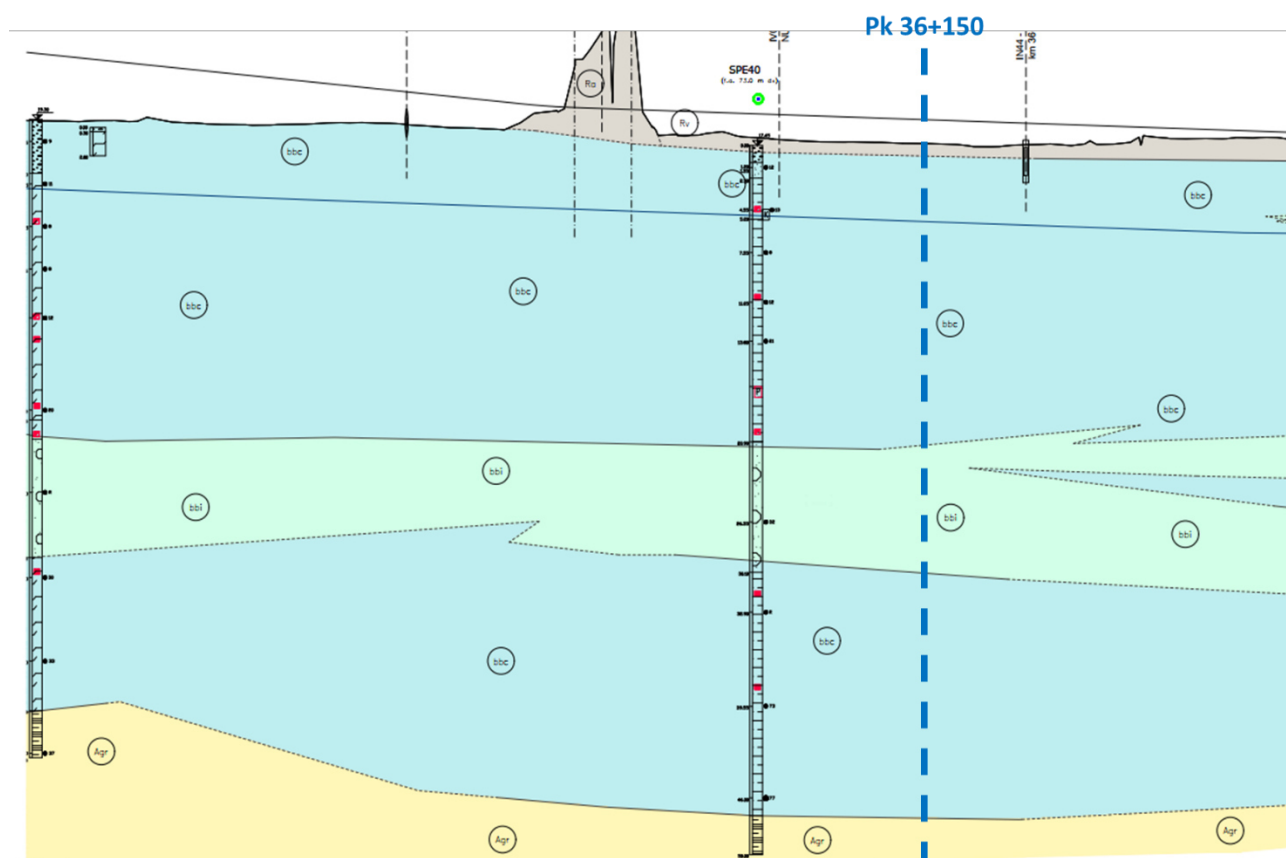


Figura 2 Profilo geotecnico e indicazione della sezione di calcolo

La stratigrafia di riferimento per le analisi è sintetizzata nella tabella seguente.

Strato	U.G.	Quota sommità (m s.l.m.)	Quota inferiore (m s.l.m.)	Spessore strato (m)
1	bbc	18.0	-2.0	20.0
2	bbi	-2.0	-12.0	10.0

APPALTATORE: Mandatario: 	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Mandante:   	
APPALTATORE: Mandatario: 	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.51.00.001 B 8 di 70
Mandante:  	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	

3	bbc	-12.0	-29.0	17.0
4	Agr	-29.0	-42.0	13.0

Tabella 1 – Stratigrafia di calcolo

Per le verifiche strutturali si è considerata una stratigrafia uniforme costituita dall'unità bbc. I micropali in progetto hanno una lunghezza di 22.0 m, sono dunque immorsati per circa 2.0 m nell'unità bbi. Il contributo della parte sommitale dello strato di bbi in cui sono immorsati i micropali viene dunque cautelativamente trascurato nelle analisi.

La stratigrafia indicata in Tabella 1 è stata invece considerata tal quale per le analisi di filtrazione presentate nel capitolo §0.

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
   	  	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.51.00.001 B 9 di 70

4.3 Parametri geotecnici

Si richiama la sintesi delle caratterizzazioni geotecniche riportata nel paragrafo §7.6 della relazione geotecnica [1].

U.G.	γ	c'	φ'	c_u	E_0	E'	k
	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[m/s]
Ra	20	0	38	-	-	40	-
ba	18.5÷19.5	0÷5	24÷32	40÷80	80÷340	(2)	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-5}$
	19.0÷20.0 ⁽¹⁾	0 ⁽¹⁾	32÷33 ⁽¹⁾	-		(2)	$1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$ (1)
bbc	19.0÷20.5	5÷15	20÷28	25÷225	70÷250	(2)	$5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$
bbi	19.5÷20.5	0	35÷40	-	100 + 12.5 z	-	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
bbi.s	19.5÷20.5	0	30÷34	-	350	-	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
bnc	19.0÷20.0	5÷12	23÷25	50÷225	70÷170	(2)	$5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$
bni	19.0÷20.0	0	35÷38	-	130÷500	(2)	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
GII	19.5÷20.5	0	36÷39	-	260÷700	-	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-5}$
GII,c		0÷5	25	75÷175	-	15÷25	-
AAC	19.5÷21.0	5÷23	19÷24	100÷450	250 + 13.75 · z	18 + 1.5 · (z-5)	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-8}$
Agr	19.0÷20.0	0÷15	19÷25	50÷250	200+17.5(z-5)	10+1.35(z-5)	$1 \cdot 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-6}$
FYN	20.0÷21.0	5÷20	20÷24	150+6.7(z-5)	250+14.4(z-5)	20+0.9(z-5)	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-7}$
MU	19.5÷20.5	10÷25	24÷28	200÷500	280÷700	-	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-6}$

⁽¹⁾ parte più grossolana della u.g.

⁽²⁾ $E_0/(3 \div 5)$ per paratie e fondazioni dirette ; $E_0/10$ per cedimento di rilevati

Figura 3 Sintesi caratterizzazione geotecnica

In fase di progetto delle opere provvisoriali si assumono i seguenti parametri:

Unità bbc

$\gamma = 20$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\Phi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_0 = 90$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$E'_{op,1} = 30$ MPa	($=E_0/3$) modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>10 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	10 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	10 di 70								

Unità bb1

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\Phi' = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_0 = 255 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$E'_{op,1} = 85 \text{ MPa}$	($=E_0/3$) modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

Unità Agr

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\Phi' = 22^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_0 = 210 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$E'_{op,1} = 70 \text{ MPa}$	($=E_0/3$) modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti

I parametri di permeabilità sono indicati nel paragrafo §13.3.

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH  Mandante: Lombardi  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>11 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	11 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	11 di 70								

5 MATERIALI

5.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo per micropali e cordoli

Classe del calcestruzzo		C25/30
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	30 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	24.90 N/mm ²
Resistenza media a compressione	f_{cm}	32.90 N/mm ²
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	f_{cd}	14.11 N/mm ²
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	2.56 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	1.79 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.33 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	3.07 N/mm ²
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.19 N/mm ²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.03 N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cls di calcolo	f_{bd}	2.69 N/mm ²
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	31447 N/mm ²
Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara)	σ_c	14.94 N/mm ²
Classe di esposizione		XC2 -

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>ingegneria integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> SETECO <small>ingegneria s.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>12 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	12 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	12 di 70								

5.2 Acciaio

Acciaio per micropali

Classe di acciaio		S275J0H	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	275	N/mm ²
Resistenza di rottura	f_{tk}	430	N/mm ²

Acciaio per travi di ripartizione

Classe di acciaio		S275J0H	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	275	N/mm ²
Resistenza di rottura	f_{tk}	430	N/mm ²

Acciaio per armatura

Classe di acciaio		B450	
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²
Resistenza di progetto	f_{yd}	391.3	N/mm ²
Sovra-resistenza	f_{tk} / f_{yk}	≥ 1.15	-
Modulo di elasticità	E_s	210000	N/mm ²

APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>13 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	13 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	13 di 70								

5.3 Durabilità

5.3.1 Ambiente di riferimento

Tenuto conto della tipologia di elementi in esame nonché della loro esposizione, in accordo con le indicazioni di cui al *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*, si assume la classe di progetto:

- **XC2**

Alla suddetta classe di esposizione sono associate le seguenti condizioni ambientali **ordinarie**

5.3.2 Copriferro di progetto

Il valore del copriferro di progetto viene definito in accordo alle prescrizioni riportate nel paragrafo 2.2.3.2, della norma *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* in cui vengono forniti i minimi valori di copriferro associati a condizioni ambientali ordinarie.

Cordolo

Copriferro di progetto $c_{min} = 60 \text{ mm}$

5.3.3 Limiti fessurativi

Allo stato limite di apertura delle fessure, i limiti fessurativi vengono prescritti nel paragrafo 1.8.3.2.4, della norma *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*, che rimanda integralmente al par. 4.1.2.2.4 delle NTC 2008.

In particolare, il valore limite di apertura della fessura calcolato, per la combinazione di azioni prescelta, al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- w_1 0,2 mm
- w_2 0,3 mm
- w_3 0,4 mm

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto di seguito:

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

- per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive

$$\delta_f \leq w_1$$

- per strutture in condizioni ambientali ordinarie

$$\delta_f \leq w_2$$

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA								
   										
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:									
  										
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 14 di 70			

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Paratia lato cantiere e viabilità stradale esistente

Si osserva che per le berlinesi di micropali lato viabilità stradale si considererà un carico da traffico stradale in corrispondenza della piattaforma stradale e un carico da traffico di cantiere in prossimità dell'opera provvisoria (al fine di tener conto del carico trasmesso dall'eventuale presenza di mezzi di cantiere in prossimità della paratia).

In particolare, per i carichi dei mezzi di cantiere si assume cautelativamente un carico diffuso pari a 10kN/m^2 ; infatti, si osserva che per l'accessibilità alla zona di scavo verrà creata una pista di cantiere e, pertanto, si ritiene trascurabile la presenza di mezzi di cantiere a tergo delle opere provvisorie.

Mentre, per quanto riguarda la viabilità stradale esistente, si osserva che la distanza tra asse stradale e asse cordolo risulta variabile tra 11.13m e 18.05m.

In fase di calcolo si considererà la sezione caratterizzata dalla minor distanza tra l'asse stradale e l'asse del cordolo, cioè con distanza pari a 11.13m. Inoltre, si osserva che saranno applicati i carichi in accordo al paragrafo §5.1.3.3.3 delle NTC, considerando la diffusione dei carichi mostrata nella figura seguente:

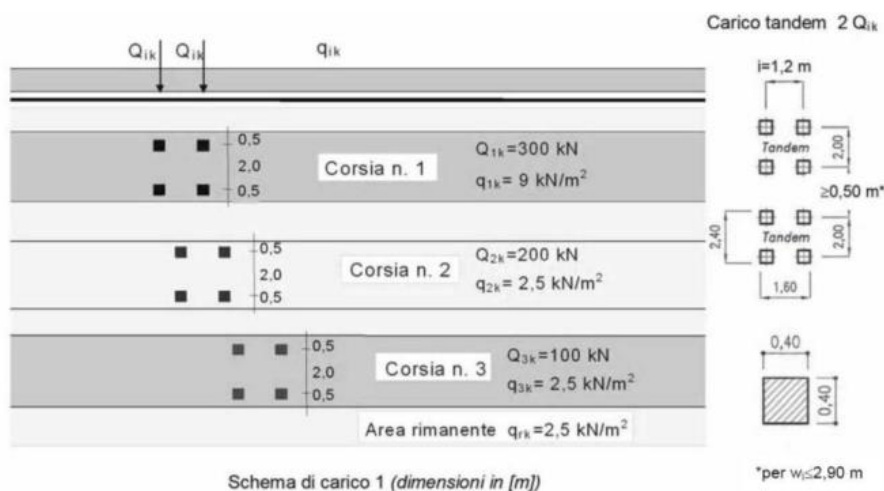


Figura 4 Carichi da traffico stradale - Schema di carico 1

APPALDATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
APPALDATORE: Mandataria: TECH PROJECT ingegneria integrata	Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti						Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a.	S.I.F.E.L.	SETECO Ingegneria S.r.l.
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI							PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL

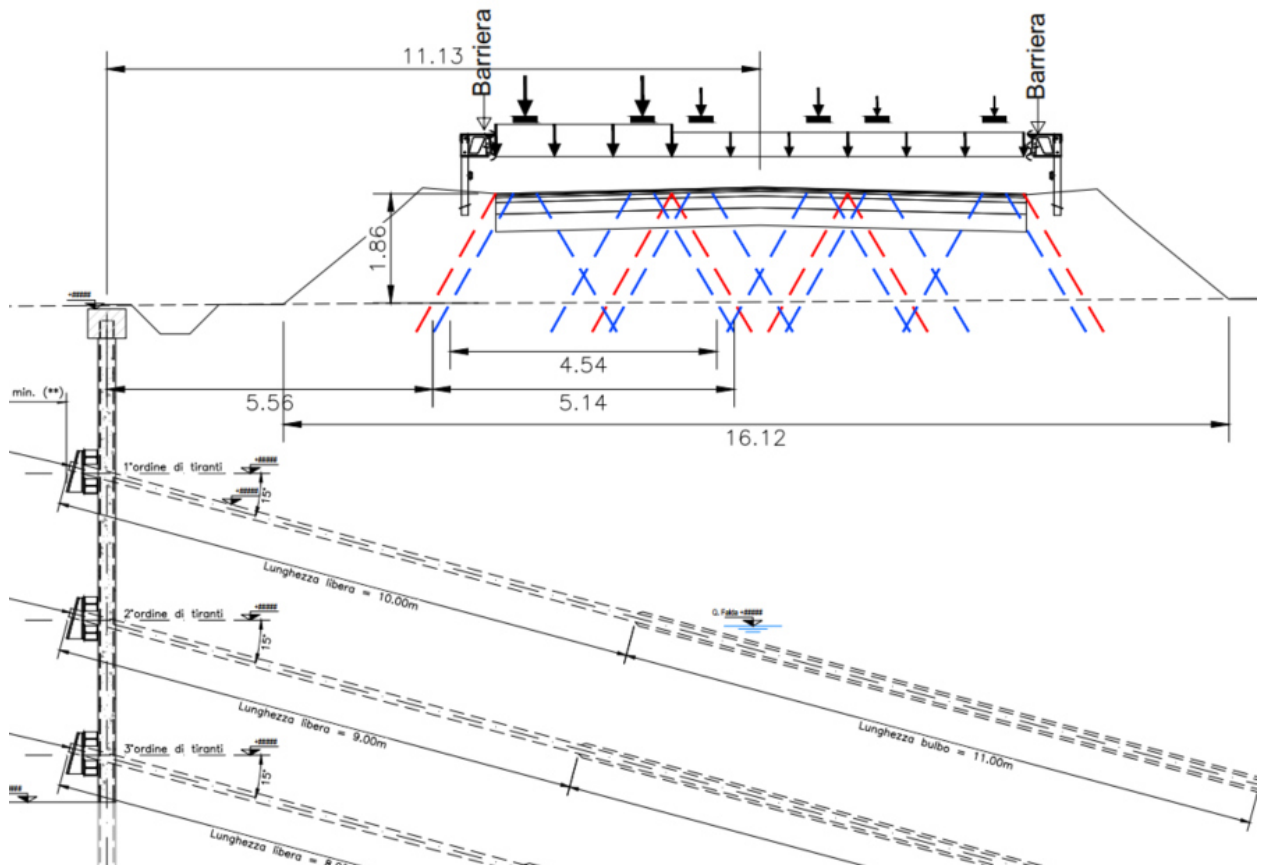


Figura 5 Sezione trasversale di calcolo

Con riferimento all'immagine soprastante, si valutano i carichi da traffico diffusi come segue:

▪ **1a corsia di carico**

Carico tandem

$$Q_{diff} = 4 \times 150\text{kN} / (4.54\text{m} \times 3.66\text{m}) = 36.1\text{kN/m}^2$$

Carico diffuso

$$q_{diff} = 9\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} / 5.14\text{m} = 5.25\text{kN/m}^2$$

Carico totale (1a corsia)

$$q = Q_{diff} + q_{diff} = 41.36\text{kN/m}^2$$

▪ **2a corsia di carico**

Carico tandem

$$Q_{diff} = 4 \times 100\text{kN} / (4.54\text{m} \times 3.66\text{m}) = 24.07\text{kN/m}^2$$

Carico diffuso

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>16 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	16 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	16 di 70								

$$q_{\text{diff}} = 2.5\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} / 5.14\text{m} = 1.46\text{kN/m}^2$$

Carico totale (2a corsia)

$$q = Q_{\text{diff}} + q_{\text{diff}} = 25.53\text{kN/m}^2$$

- **3a corsia di carico**

Carico tandem

$$Q_{\text{diff}} = 4 \times 50\text{kN} / (4.54\text{m} \times 3.66\text{m}) = 12.04\text{kN/m}^2$$

Carico diffuso

$$q_{\text{diff}} = 2.5\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} / 5.14\text{m} = 1.46\text{kN/m}^2$$

Carico totale (2a corsia)

$$q = Q_{\text{diff}} + q_{\text{diff}} = 13.50\text{kN/m}^2$$

Inoltre, in termini di carichi permanenti si considera il sovraccarico del rilevato di altezza pari a 1.86m rispetto al piano campagna:

- Rilevato

$$G_2 = 20.0\text{kN/m}^3 \times (16.12\text{m} + 11.50\text{m}) / 2 \times 1.86\text{m} / 16.12\text{m} = 31.87\text{kN/m}^2$$

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 17 di 70

6.2 Paratia lato ferrovia

Si osserva che la berlinese di micropali lato ferrovia è posta a una distanza di 12.94m tra asse micropalo verticale e asse binario più vicino (asse binario pari).

Tuttavia, durante le fasi di operatività della paratia di micropali provvisoria in esame, cioè durante le attività di scavo in cantiere, non è prevista la transitabilità dei mezzi ferroviari. Conseguentemente, si assumono nulli i carichi da traffico ferroviari.

Viceversa, in merito alla piattaforma ferroviaria, saranno considerati i carichi permanenti quali il ballast caratterizzato da peso specifico pari a $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ e spessore pari a 0.80m.

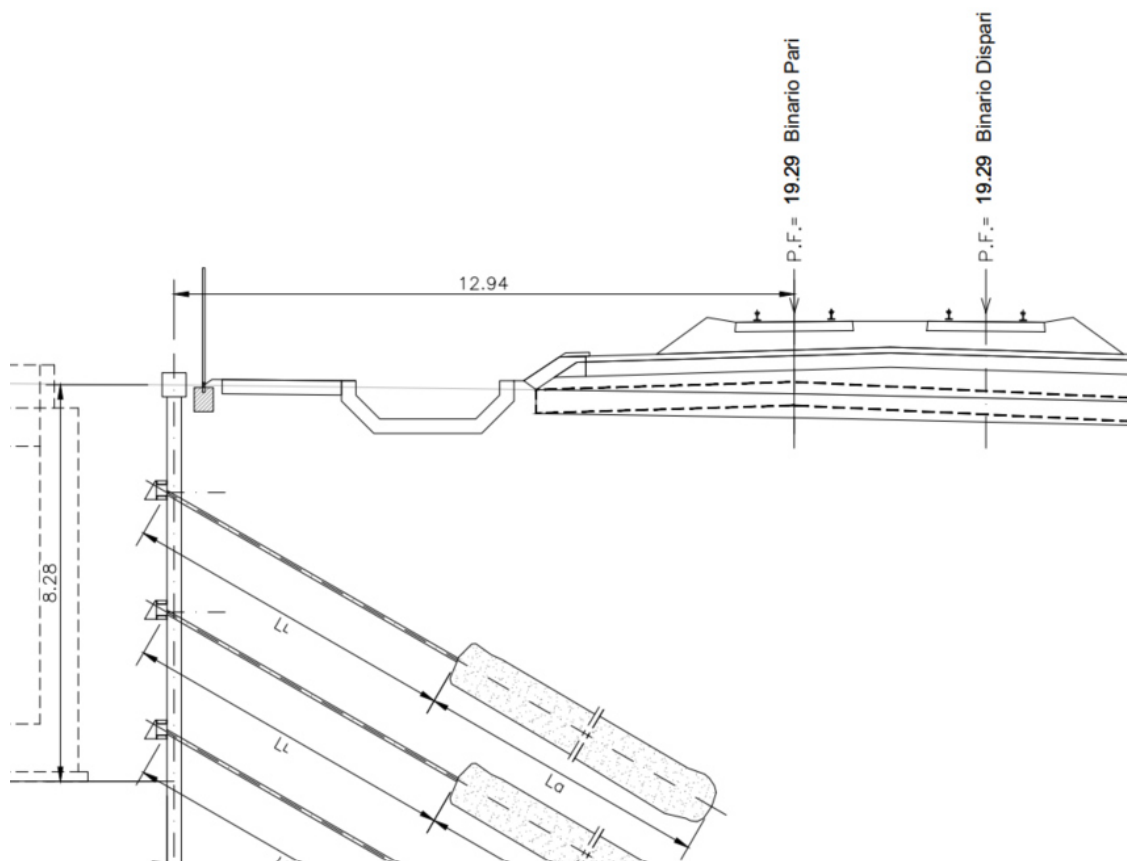


Figura 6 Sezione trasversale paratia lato ferrovia

Infine, è previsto un carico diffuso equivalente al traffico dei mezzi di cantiere che si assume pari a 10kN/m^2 e che si applica allo stradello presente a tergo della paratia di micropali.

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT Lombardi SETECO <small>ingegneria integrata © Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>18 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	18 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	18 di 70								

7 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3 e in tab.2.6.I. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle opere.

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono state eseguite in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR) – raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali della paratia
- SLU di tipo geotecnico (GEO) – valutazione della resistenza passiva mobilitata

Le verifiche della paratia sono state condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati.

- Combinazione 1 → (A1+M1+R1) → dimensionante per STR
- Combinazione 2 → (A2+M2+R1) → dimensionante per GEO
- Per i tiranti d'ancoraggio si considera la considerando la combinazione di verifica A1+M1+R3, con i coefficienti parziali da applicare alla resistenza di pull-out definiti al paragrafo (6.6.2) delle NTC08.

APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>19 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	19 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	19 di 70								

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

La verifica degli spostamenti è effettuata in combinazione rara.

APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>20 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	20 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	20 di 70								

8 IPOTESI DI CALCOLO

8.1 Software di calcolo

Per l'analisi geotecnica e strutturale delle opere provvisionali per il sostegno degli scavi, si è fatto ricorso al software PARATIE PLUS 2017, sviluppato da Ce.A.S. s.r.l., Italia e DeepExcavation LLC, USA

Tale software è codice di calcolo agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Il problema è visto come un problema piano in cui viene analizzata una “fetta” di parete di larghezza unitaria. Tale schematizzazione non è quindi idonea a studiare problemi in cui vi siano importanti effetti tridimensionali.

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo “Trave su suolo elastico”; in particolare, le pareti di sostegno sono rappresentate con elementi finiti a trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno è simulato attraverso elementi elasto-plastici monodimensionali (molle) connesse ai nodi delle paratie.

Ogni porzione di terreno, schematizzata da una “molla”, ha comportamento indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione tra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie puntonate viene seguita in tutte le fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di puntoni applicati, da una ben precisa disposizione dei carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson.

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno.

Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo, è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno ad X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

In questa impostazione, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

Per le analisi di filtrazione e per la definizione delle portate a fondo scavo si è impiegato il software di calcolo Plaxis 2D Edition V22.

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT ingegneria integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO ingegneria s.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>21 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	21 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	21 di 70								

8.2 Criterio dimensionamento tiranti

Affinché i tiranti di ancoraggio assolvano al meglio la loro funzione statica di sostegno della parete, è opportuno che il bulbo di fondazione si trovi completamente all'esterno del cuneo di spinta attiva che può nascere a tergo della paratia durante le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera.

La geometria del cuneo di spinta attiva nel caso delle paratie multiancorate può essere determinata secondo svariati criteri. Nel seguito si fa riferimento allo schema secondo cui il cuneo di spinta sia delimitato da una retta inclinata sull'orizzontale di un angolo pari a $(45^\circ + \Phi/2)$, traslata verso monte rispetto al punto di nullo del momento flettente di una lunghezza pari a $0.15 H$ (con H = altezza dello scavo di sbancamento).

La figura seguente rappresenta graficamente il criterio geometrico adottato per la determinazione del valore minimo del tratto libero d'ancoraggio.

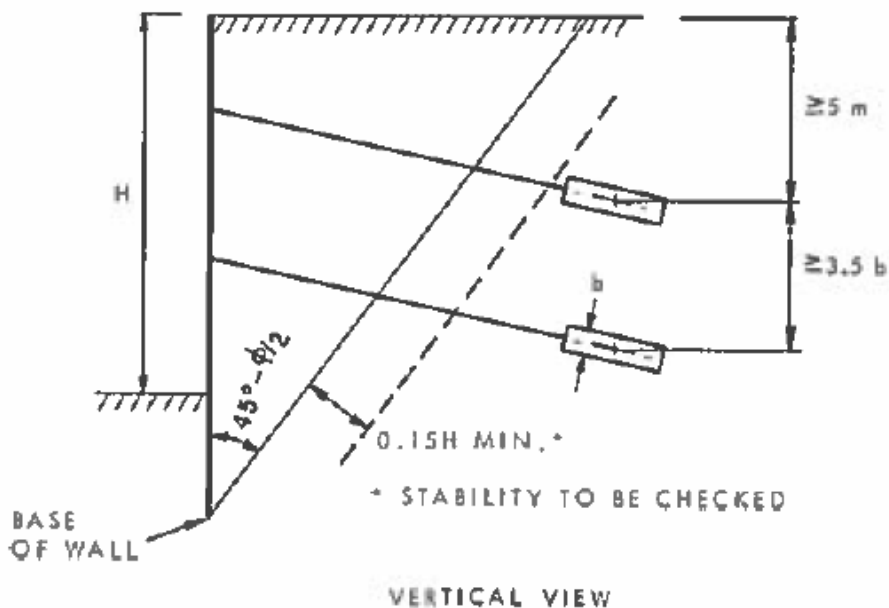


Figura 7: Criterio per la determinazione del tratto libero d'ancoraggio dei tiranti (CANADIAN FOUNDATION ENGINEERING MANUAL, 1992, Third Edition, Canadian Geotechnical Society, Technical Committee on Foundation, pag. 399)

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
  							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 22 di 70

8.3 Premessa

I modelli di calcolo riportati nella presente relazione sono riassunti nella seguente tabella, e di seguito indicati con la denominazione riportata in tabella:

Paratia	Denominazione	H scavo [m]
Lato ferrovia – IN44	Sezione A	8.80
Lato viabilità stradale	Sezione B	8.80

Si riportano di seguito la planimetria e le sezioni trasversali dell'opera provvisoria in esame, rimandando per ulteriori dettagli agli elaborati grafici di riferimento:

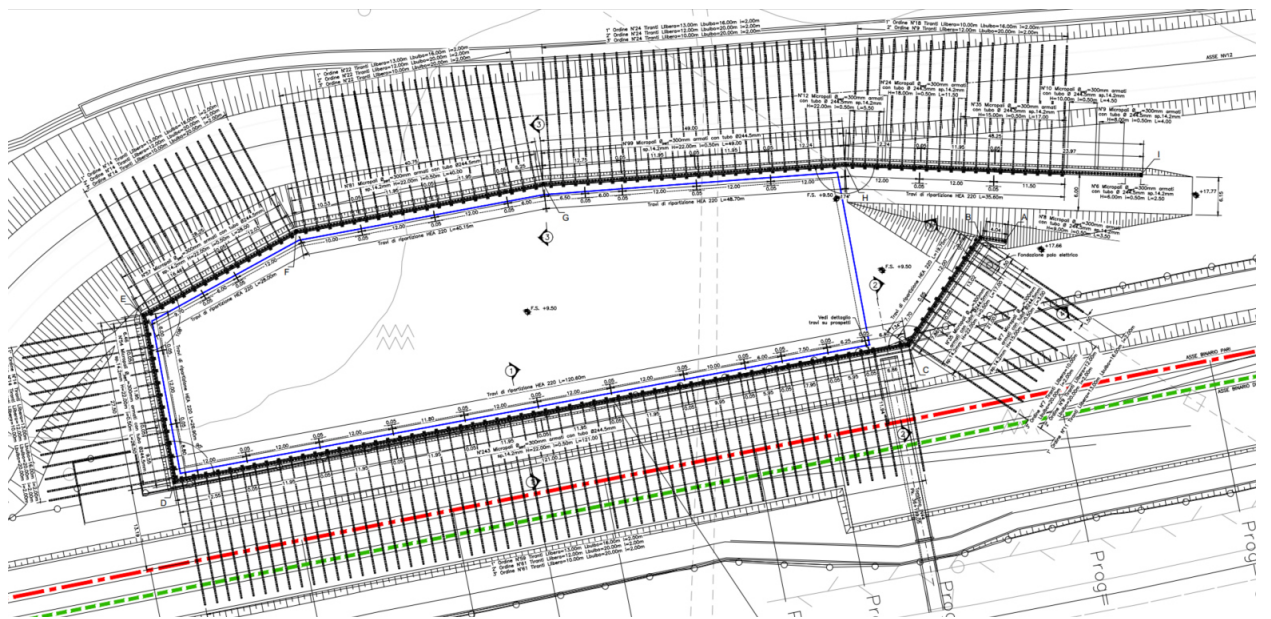


Figura 8: Planimetria opera provvisoria

APPALTATORE:
Mandatario: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a.** **S.I.F.E.L.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandatario: **TECH PROJECT** **ingegneria integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	23 di 70

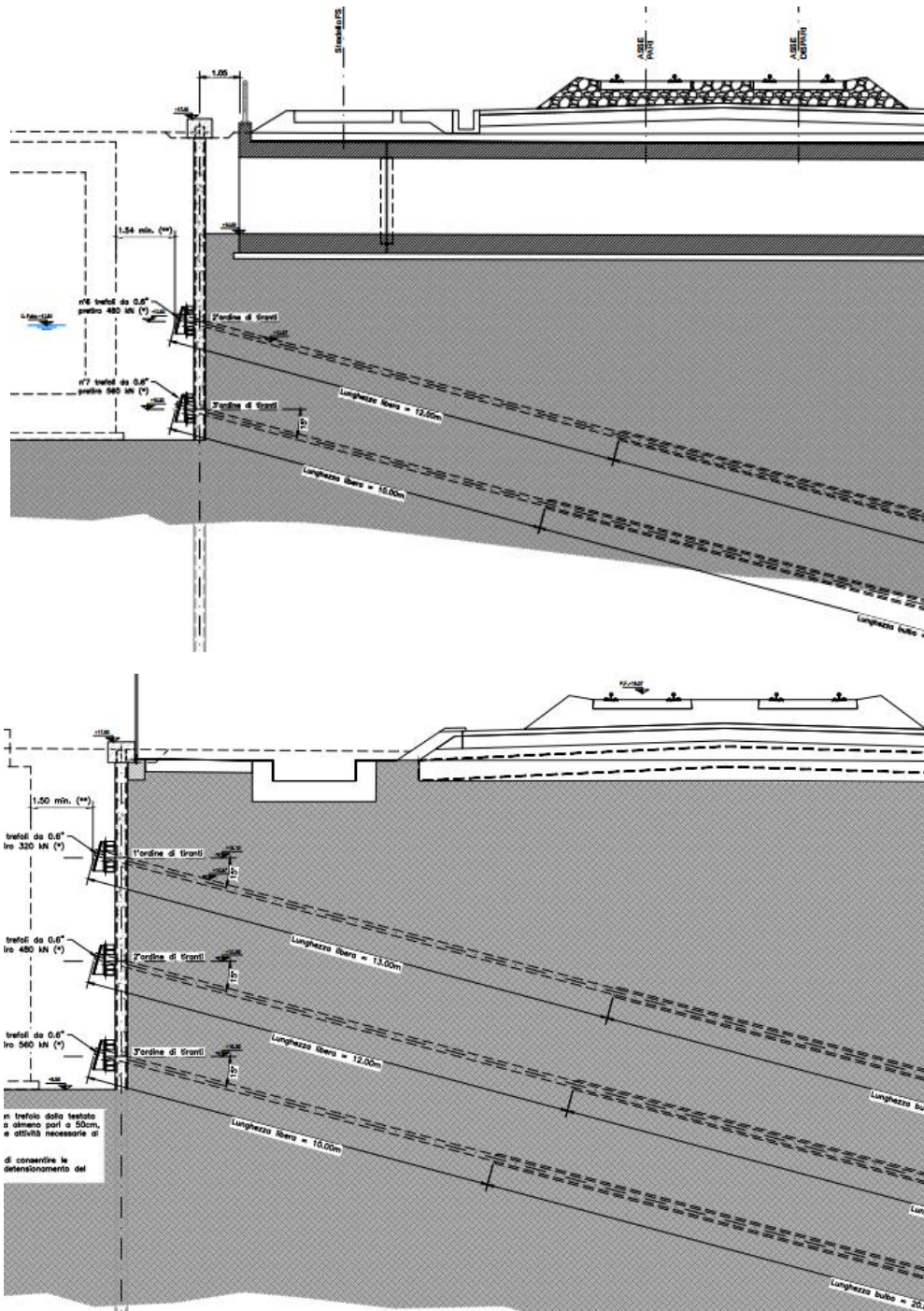


Figura 9: Sezione A IN44(Lato ferrovia)

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 24 di 70

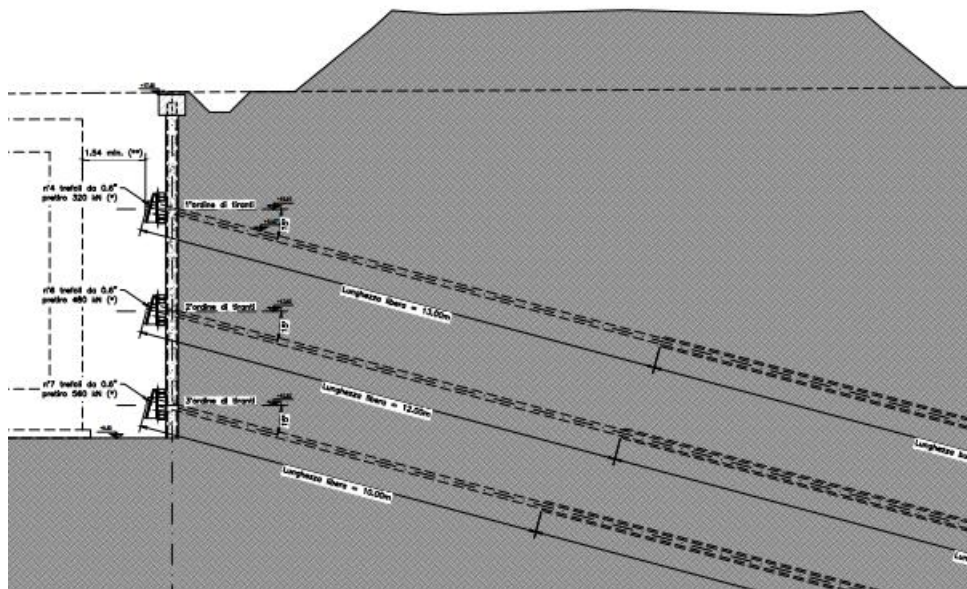


Figura 10: Sezione B (Lato viabilità stradale)

Si tiene a precisare che la paratia di micropali provvisoria presidia un palo elettrico situato in prossimità della rampa di accesso allo scavo, come mostrato nella figura planimetrica seguente:

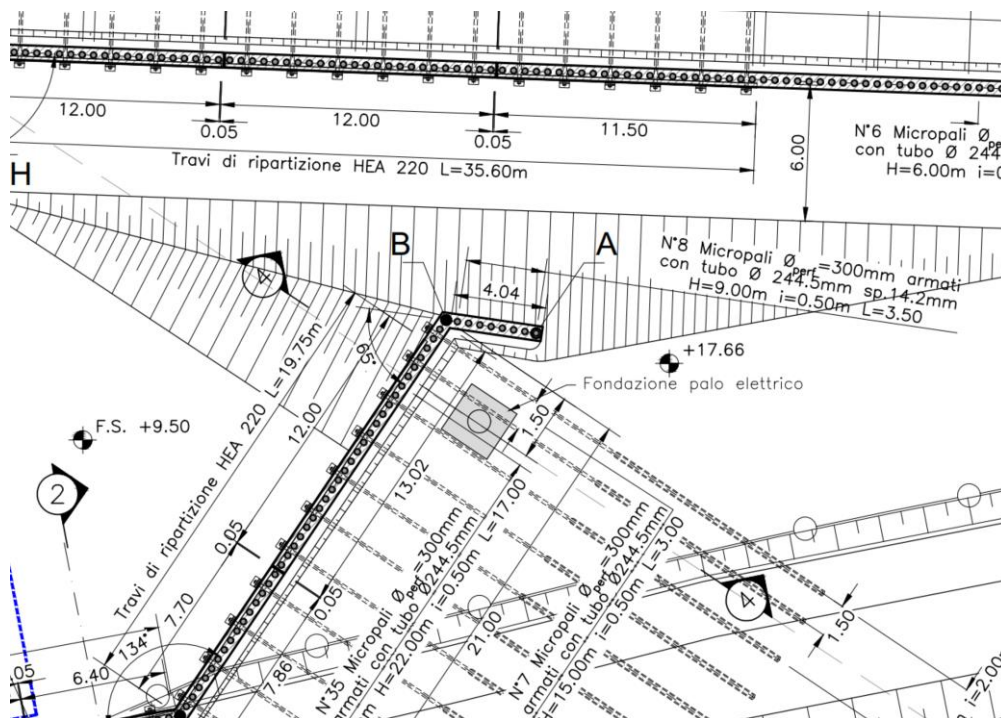


Figura 11: Posizionamento planimetrico della fondazione del palo elettrico in prossimità della rampa di accesso

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT ingegneria integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO ingegneria s.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>25 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	25 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	25 di 70								

Tale configurazione non si ritiene dimensionante per la paratia provvisoria, considerando che la base della fondazione del palo si trova a 2.4 m sotto il piano campagna con conseguente applicazione del carico “in profondità” e che in corrispondenza della sezione interessata vi è terreno al piede dell’opera ad una quota più elevata rispetto alla quota di fondo scavo utilizzata come riferimento nelle sezioni di calcolo descritte qui sopra.

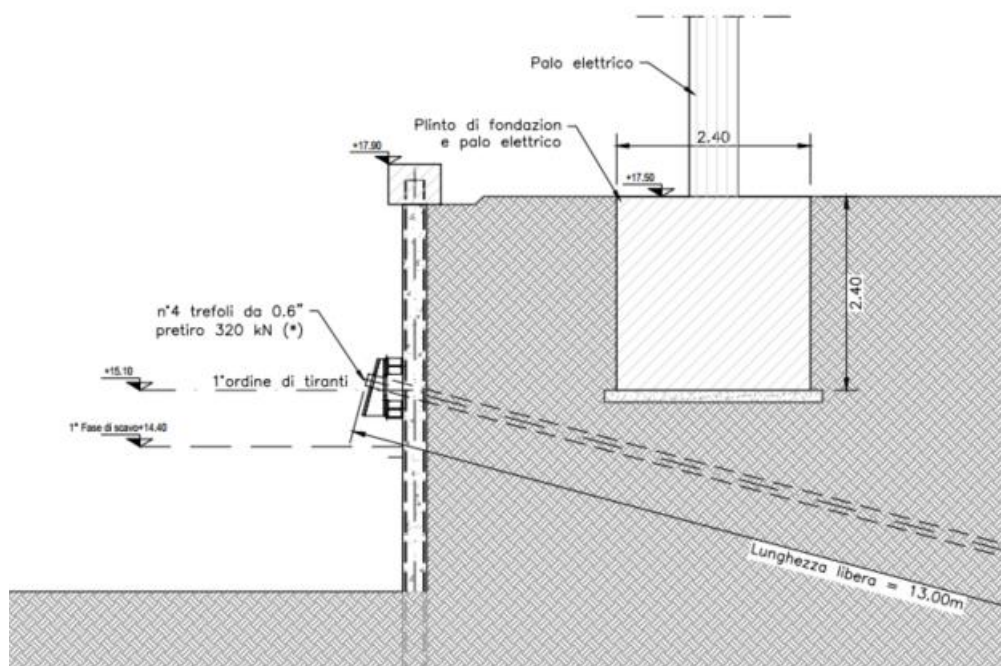


Figura 12: Sezione trasversale in corrispondenza della fondazione del palo elettrico

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	 							
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 26 di 70

8.4 Sezione A (IN44) – Fasi di calcolo

La paratia a protezione della ferrovia è realizzata con micropali armati con tubolari $\phi 244.5$, sp. 14.2mm, con perforazione $\phi 300$, con sistema di vincolo orizzontale costituito da tiranti aventi interasse differenziato per i 3 ordini al fine di tener in conto della presenza del manufatto già realizzato IN44 (tombino scatolare). Le caratteristiche principali della paratia a protezione della ferrovia in corrispondenza della massima altezza di scavo sono le seguenti:

- Diametro esterno tubo acciaio $\Phi = 244.5$ mm con spessore $t = 14.2$ mm
- Diametro perforazione $\Phi_{\text{perf}} = 300$ mm
- Spaziatura $s = 0.5$ m;
- Lunghezza micropali $L = 22$ m
- Trave di coronamento in c.a. di dimensioni $b \times h = (0.65 \times 0.50)$ m
- Tiranti

Ordine	Quota da cordolo	n° trefoli	Trefoli tipo	L_L lunghezza libera	Inclinazione	L_A lunghezza bulbo	Pretiro	Interasse
[-]	[m]	[-]	[-]	[m]	[°]	[m]	[kN]	[m]
1°	-2.30	4	0.6''	13	15	16	320	3.25
2°	-4.80	6	0.6''	12	15	20	480	1.85
3°	-7.10	7	0.6''	10	15	20	560	1.85

- Travi di ripartizione puntoni 2HEB220 per il 1° ordine di tiranti e 2HEA220 per il 2° e 3° ordine di tiranti

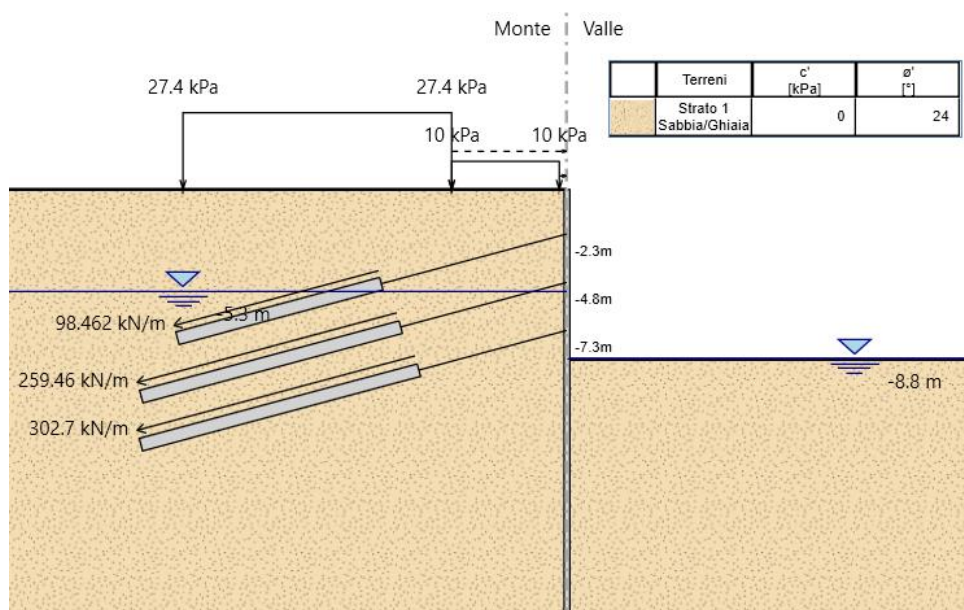


Figura 13: Sezione A (IN44) – Fase finale

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>ingegneria integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> SETECO <small>Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>27 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	27 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	27 di 70								

Si riportano di seguito le fasi di calcolo.

Fase 0: Condizioni geostatiche

Fase 1: Esecuzione della paratia di micropali e applicazione del sovraccarico a monte della paratia costituito dal rilevato ferroviario ($18\text{kN/m}^3 \times 0.80\text{m} + 20\text{kN/m}^3 \times 0.65\text{m} = 27.4\text{kN/m}^2$), per un'impronta di 14.0m e, dal traffico dei mezzi di cantiere (10kN/m^2), per una impronta di 6.0m;

Fase 2: Scavo a -3.00m da testa opera;

Fase 3: Realizzazione del 1° ordine di tiranti;

Fase 4: Scavo a -5.50m da testa opera;

Fase 5: Realizzazione del 2° ordine di tiranti;

Fase 6: Scavo a -8.0m da testa opera;

Fase 7: Realizzazione del 3° ordine di tiranti;

Fase 8: Scavo fino a quota di fondo di progetto pari a -8.80m da piano campagna.

APPALTATORE:
Mandatario: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a.** **S.I.F.E.L.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandatario: **TECH PROJECT** **ingegneria integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

PROGETTO **RS39** LOTTO **1.0.V.ZZ** CODIFICA **CL** DOCUMENTO **IN.51.00.001** REV. **B** PAGINA **28 di 70**

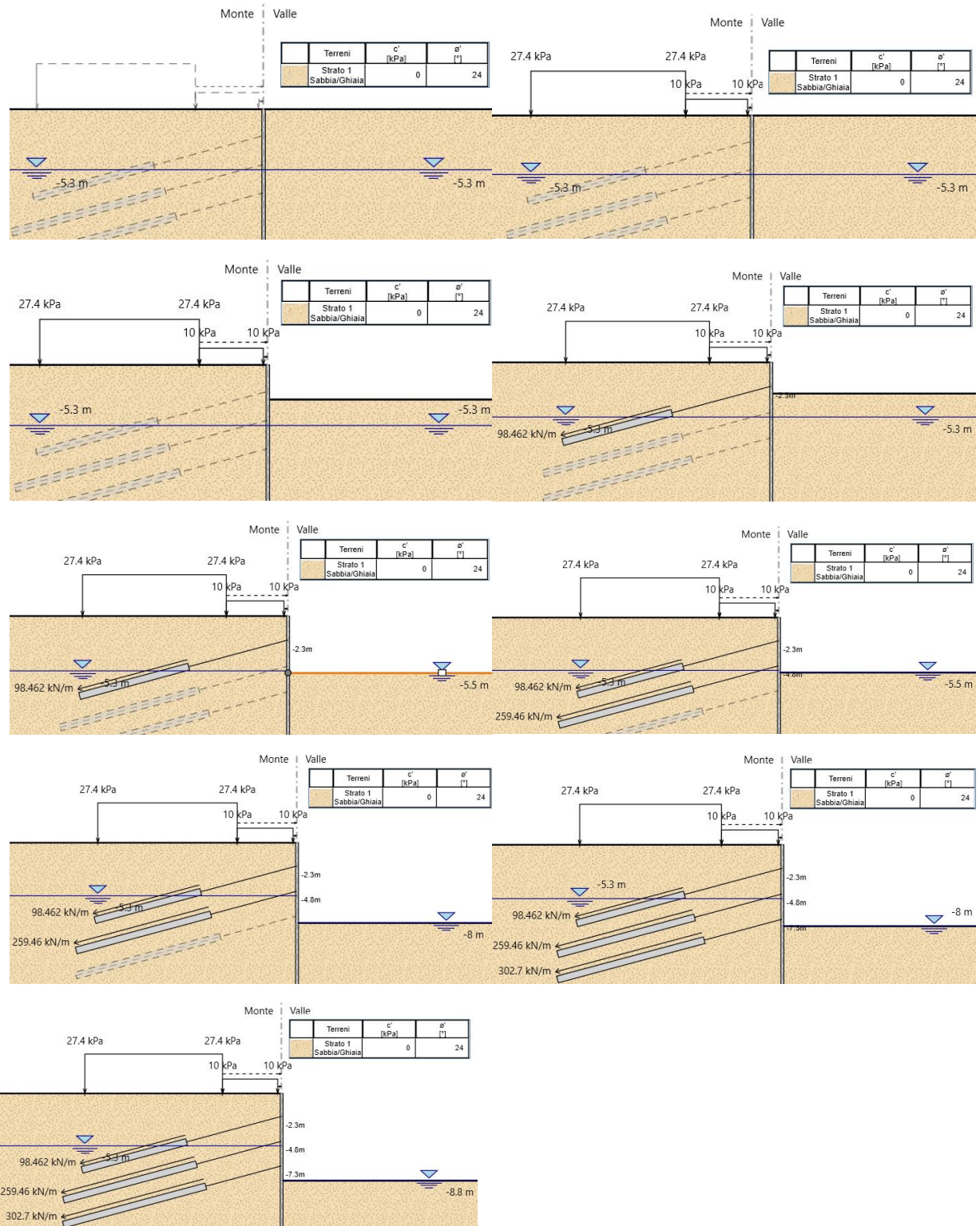


Figura 14: Sezione A (IN44) – Modello – Fasi di calcolo

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT ingegneria integrata	Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 29 di 70

8.5 Sezione B – Fasi di calcolo

La paratia a protezione della ferrovia è realizzata con micropali armati con tubolari $\phi 244.5$, sp. 14.2mm, con perforazione $\phi 300$, con sistema di vincolo orizzontale costituito da tiranti aventi interasse $i=2$ m. Le caratteristiche principali della paratia a protezione della ferrovia in corrispondenza della massima altezza di scavo sono le seguenti:

- Diametro esterno tubo acciaio $\Phi = 244.5$ mm con spessore $t = 14.2$ mm
- Diametro perforazione $\Phi_{\text{perf}} = 300$ mm
- Spaziatura $s = 0.5$ m;
- Lunghezza micropali $L = 22$ m
- Trave di coronamento in c.a. di dimensioni $b \times h = (0.65 \times 0.50)$ m
- Tiranti

Ordine	Quota da cordolo	n° trefoli	Trefoli tipo	L_L lunghezza libera	Inclinazione	L_A lunghezza bulbo	Pretiro	Interasse
[-]	[m]	[-]	[-]	[m]	[°]	[m]	[kN]	[m]
1°	-2.30	4	0.6''	13	15	16	320	2.0
2°	-4.80	6	0.6''	12	15	20	480	2.0
3°	-7.10	7	0.6''	10	15	20	560	2.0

- Travi di ripartizione puntoni 2HEA220

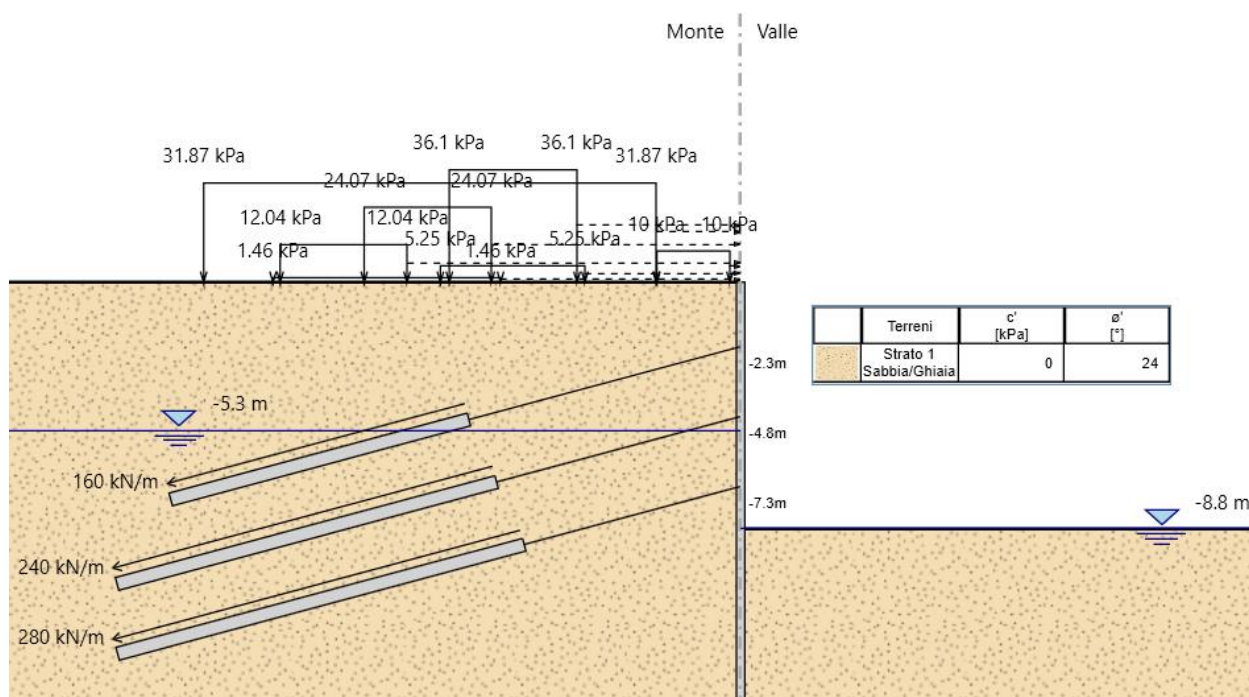


Figura 15: Sezione B – Fase finale

APPALDATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALDATORE: Mandataria: TECH PROJECT ingegneria integrata	Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 30 di 70

Si riportano di seguito le fasi di calcolo.

Fase 0: Condizioni geostatiche

Fase 1: Esecuzione della paratia di micropali e applicazione del sovraccarico a monte della paratia costituito dal traffico dei mezzi di cantiere (10kN/m^2), per una impronta di 3.0m, dal peso del rilevato stradale ($20\text{kN/m}^3 \times 1.59\text{m} = 31.9\text{kN/m}^2$) e dal traffico stradale diffuso come indicato nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** della presente relazione di calcolo;

Fase 2: Scavo a -3.00m da testa opera (-0.70m da quota 1° ordine tiranti);

Fase 3: Realizzazione del 1° ordine di tiranti;

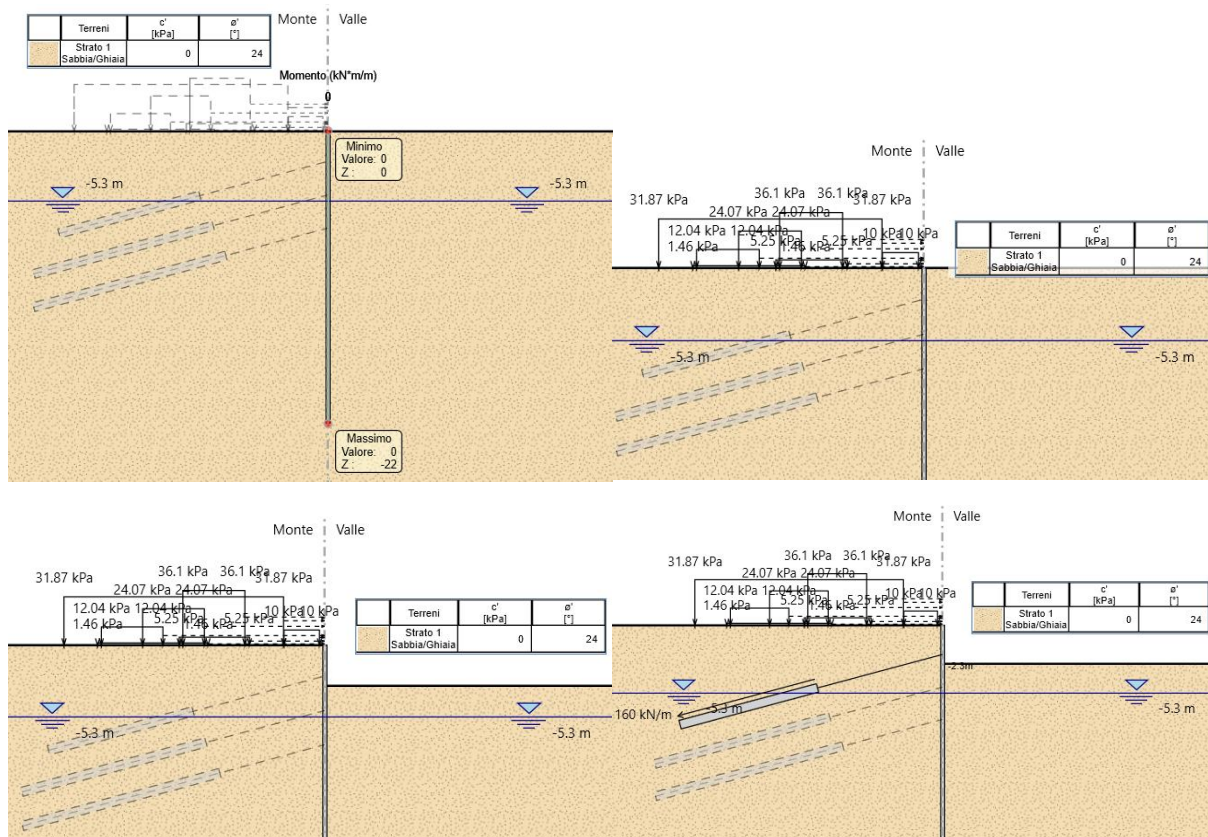
Fase 4: Scavo a -5.50m da testa opera (-0.70m da quota 2° ordine tiranti);

Fase 5: Realizzazione del 2° ordine di tiranti;

Fase 6: Scavo a -7.8m da testa opera (-0.70m da quota 3° ordine tiranti);

Fase 7: Realizzazione del 3° ordine di tiranti;

Fase 8: Scavo fino a quota di fondo di progetto pari a -8.80m da piano campagna.



APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a.** **S.I.F.E.L.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **ingegneria integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria s.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.51.00.001 B 31 di 70

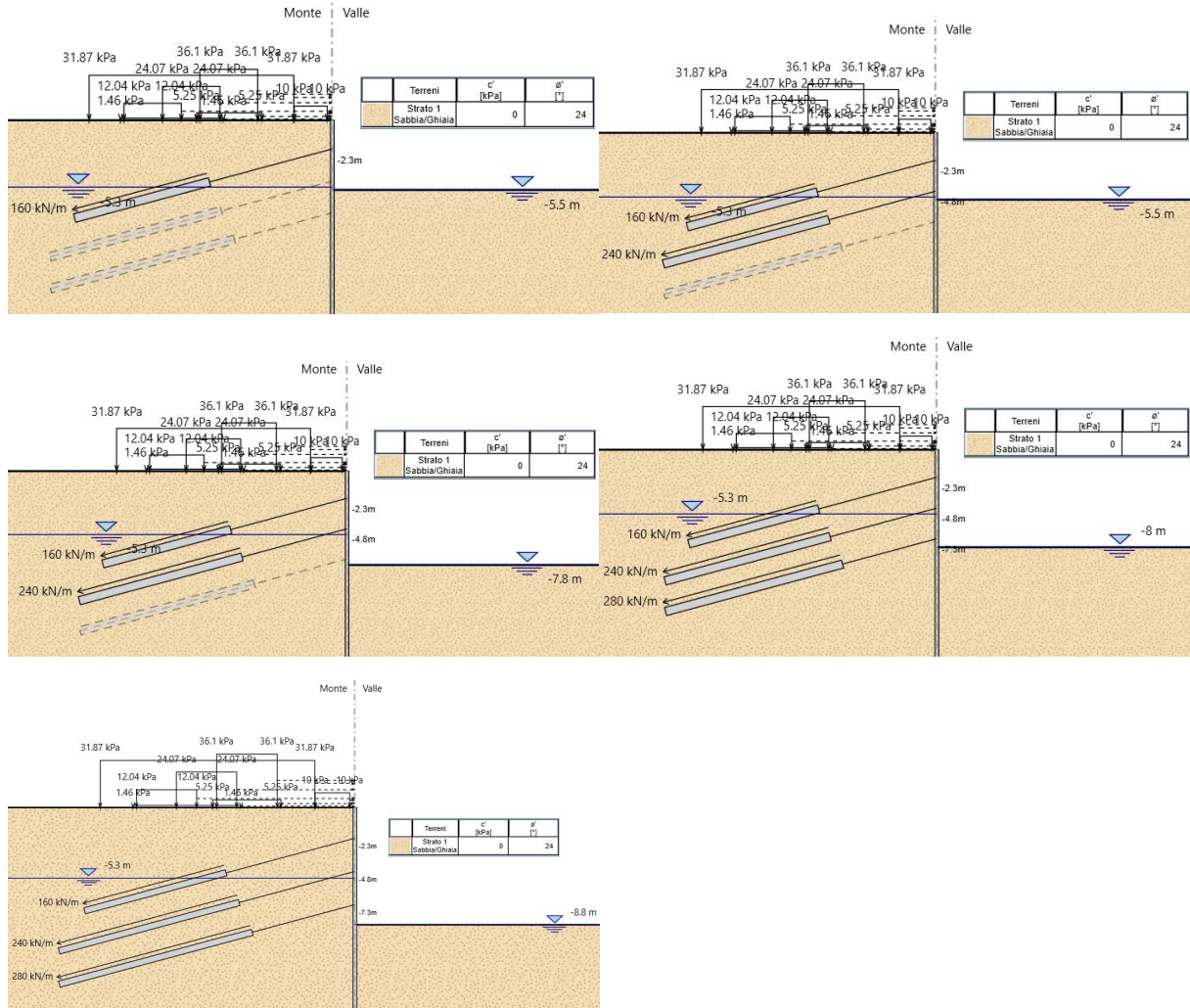


Figura 16: Sezione B – Modello – Fasi di calcolo

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 32 di 70

9 SOLLECITAZIONI

Si riportano i diagrammi di involuppo delle sollecitazioni nelle varie combinazioni di carico.

9.1 Sezione A

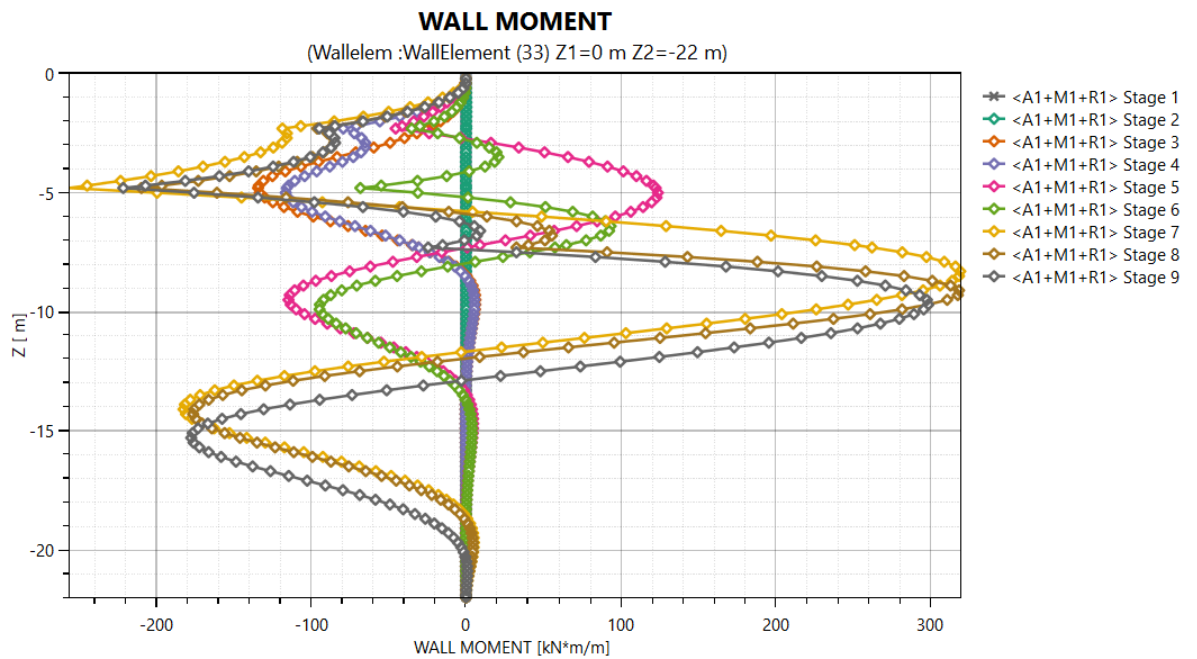


Figura 17 – Sezione A - (combinazione A1+M1+R1)

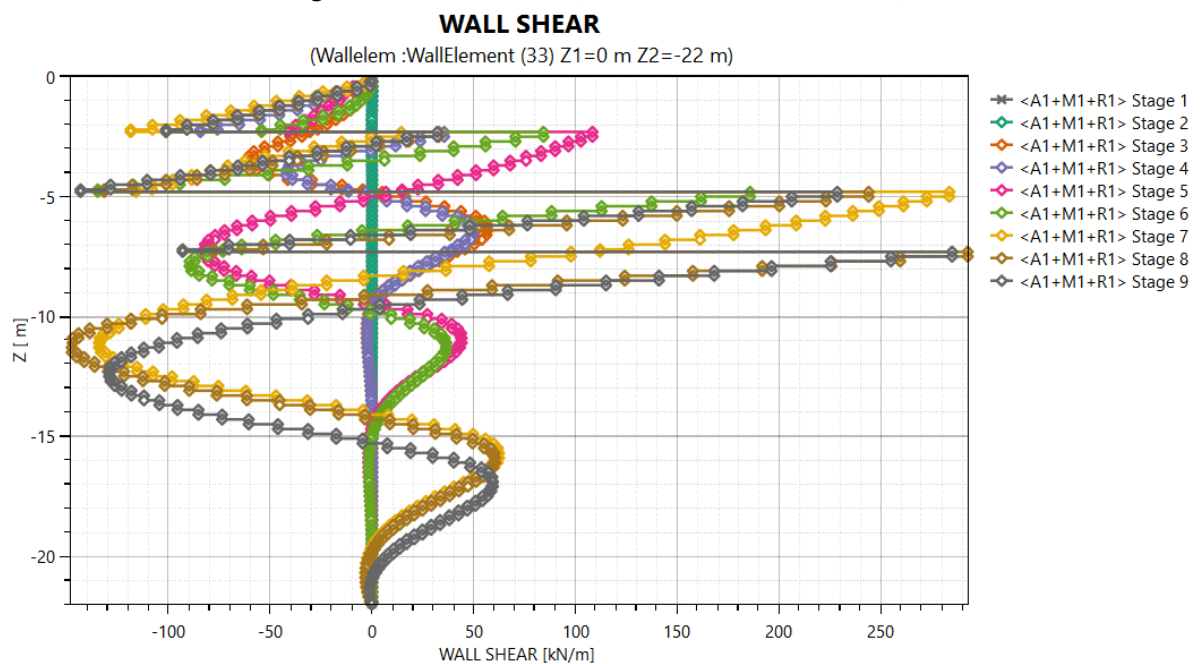


Figura 18 – Sezione A - (combinazione A1+M1+R1)

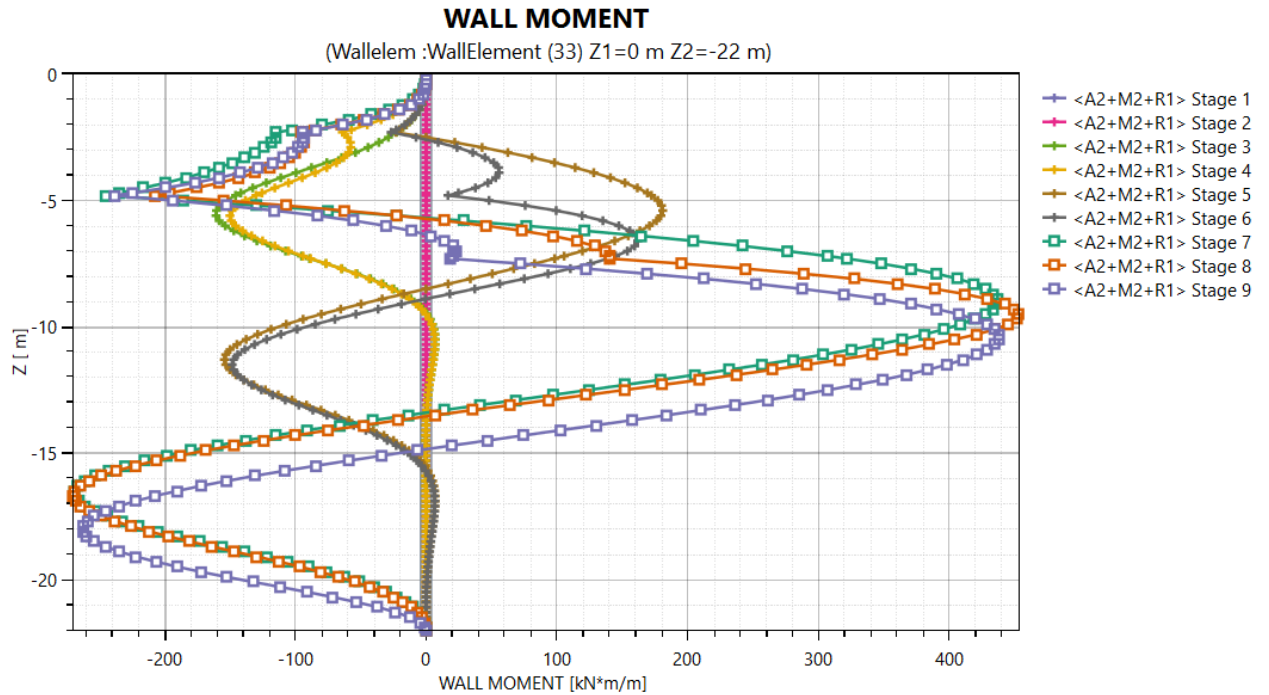


Figura 19 – Sezione A - (combinazione A2+M2+R1)

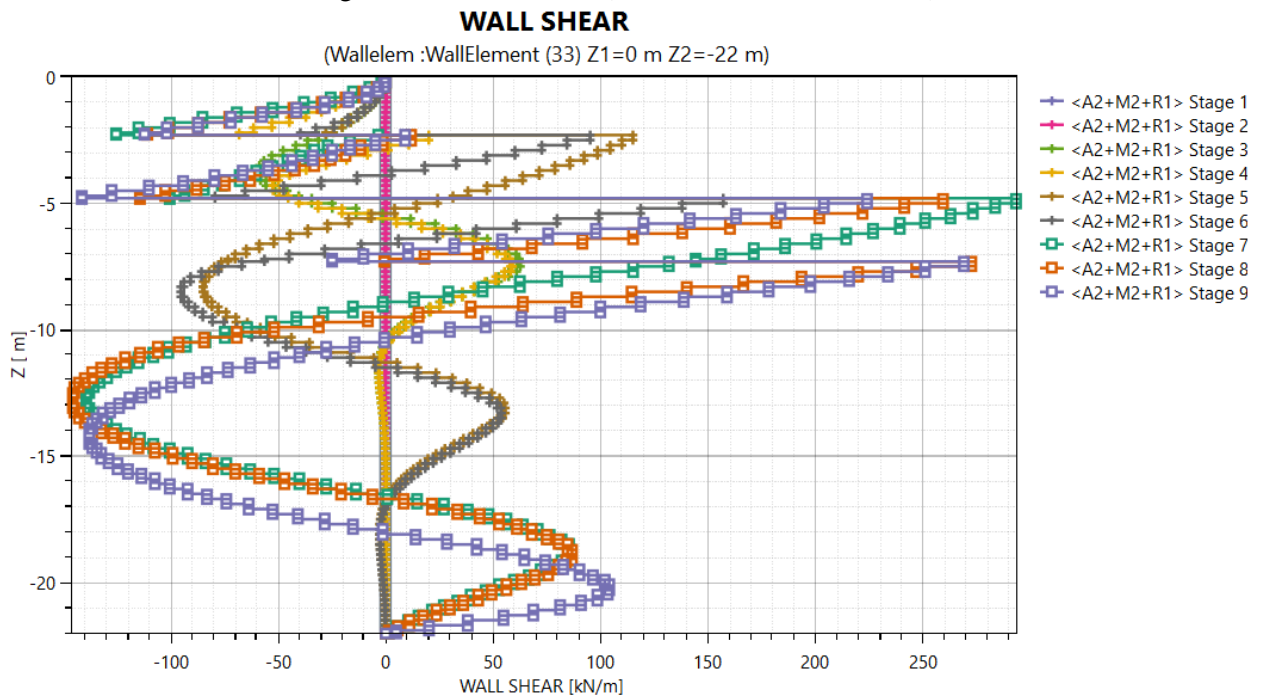


Figura 20 – Sezione A - (combinazione A2+M2+R1)

APPALTATORE:
Mandatario:

Mandante:



**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO - CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA - CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandatario:

Mandante:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	34 di 70

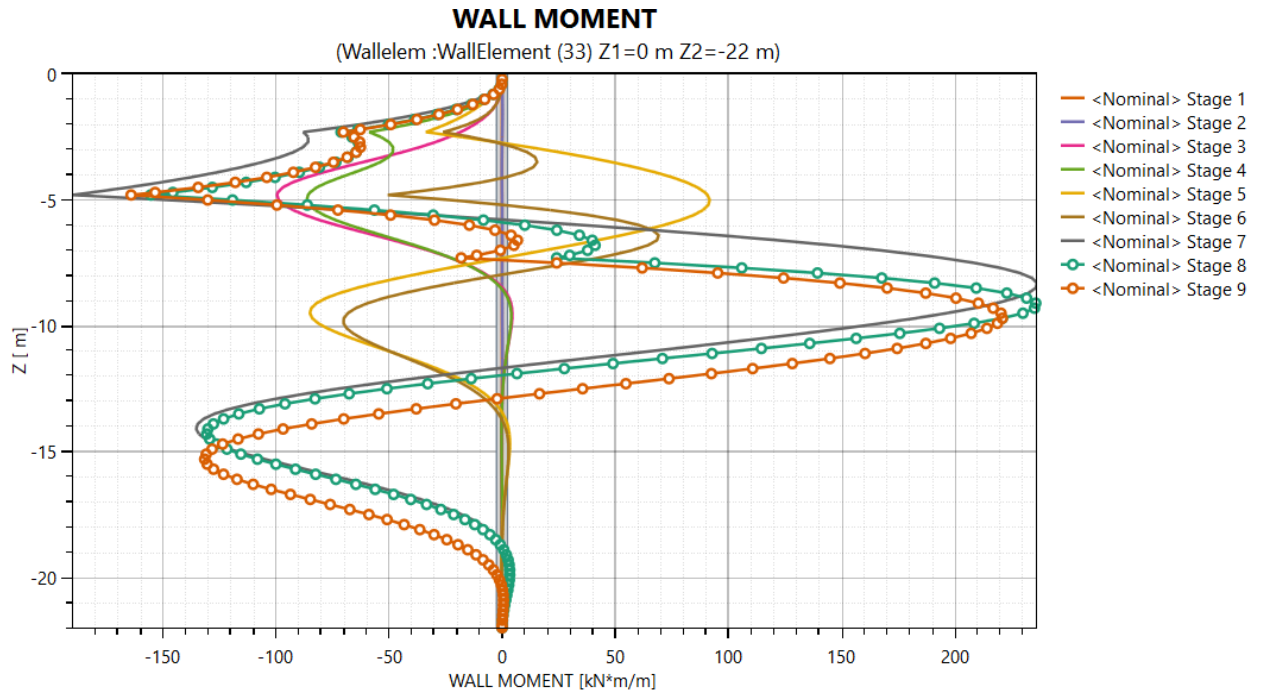


Figura 21 – Sezione A - (combinazione RARA)

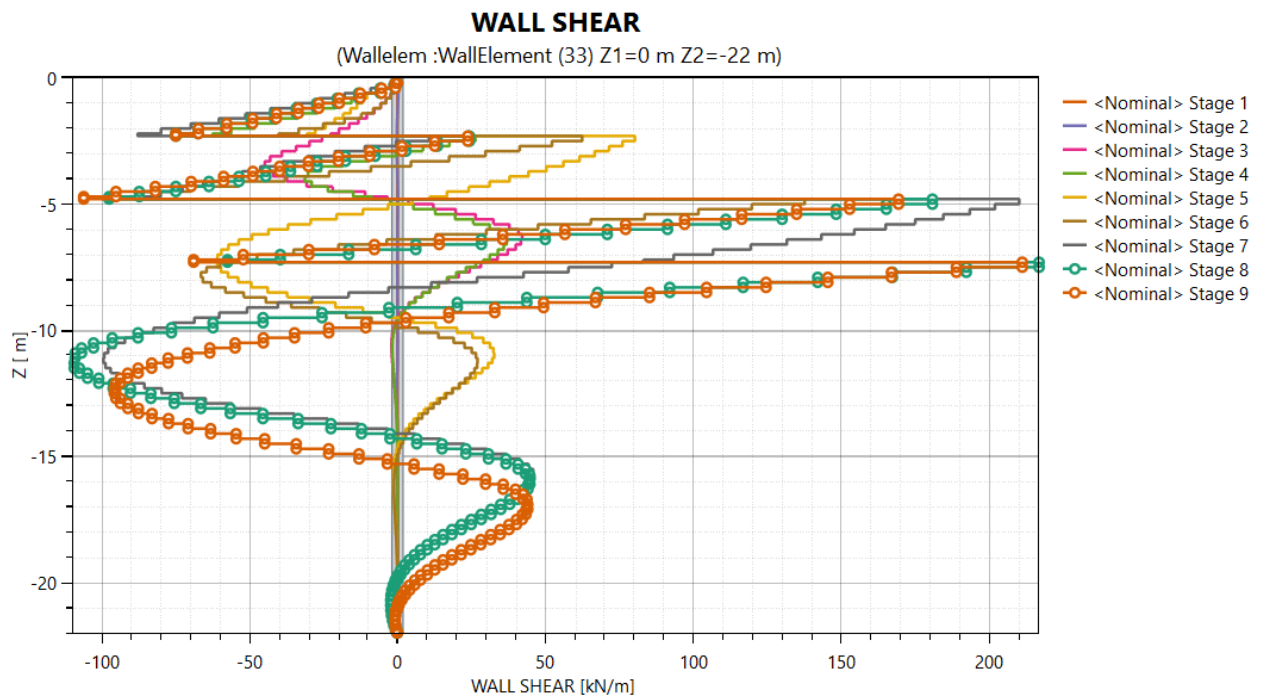


Figura 22 – Sezione A - (combinazione RARA)

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 35 di 70

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A1+M1+R1>

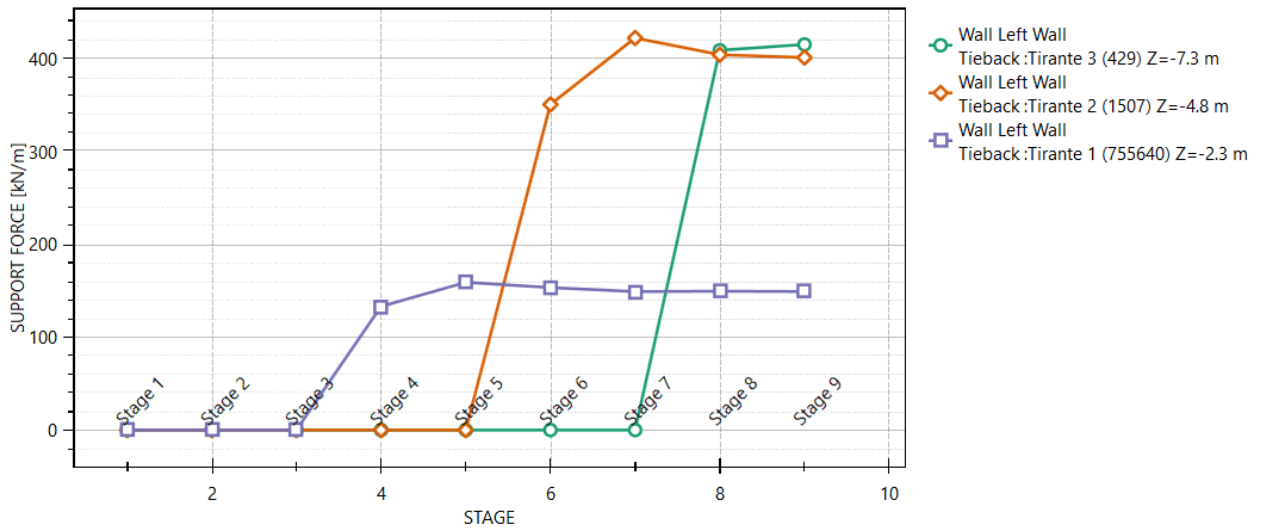


Figura 23 – Sezione A – Azioni sui tiranti – Comb. A1+M1

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A2+M2+R1>

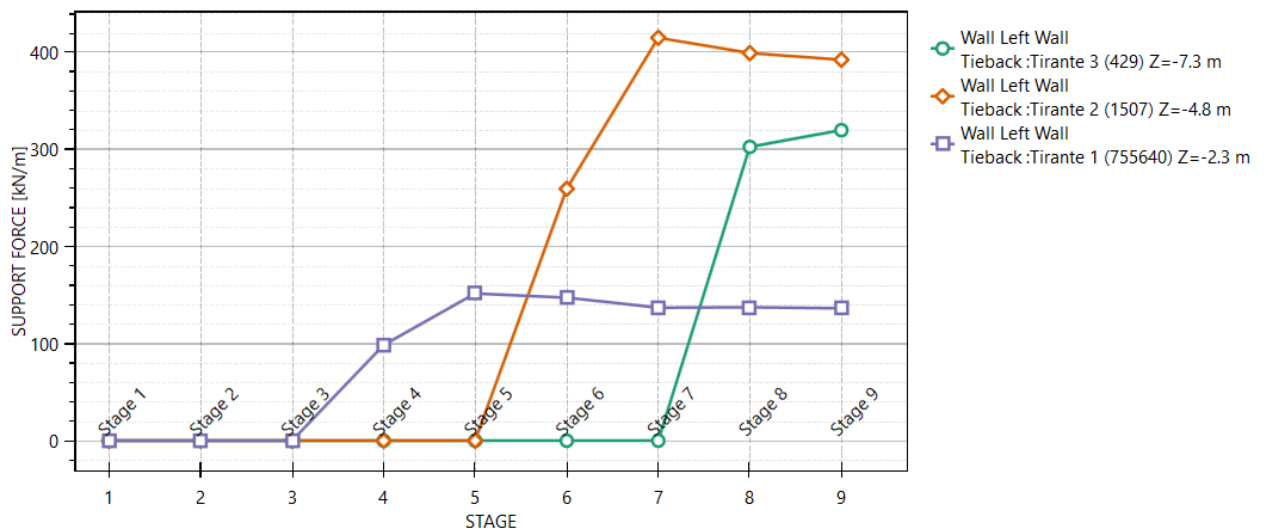


Figura 24 – Sezione A – Azioni sui tiranti – Comb. A2+M2

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
   	  													
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>36 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	36 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	36 di 70									

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <SLE (Rara)>

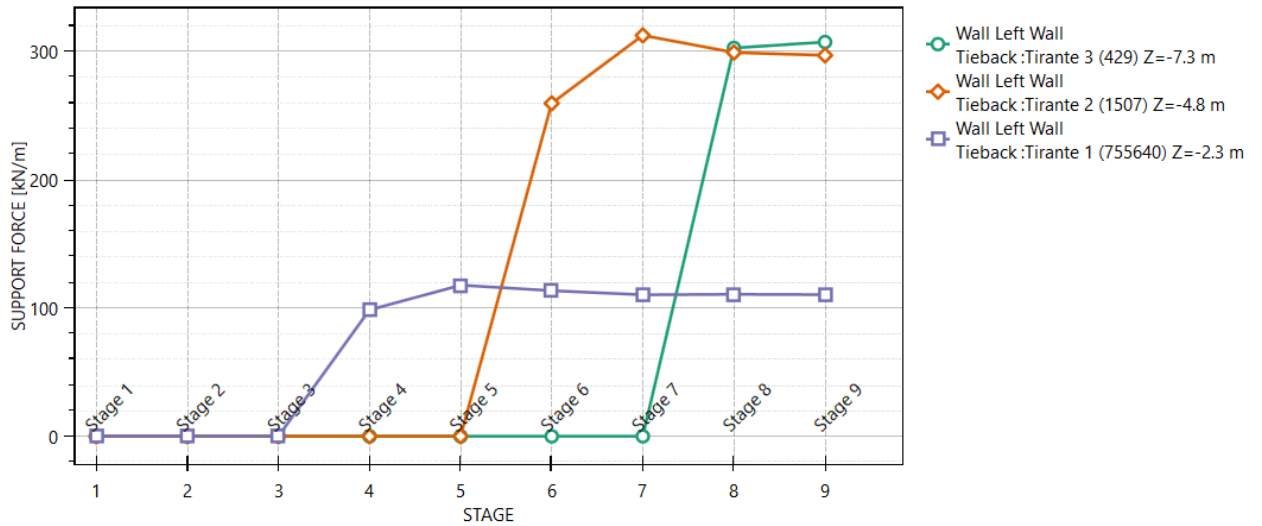


Figura 25 – Sezione A – Azioni sui tiranti – Comb. SLE

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO I.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 37 di 70

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**

9.2 Sezione B

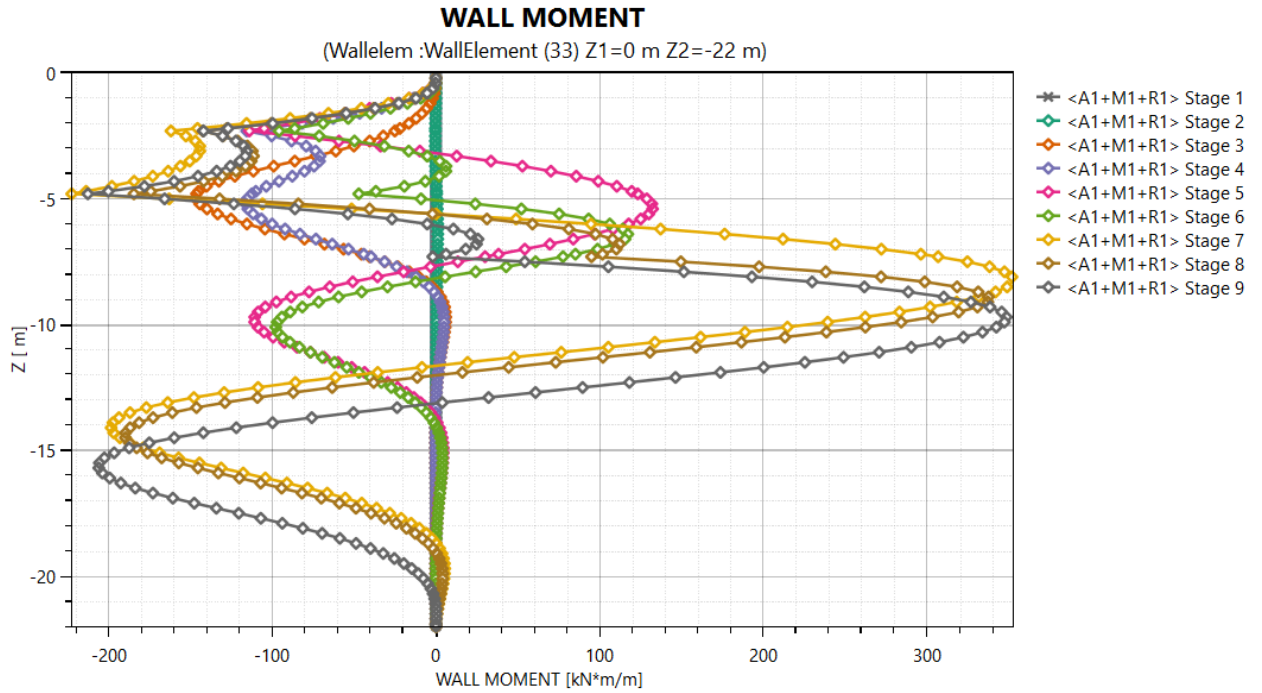


Figura 26 – Sezione B - (combinazione A1+M1+R1)

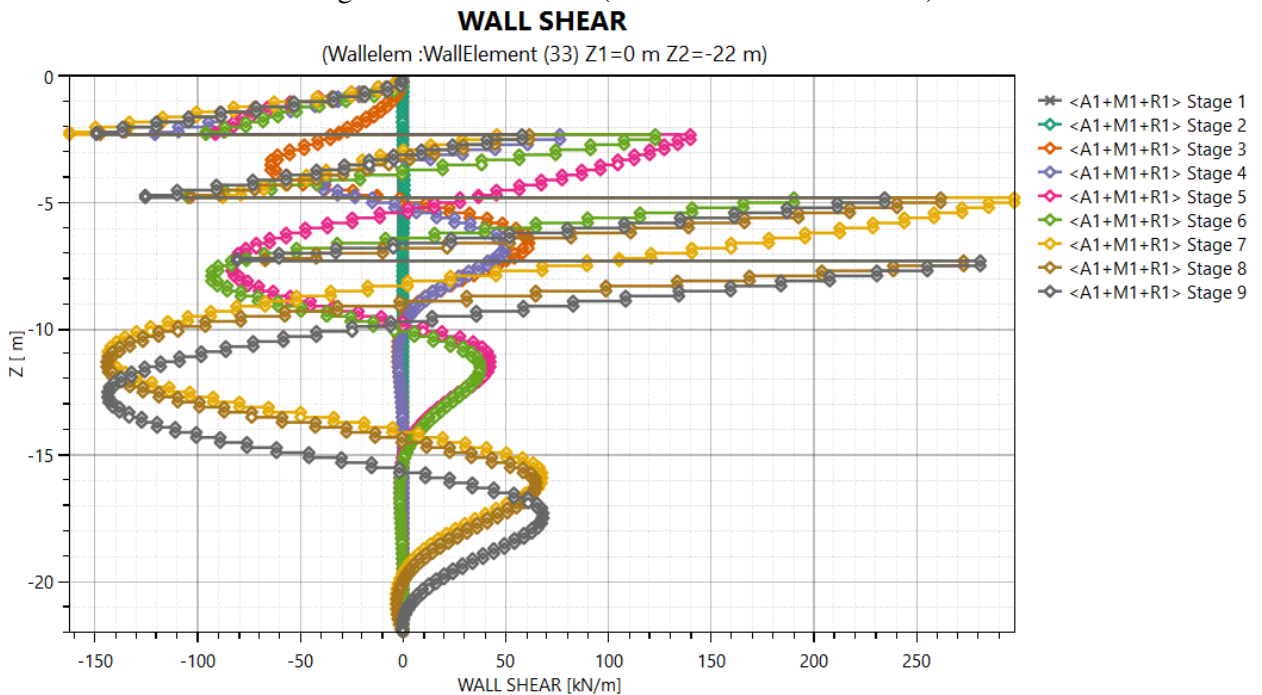


Figura 27 – Sezione B - (combinazione A1+M1+R1)

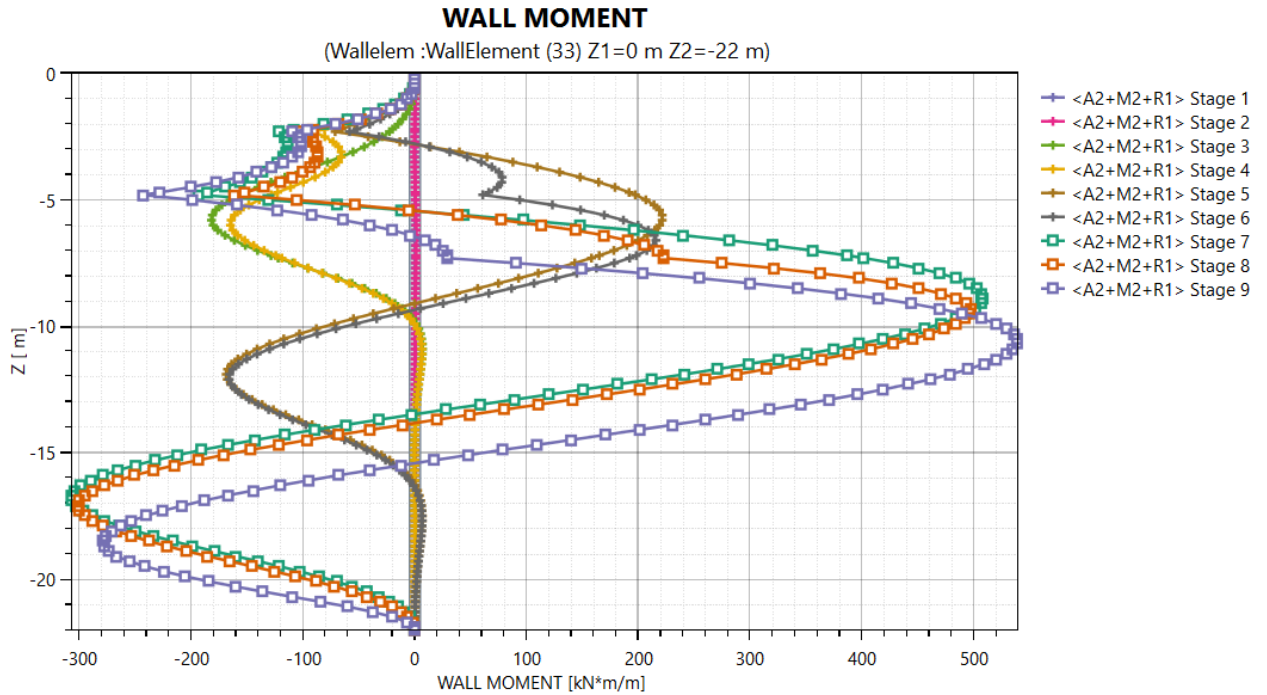


Figura 28 – Sezione B - (combinazione A2+M2+R1)

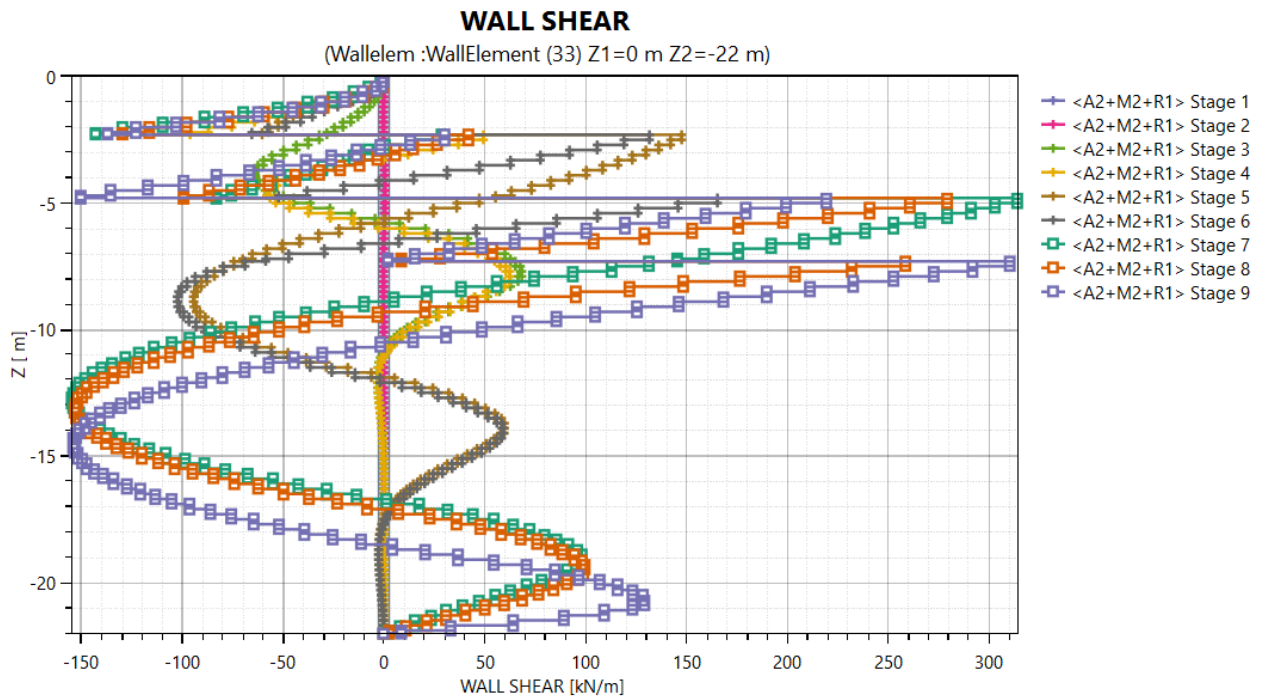


Figura 29 – Sezione B - (combinazione A2+M2+R1)

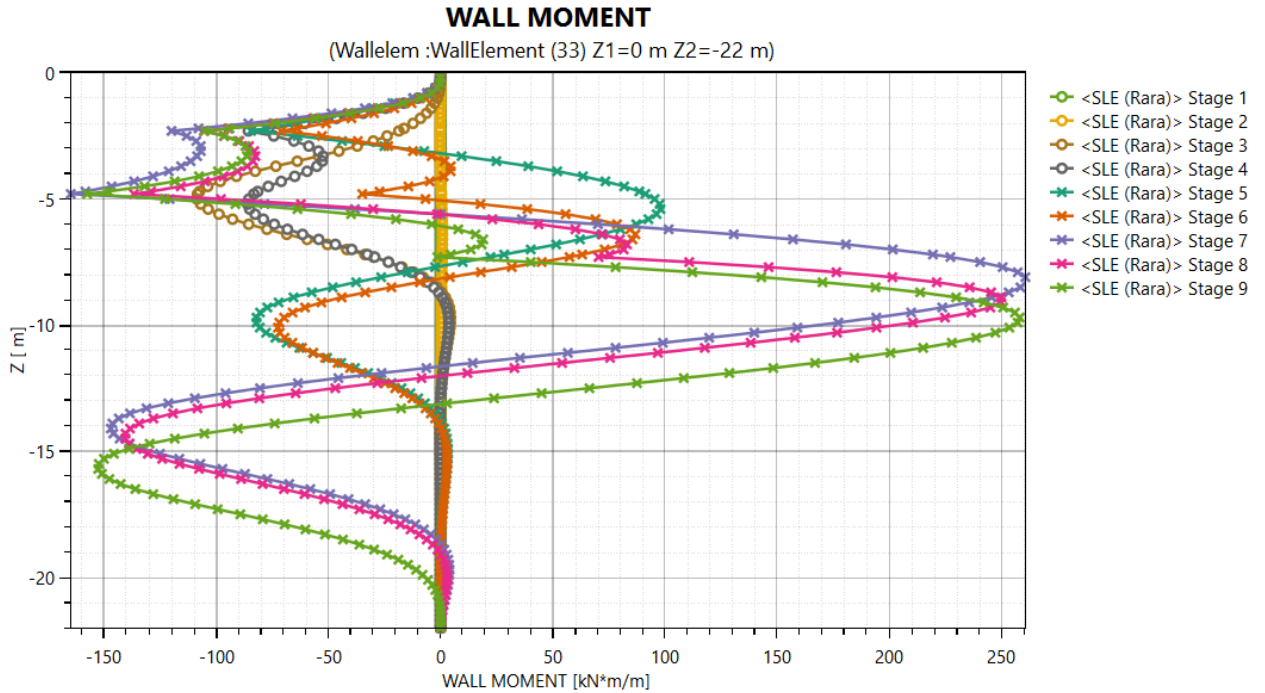


Figura 30 – Sezione B - (combinazione RARA)

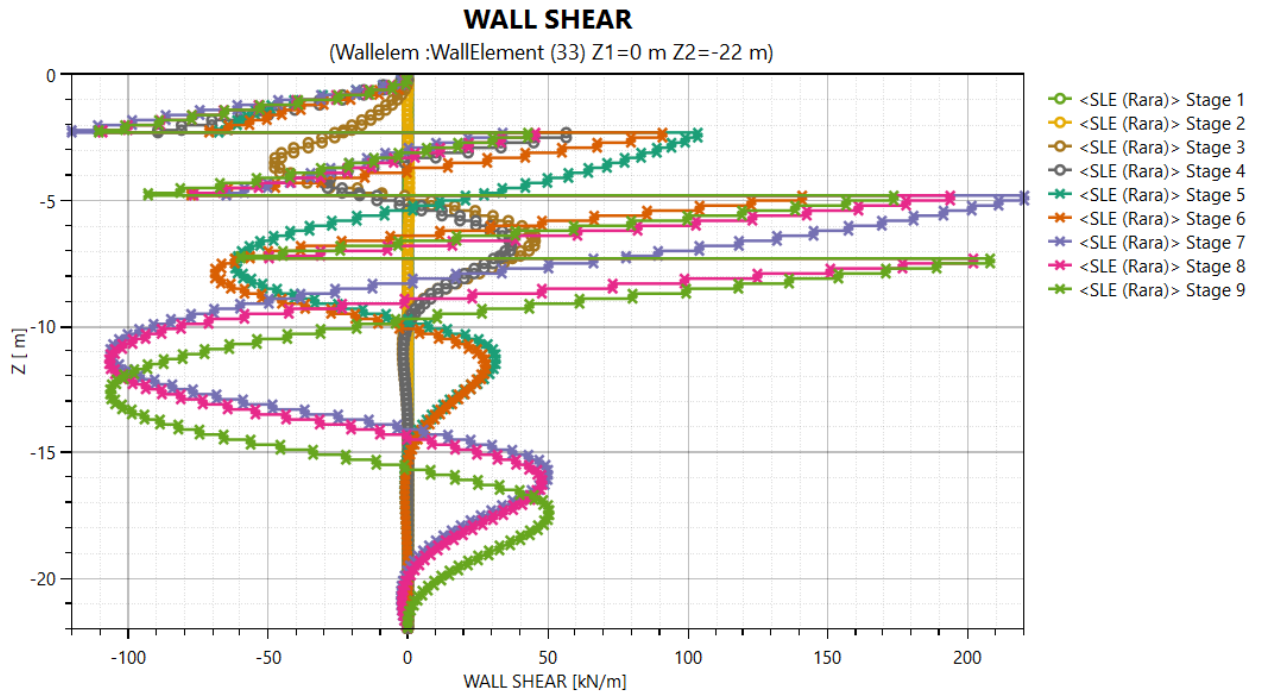


Figura 31 – Sezione B- (combinazione RARA)

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 40 di 70

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A1+M1+R1>

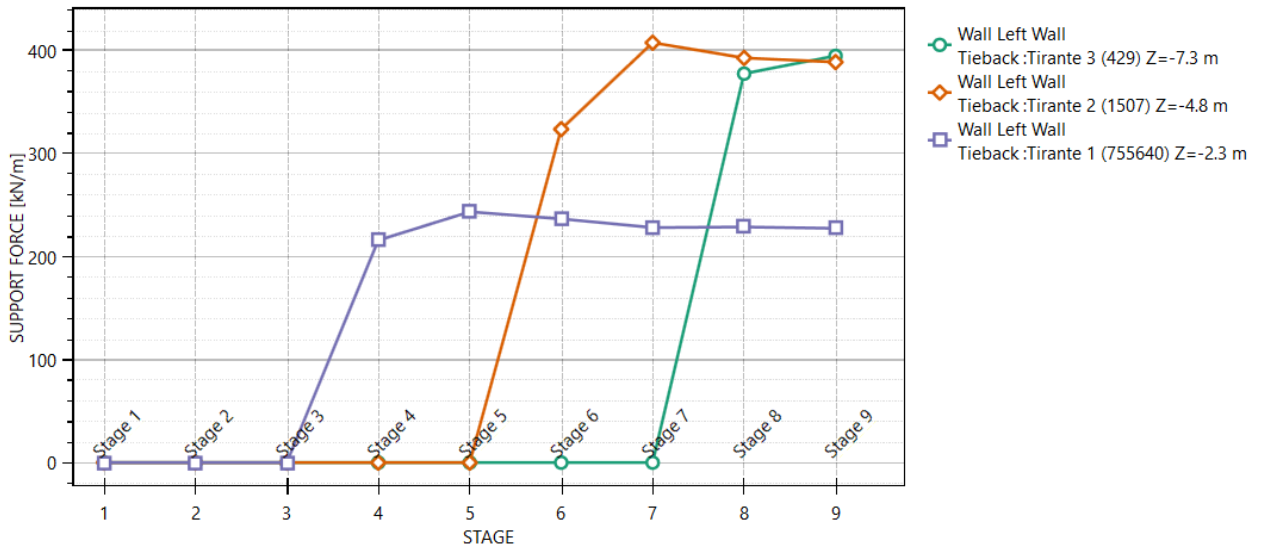


Figura 32 – Sezione B – Azioni sui tiranti – Comb. A1+M1

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A2+M2+R1>

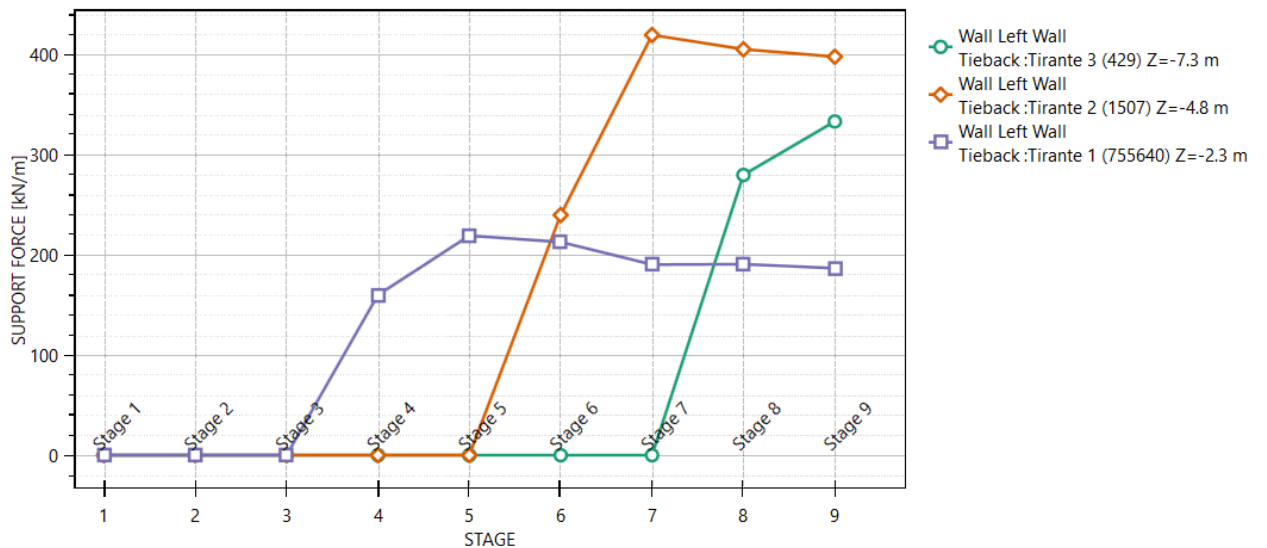


Figura 33 – Sezione B – Azioni sui tiranti – Comb. A2+M2

APPALDATORE:
Mandatario: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a.** **S.I.F.E.L.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALDATORE:
Mandatario: **TECH PROJECT** **ingegneria integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	41 di 70

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <SLE (Rara)>

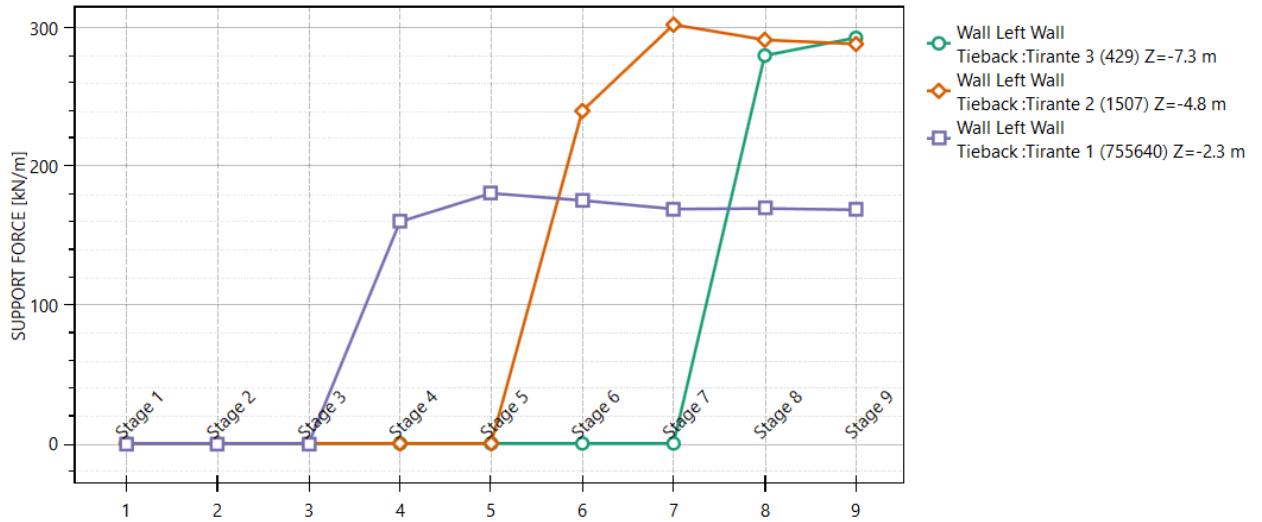


Figura 34 – Sezione B – Azioni sui tiranti – Comb. SLE

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH	Mandante: PROJECT Ingegneria Integrata Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consorziati SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 42 di 70

10 STABILITÀ DELL'OPERA (RESISTENZA DEL TERRENO A VALLE)

La verifica è stata condotta, in accordo alla normativa (NTC 2008 par.6.5.3.1.2), secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 A2 + M2 + R1.

La tabella seguente riporta, per le sezioni considerate, la percentuale di spinta passiva di progetto mobilitata a valle dell'opera, in campo statico.

Sezioni di calcolo	A2+M2+R1
Sezione A	81%
Sezione B	84%

Tabella 2 – Mobilitazione spinta passiva a valle della paratia

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <A2+M2+R1>

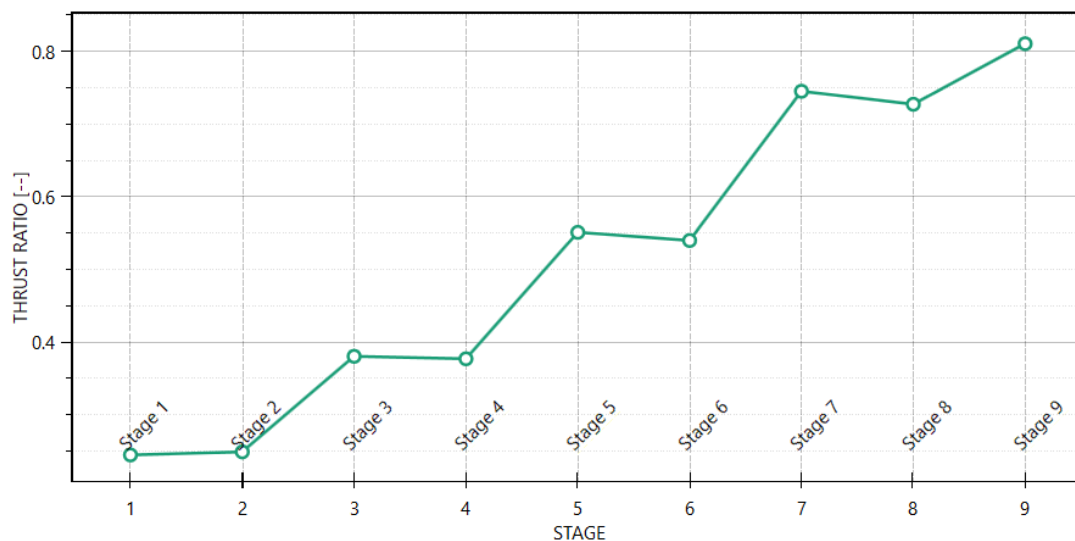


Figura 35 – Sezione A – Mobilitazione spinta passiva (combinazione A2+M2+R1)

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 43 di 70

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <A2+M2+R1>

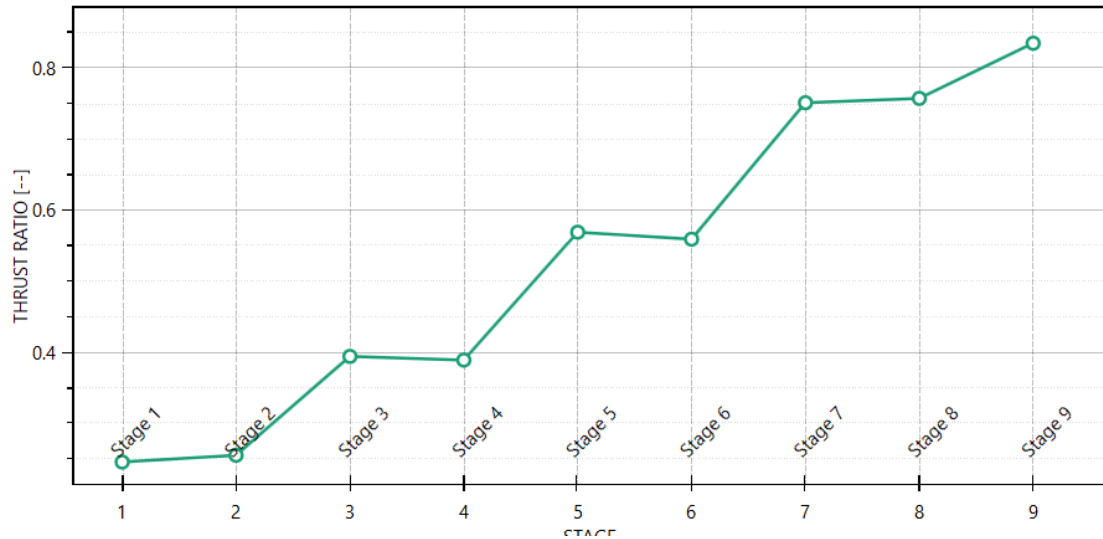


Figura 36 – Sezione B – Mobilitazione spinta passiva (combinazione A2+M2+R1)

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>44 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	44 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	44 di 70								

11 VERIFICHE DI RESISTENZA STRUTTURALE DELL'OPERA

11.1 Verifica strutturale delle paratie

Nel paragrafo precedente, sono riportati gli andamenti delle sollecitazioni di momento flettente e taglio lungo le paratie. Con riferimento a tali figure, si ottengono i seguenti valori massimi allo SLU, in combinazione A1+M1+R1, definiti a metro lineare di paratia:

Sezione	MSLU	VSLU
[-]	[kNm/m]	[kN/m]
A	319.3	292.7
B	351.8	297.5

Le azioni sollecitanti allo SLU sul singolo micropalo sono ottenute considerando l'interasse dei micropali nelle differenti sezioni di calcolo, come riportato in tabella:

Sezione	Interasse	MSLU	VSLU
[-]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]
A	0.5	159.7	146.4
B	0.5	175.9	148.8

Nelle sezioni analizzate si considera un tubo in acciaio S275 di diametro $\phi = 244,5\text{mm}$ con spessore $t = 14.2\text{mm}$.

Verifica a flessione:

$$M_{Ed} / M_{Rd} \leq 1$$

Dove $M_{Rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{M0}$ per le sezioni di classe 1.

Se il taglio di calcolo V_{Ed} è superiore a metà della resistenza di calcolo a taglio V_{Rd} bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

$$\text{Posto } \rho = (2 V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2$$

la resistenza a flessione si determina assumendo per l'area resistente a taglio A_v la tensione di snervamento ridotta $(1-\rho) \cdot f_{yk}$.

Verifica a taglio:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$$

Con $V_{Rd} = A_v f_{yk} / (\sqrt{3} \gamma_{M0})$ e $A_v = 2A/\pi$ per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme.

Come evidente dalla seguente tabella, le verifiche risultano essere sempre soddisfatte, essendo le sollecitazioni di progetto sempre inferiori alle resistenze di progetto.

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	   							
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 45 di 70

d	244.5	mm	External diameter of the circular hollow section
t	14.2	mm	Thickness of the circular hollow section
A	10274	mm ²	Area of the circular hollow section
J	68371957	mm ⁴	Inertia of the circular hollow section
ρ	81.6	-	Radius of gyration
	S275	-	Steel class
f _{yk}	275.0	N/mm ²	Characteristic yielding strength
Y _{M0}	1.05	-	Partial factor for resistance of members
f _{yd}	261.9	N/mm ²	Design strength

Shear 6.2.6 EN1993-1-1

A _v	6540.5	mm ²	Shear area
V _{c,Rd}	989.0	kN	Design shear resistance
V _{Ed}	148.8	kN	Design shear force
S_F	6.65	-	Safety factor

Bending moment 6.2.5 EN1993-1-1

V _{Ed} / V _{c,Rd}	0.2	-	Ratio
ρ		-	See 6.2.8 EN1993-1-1
W _{pl}	754095.3	mm ³	Plastic modulus
M _{c,Rd}	197.5	kNm	Resisting bending moment
M _{Ed}	175.9	kNm	Design bending moment
S_F	1.12	-	Safety factor

Le verifiche sono soddisfatte.

APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>46 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	46 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	46 di 70								

11.2 Verifica a sfilamento degli ancoraggi

La verifica a sfilamento dei tiranti viene svolta in accordo a quanto riportato nel Paragrafo C6.6.2 delle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008:

La verifica si considera soddisfatta se risulta:

$$P_d < R_{ad}$$

essendo P_d l'azione di progetto e R_{ad} la resistenza di progetto.

La verifica di tale disuguaglianza è sviluppata con riferimento alla combinazione **A1+M1+R3**

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio (R_{ak}) nel caso specifico, è stato dedotto con metodi analitici, a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici, in particolare in accordo con quanto proposto da *Bustamante e Doix*, avendo assunto:

- $\alpha = 1.4$ (Metodo di iniezione IRS - limo), in accordo con la seguente tabella;
- $D_{n,perf} = 0.15m - 0.20m =$ Diametro nominale di perforazione ;
- $L_A =$ lunghezza minima attiva (bulbo del tirante).
- $q_s = 100$ kPa, Fattore di aderenza.

Terreno	Valori di α	
	IRS	IGU
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2
Argilla	1,8 - 2,0	1,2
Marne	1,8	1,1 - 1,2
Calcarei marnosi	1,8	1,1 - 1,2
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1

Tabella 3 Coefficiente α

In accordo a quanto proposto da *Bustamante e Doix*, la resistenza di calcolo è stata valutata mediante la formula:

$$R_a = \pi \times D_n \times \alpha \times q_s \times L_A$$

La resistenza caratteristica a sfilamento R_{ak} si ottiene pertanto come:

$$R_{ak} = \min \left\{ \frac{(R_{ac})_{medio}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{ac})_{min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

in cui i coefficienti parziali ξ_{a3} e ξ_{a4} sono funzione del numero di profili di indagine disponibili.

APPALDATORE: Mandataria:    	Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALDATORE: Mandataria:   	Mandante:  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 47 di 70

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥5
ξ_{a3}	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
ξ_{a4}	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Tabella 4 Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche (Tabella 6.6.III delle NTC 2008)

Per il caso in esame i coefficienti ξ_{a3} e ξ_{a4} sono pari a 1.80.

Calcolata la resistenza caratteristica R_{ak} , la resistenza di progetto R_{ad} si ottiene fattorizzando i valori di R_{ak} mediante i coefficienti R_3 riportati in Tabella 5:

CONDIZIONE	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporaneo	$\gamma_{Ra,t}$	1.1

Tabella 5 Coefficienti parziali sulle resistenze degli ancoraggi

Il calcolo dell'azione di progetto viene effettuato moltiplicando il valore al metro lineare, risultante dal programma di calcolo, in combinazione A1+M1+R3.

Nella seguente tabella si riportano le resistenze caratteristiche e di calcolo a sfilamento e i valori delle azioni caratteristici e di progetto per ogni ordine di tiranti, relativi ai modelli di calcolo sopra descritti.

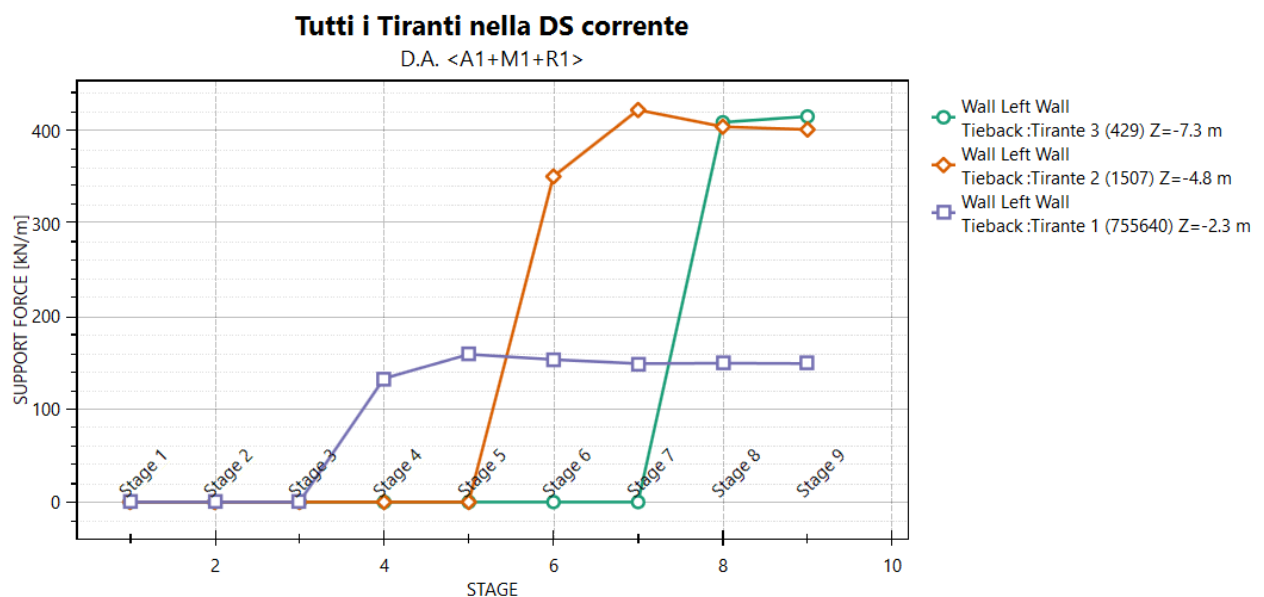


Figura 37 – Sezione A – Reazioni negli ancoraggi (combinazione A1+M1+R1)

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:					
  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 48 di 70

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A1+M1+R1>

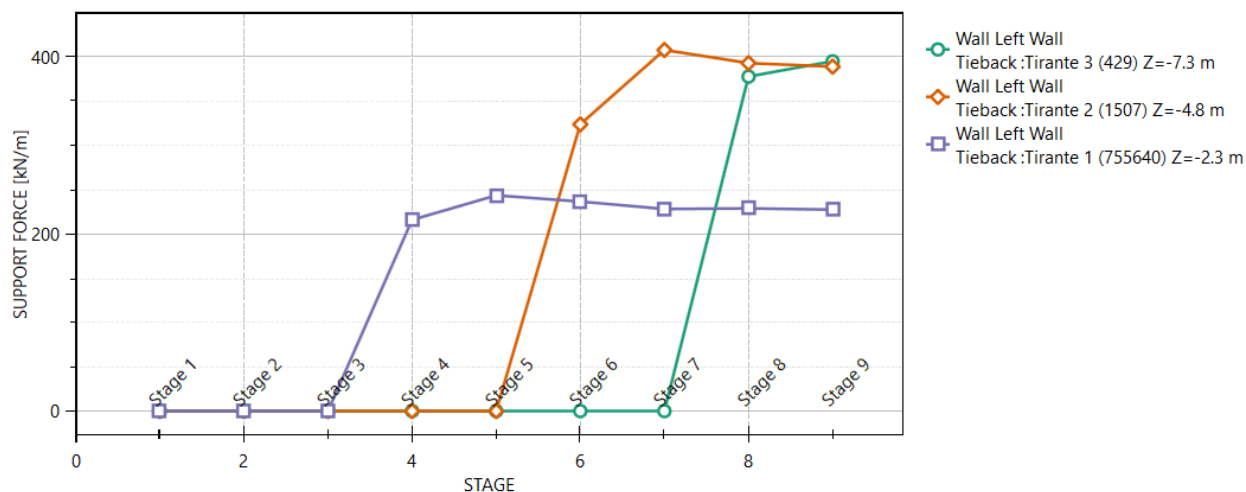


Figura 38 – Sezione B – Reazioni negli ancoraggi (combinazione A1+M1+R1)

Sezione A:

Ordine	$D_{n,perf}$	α	q_s	L_A	R_{ac}	R_{ak}	R_{ad}	$P_{k,es}$	i	P_d	c.s.
[-]	[m]	[-]	[KN/m ²]	[m]	[KN]	[KN]	[KN]	[KN/m]	[m]	[KN]	[-]
I	0.15	1.4	100	16	1055.6	586.4	533.1	159.0	3.25	516.8	1.03
II	0.20	1.4	100	20	1759.3	977.4	888.5	421.9	1.85	780.5	1.14
III	0.20	1.4	100	20	1759.3	977.4	888.5	414.9	1.85	767.6	1.16

Tabella 6 Resistenze e azioni di sfilamento dei tiranti a trefoli

Sezione B:

Ordine	$D_{n,perf}$	α	q_s	L_A	R_{ac}	R_{ak}	R_{ad}	$P_{k,es}$	i	P_d	c.s.
[-]	[m]	[-]	[KN/m ²]	[m]	[KN]	[KN]	[KN]	[KN/m]	[m]	[KN]	[-]
I	0.15	1.4	100	16	1055.6	586.4	533.1	243.7	2.0	487.4	1.09
II	0.20	1.4	100	20	1759.3	977.4	888.5	408.1	2.0	816.2	1.09
III	0.20	1.4	100	20	1759.3	977.4	888.5	395.3	2.0	790.6	1.12

Tabella 7 Resistenze e azioni di sfilamento dei tiranti a trefoli

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>49 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	49 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	49 di 70								

11.3 Verifica della gerarchia delle resistenze

Per il rispetto del criterio della gerarchia delle resistenze è necessario che sia soddisfatta la verifica della seguente condizione:

$$R_d > R_{ad}$$

ovvero che la resistenza a snervamento dell'armatura sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio.

Per trefoli in acciaio armonico la resistenza caratteristica al limite di snervamento coincide con la tensione caratteristica all'1% di deformazione totale, ovvero:

$$f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$$

Il valore della resistenza a snervamento dell'armatura è la seguente:

$$R_d = n \cdot A_{\text{tirante}} \cdot f_{p(1)k} / 1.15$$

Tali valori vanno confrontati coi valori della resistenza a sfilamento R_{ad} riportati nella tabella seguente.

In questo caso, si vedano le tabelle seguenti, la verifica risulta sempre soddisfatta.

f_{p1k}	n	A	R_d -tirante	R_d -bulbo	c.s.
[N/mm ²]	[-]	[mm ²]	[KN]	[KN]	[-]
1670.0	4	139	807.4	533.1	1.51
1670.0	6	139	1211.1	888.5	1.36
1670.0	7	139	1413.0	888.5	1.59

Tabella 8 Verifica gerarchia delle resistenze

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata	Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small>					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.51.00.001 B 50 di 70					

11.4 Verifica travi di ripartizione in corrispondenza dei puntoni

Le travi metalliche per la ripartizione dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono costituite da coppie di profilati metallici, del tipo HEA220.

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su più appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, pari all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi (v. figura seguente). Viene verificata la trave soggetta a maggiori sollecitazioni (maggiore interasse tra i tiranti e maggiore trazione tra i tiranti).

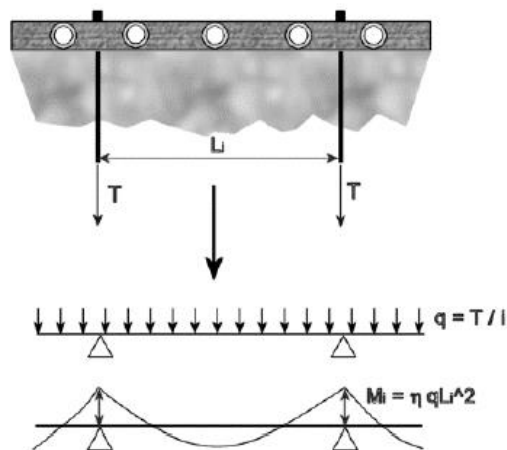


Figura 39 – Trave di ripartizione – Schema statico

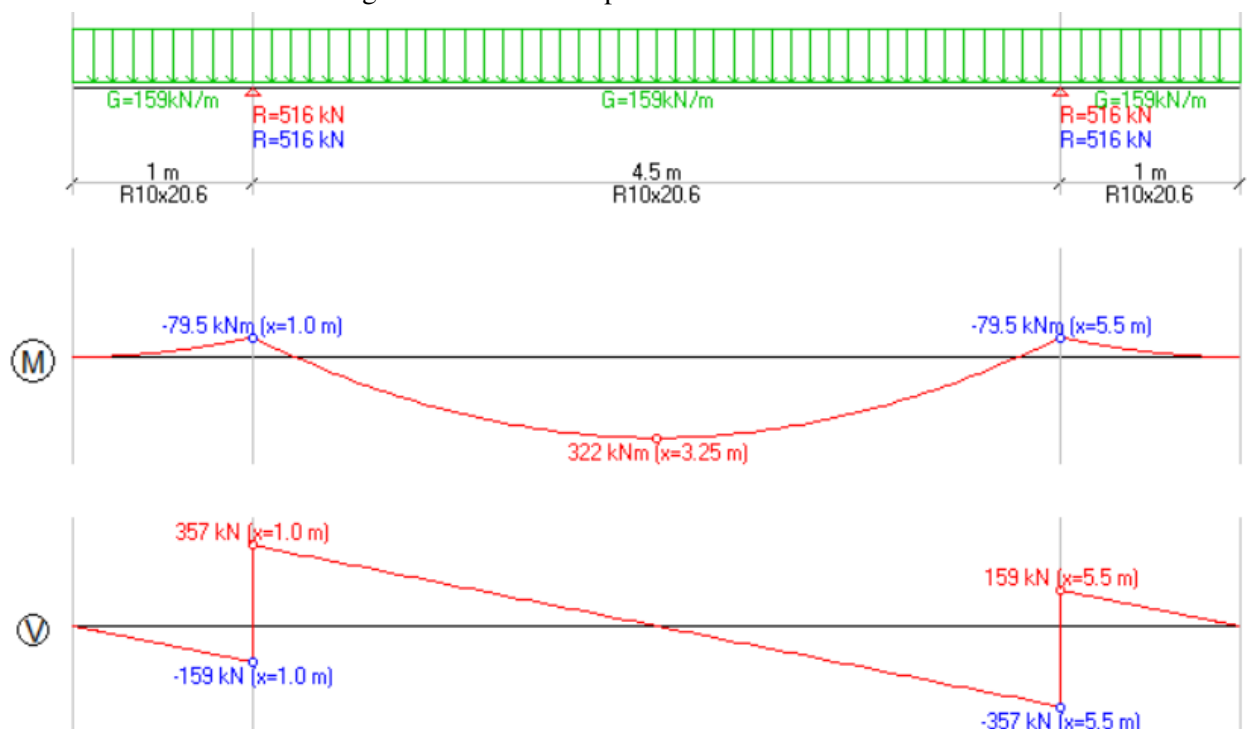


Figura 40 – Trave di ripartizione HEA220 – Azioni di progetto (1° ordine Sez. A IN44)

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 51 di 70

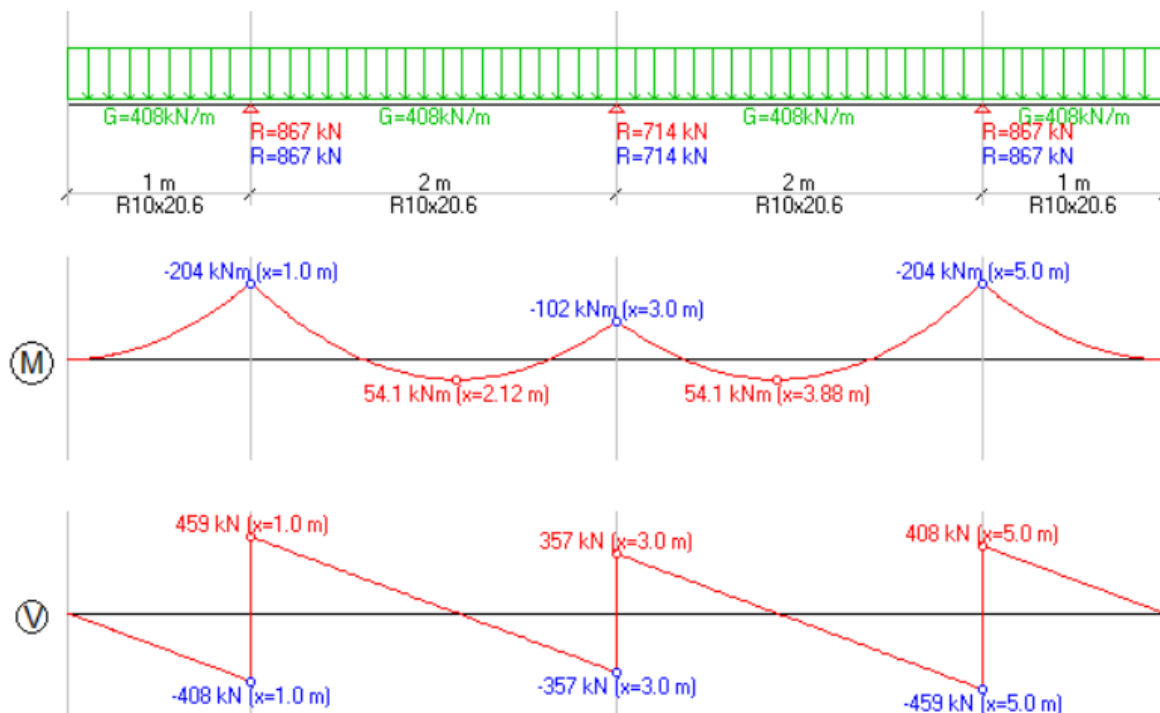


Figura 41 – Trave di ripartizione HEA220 – Azioni di progetto (2° ordine Sez. B)

Considerando acciaio S275, devono essere soddisfatte le disuguaglianze riportate di seguito.

- **Verifica a flessione:**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

con $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$ per le sezioni di classe 1

Se il taglio di calcolo V_{Ed} è superiore a metà della resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$ bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Posto
$$\rho = \left[\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{c,Rd}} - 1 \right]^2$$

La resistenza a flessione si determina assumendo per l'area resistente a taglio A_V la tensione di snervamento ridotta $(1-\rho)f_{yk}$.

- **Verifica a taglio:**

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 52 di 70

con $V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ e $A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$ per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima.

Si riportano di seguito le verifiche eseguite sulle travi critiche di ciascuna sezione di calcolo.

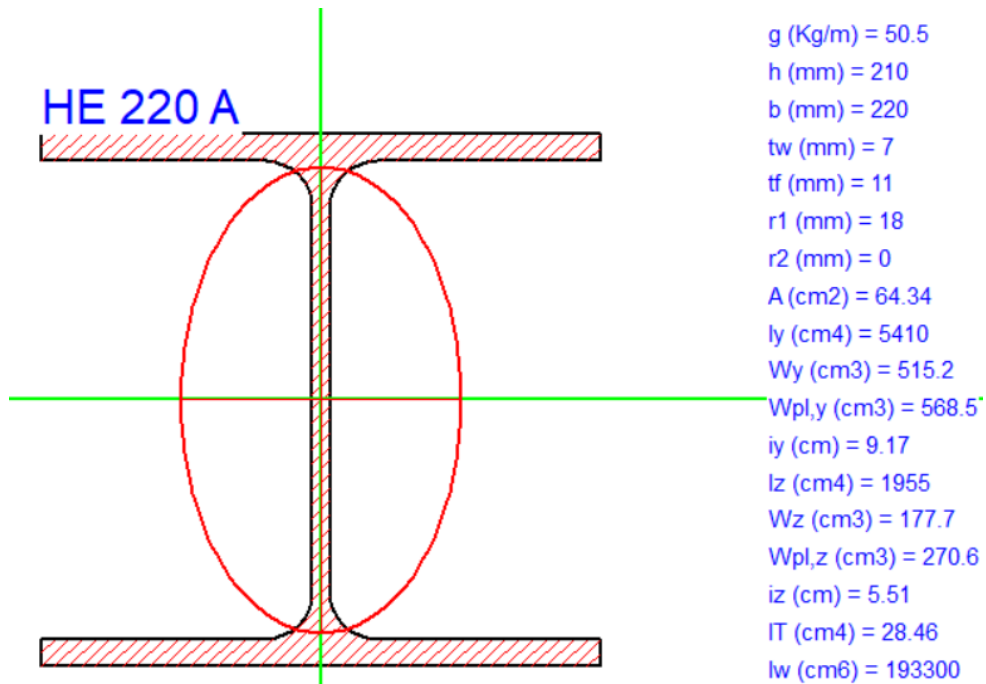


Figura 42 – Caratteristiche profilo HEA220

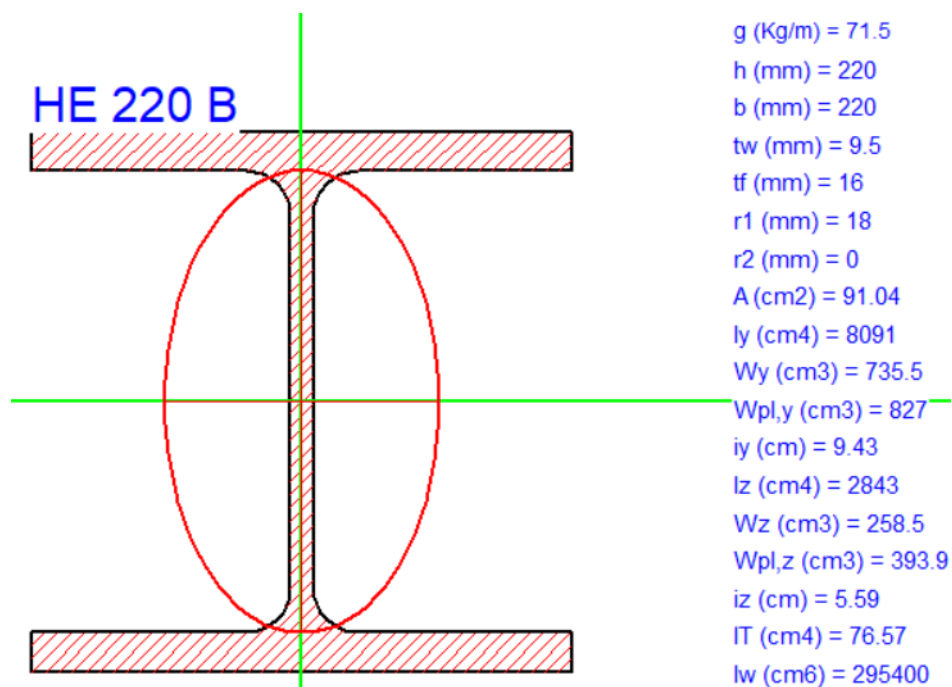


Figura 43 – Caratteristiche profilo HEB220

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
	  					
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:					
	 					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 53 di 70

2xHEA220 section

n	2	-	Number of profile side by side
h	210	mm	Height of the section
b	220	mm	Width of the section
t _w	7.0	mm	Thickness of the web
t _f	11.0	mm	Thickness of the flange
r	18.0	mm	
	S 275	-	Steel class
f _{yk}	275.0	N/mm ²	Characteristic yielding strength
ε	0.92	-	
c/t	21.7	-	
	1	-	Class of the web
c/t _f	8.4	-	
	2	-	Class of the flange
γ _{M0}	1.05	-	
ρ	0.22	-	Shear influence coefficient
f _{yd}	261.9	N/mm ²	Design strength

Bending moment §4.2.4.1.2 NTC / §6.2.5 EN1993-1-1

W _{pl}	1137000	mm ³	Plastic modulus
M _{c,Rd}	280.2	kNm	Resisting bending moment
M _{Ed}	204.0	kNm	Design bending moment
S_F	1.37	-	Safety factor

Shear §4.2.4.1.2 NTC / §6.2.6 EN1993-1-1

A	6434.1	mm ²	Area of the cross-section
A _v	2067.1	mm ²	Shear area
A _{v,tot}	4134.2	mm ²	Total shear area
V _{c,Rd}	625.1	kN	Design shear resistance
V _{Ed}	459.0	kN	Design shear force
S_F	1.36	-	Safety factor

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 54 di 70

2xHEB220 section

n	2	-	Number of profile side by side
h	220	mm	Height of the section
b	220	mm	Width of the section
t _w	9.5	mm	Thickness of the web
t _f	16.0	mm	Thickness of the flange
r	18.0	mm	
	S 275	-	Steel class
f _{yk}	275.0	N/mm ²	Characteristic yielding strength
ε	0.92	-	
c/t	16.0	-	
	1	-	Class of the web
c/t _f	5.8	-	
	1	-	Class of the flange
Y _{M0}	1.05	-	
ρ	0.00	-	Shear influence coefficient
f _{yd}	261.9	N/mm ²	Design strength

Bending moment §4.2.4.1.2 NTC / §6.2.5 EN1993-1-1

W _{pl}	1654000	mm ³	Plastic modulus
M _{c,Rd}	433.2	kNm	Resisting bending moment
M _{Ed}	322.0	kNm	Design bending moment
S _F	1.35	-	Safety factor

Shear §4.2.4.1.2 NTC / §6.2.6 EN1993-1-1

A	9104.1	mm ²	Area of the cross-section
A _v	2792.1	mm ²	Shear area
A _{v,tot}	5584.2	mm ²	Total shear area
V _{c,Rd}	844.4	kN	Design shear resistance
V _{Ed}	357.0	kN	Design shear force
S _F	2.37	-	Safety factor

APPALDATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALDATORE: Mandataria: TECH	Mandante: PROJECT Ingegneria Integrata Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 55 di 70

12 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI

12.1 Spostamenti lato ferrovia

Si riporta di seguito il diagramma degli spostamenti in combinazione rara.

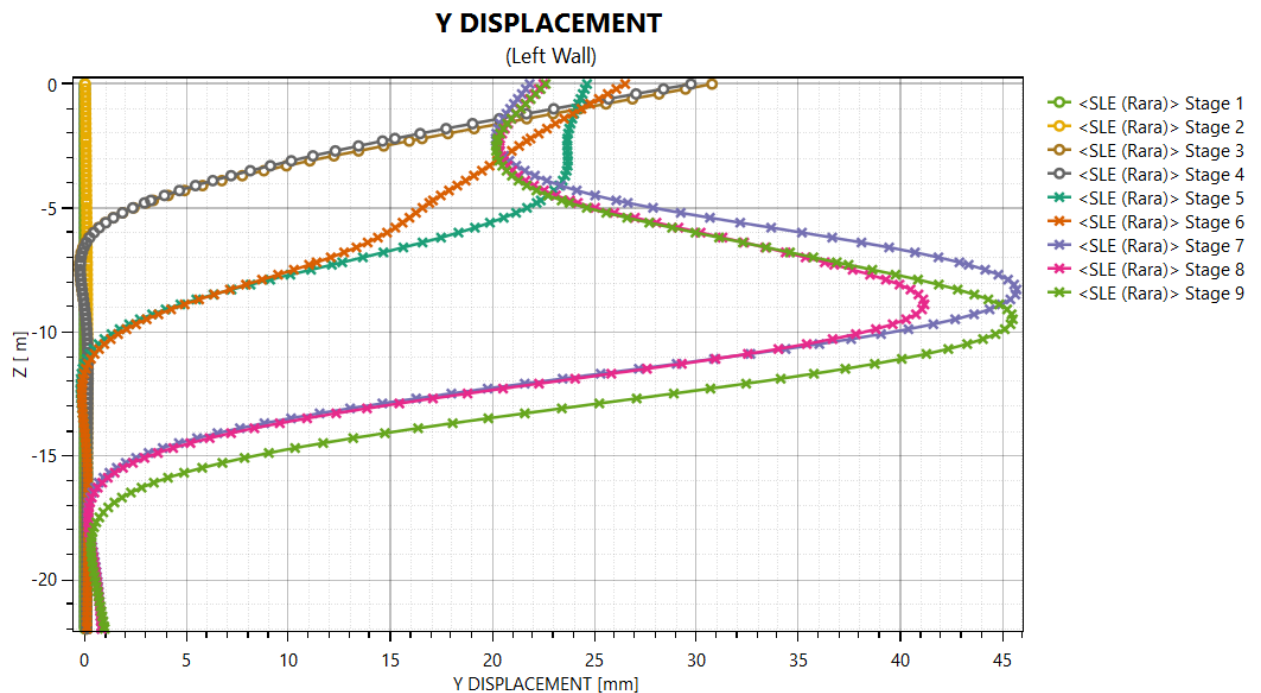


Figura 44 – Sezione A - (combinazione RARA)

Lo spostamento massimo lungo il fusto, registrato nelle diverse fasi di scavo, è pari a circa 46mm; mentre lo spostamento massimo in testa, registrato nelle diverse fasi di scavo, è dell'ordine dei 30mm. Tali valori sono ammissibili per la paratia in esame.

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 56 di 70

12.2 Spostamenti lato strada

Si riporta di seguito il diagramma degli spostamenti in combinazione rara.

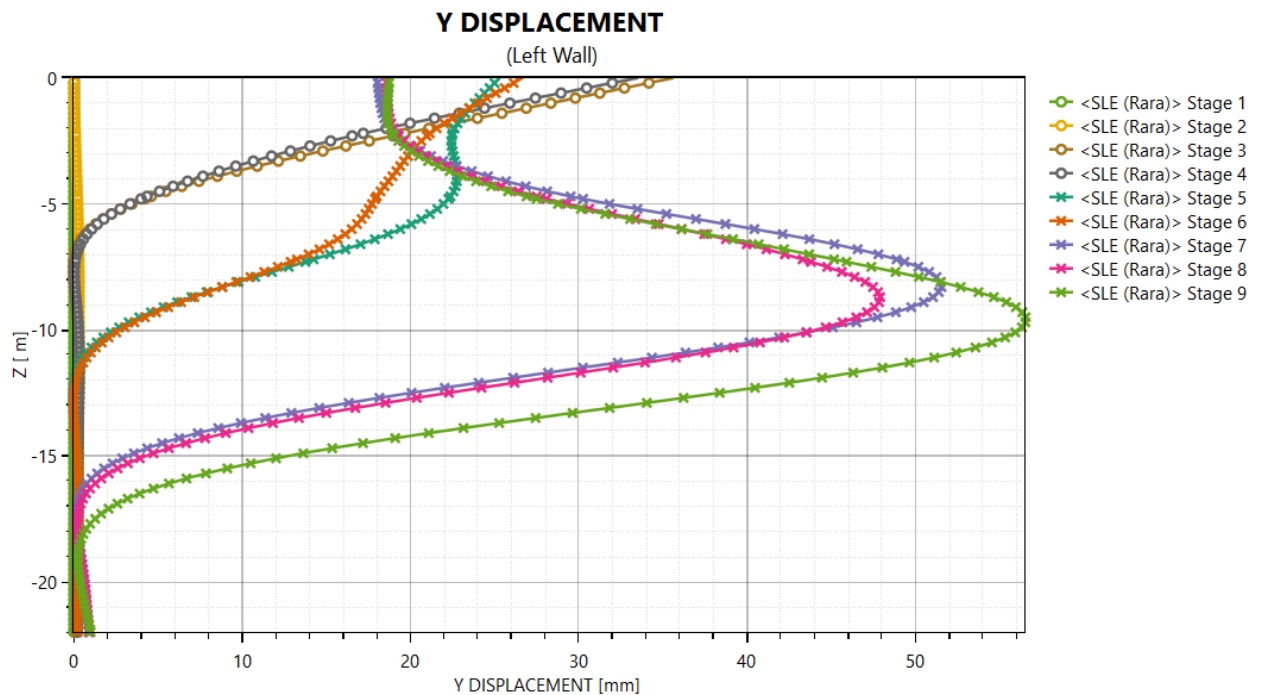


Figura 45 – Sezione B - Involuppo spostamenti (combinazione RARA)

Lo spostamento massimo lungo il fusto, registrato nelle diverse fasi di scavo, è pari a circa 56mm; mentre lo spostamento massimo in testa, registrato nelle diverse fasi di scavo, è dell'ordine dei 36mm. Tali valori sono ammissibili per la paratia in esame.

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  salini impregilo </div> <div style="text-align: center;">  ASTALDI </div> <div style="text-align: center;">  Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. </div> <div style="text-align: center;">  S.I.F.E.L. </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata</small> </div> <div style="text-align: center;">  Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consorziati</small> </div> <div style="text-align: center;">  SETECO <small>Ingegneria S.r.l.</small> </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PROGETTO</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">IN.51.00.001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">57 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	57 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	57 di 70								

13 ANALISI DI FILTRAZIONE E CEDIMENTI INDOTTI

Delle analisi di filtrazione agli elementi finiti bidimensionali sono state effettuate per stimare le venute d'acqua nello scavo ed i cedimenti indotti dalla filtrazione attraverso la paratia di micropali in progetto.

In questo capitolo sono descritte le ipotesi di calcolo e sono presentati i risultati delle analisi effettuate.

13.1 Geometria e modello di calcolo

Le seguenti figure mostrano la sezione di calcolo selezionata per l'analisi.

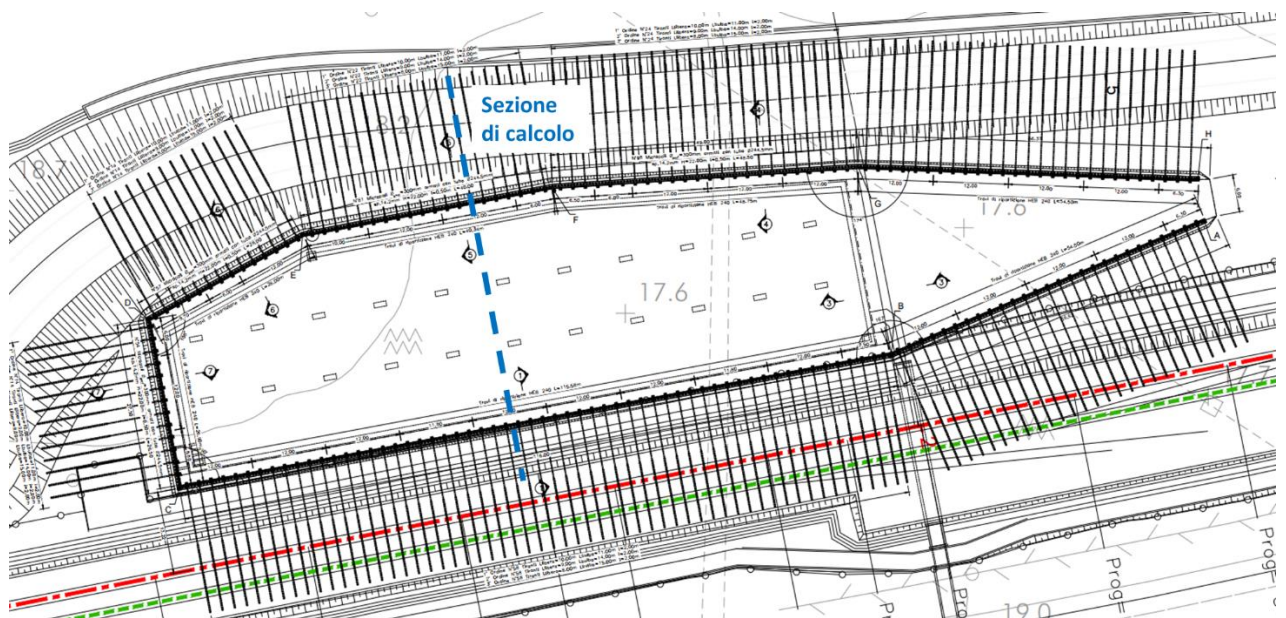


Figura 46 – Planimetria – Indicazione sezione di calcolo analisi di filtrazione

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 58 di 70

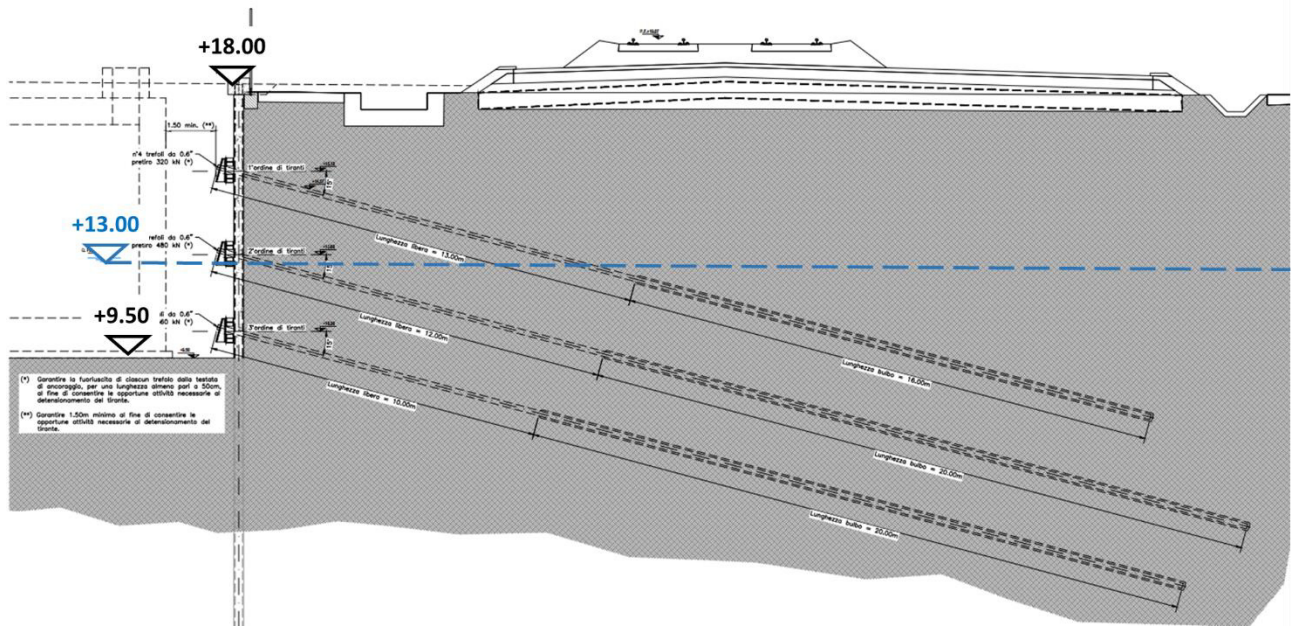


Figura 47 – Sezione di calcolo analisi di filtrazione

I dati geometrici principali dell'analisi sono:

- Quota p.c. 18.00 m s.l.m.
- Quota della falda 13.00 m s.l.m.
- Quota del fondo scavo 9.50 m s.l.m.+
- Larghezza scavo 34.60 m

La figura seguente mostra il modello di calcolo implementato e l'indicazione della stratigrafia di riferimento.

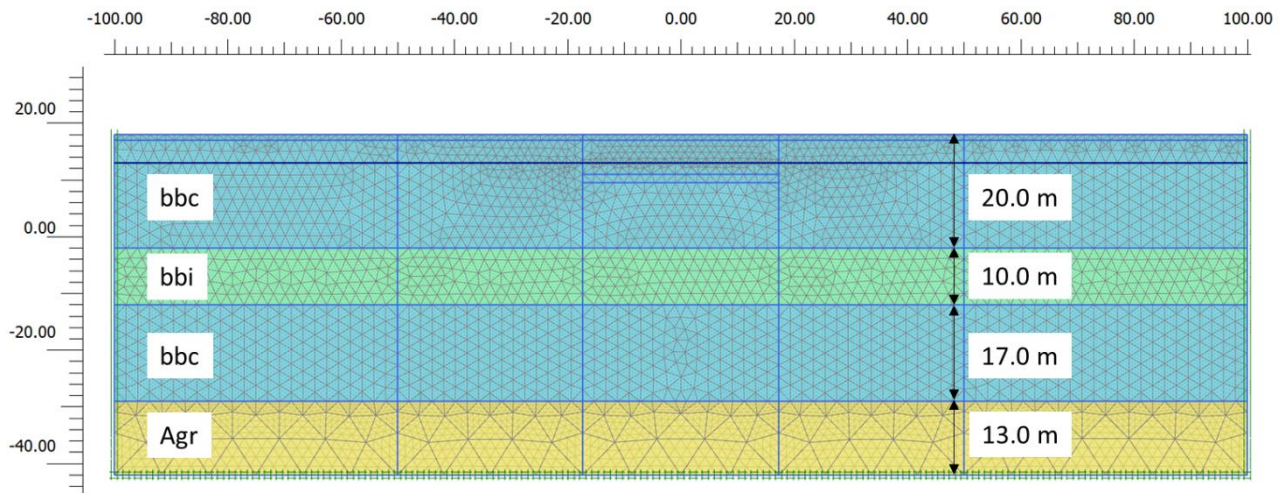


Figura 48 – Modello di calcolo Plaxis 2D

APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>59 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	59 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	59 di 70								

13.2 Fasi di calcolo

Le analisi di filtrazione sono state eseguite secondo la modalità Staged Construction del codice di calcolo Plaxis 2D, implementando le seguenti fasi di calcolo:

Fase 0 – Geostatica – Stato tensionale iniziale (k0);

Fase 1 – Scavo fino a quota 13.00 m s.l.m. (quota falda), annullamento degli spostamenti della fase precedente;

Fase 2 – Scavo fino alla quota di fondo scavo (+9.50 m s.l.m.) e filtrazione in condizioni stazionarie.

13.3 Parametri di permeabilità

I parametri di permeabilità delle unità geotecniche considerate nelle analisi sono derivati dalla relazione [1] del Progetto Esecutivo e, per l'unità bbc, anche da prove Lefranc effettuate nel 2021 nella zona della vasca in esame, i cui risultati sono riportati in Allegato 1.

Unità bbc

La tabella seguente riporta i risultati delle prove di permeabilità condotte nel 2018 su terreni appartenenti all'unità geotecnica in esame.

Sond.	prof. [m da p.c.]	unità geotecnica	k [m/s]
SPE02	2.5÷3.5	bbc	1.76E-07
SPE07	1.5÷2.5	bbc	7.55E-08
	6.0÷7.0	bbc	1.76E-07
SPE26	4,5÷5.0	bbc	7.83E-06
SPE33	4,5÷5.0	bbc	1.63E-07
SPE34	4,5÷5.0	bbc	1.67E-07
	8,0÷8.5	bbc	8.10E-08
SPE36	4.5-5.0	bbc	7.31E-07
	8.0-8.3	bbc	5.03E-07
SPE39	4.5÷5.0	bbc	2.62E-07

Tabella 9 - Unità geotecnica bbc. Prove di permeabilità Lefranc 2018

La tabella seguente riporta i risultati di prove analoghe condotte nell'ambito della campagna 2015 per la progettazione definitiva; è possibile osservare che i risultati della campagna di indagini del 2018 sono del tutto in linea con quelli ottenuti nel 2015.

Sond.	prof. [m da p.c.]	unità geotecnica	k [m/s]
B10	5.5	bbc	2.73E-07
B35	4.5	bbc	5.21E-07
B36	9	bbc	8.85E-07
B38	7.5	bbc	5.17E-07

Tabella 10 - Unità geotecnica bbc. Risultati delle prove Lefranc del 2015

La tabella seguente riporta i risultati delle prove Lefranc effettuate nel 2021 nella zona della vasca:

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	   							
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 60 di 70

Sondaggio	Prova	Profondità (m da p.c.)	Unità geotecnica	k (m/s)
S01	LE1	2.5	bbc	4.7E-07
S01	LE2	4.5	bbc	9.7E-06
S02	LE1	2.5	bbc	4.6E-07
S02	LE2	4.5	bbc	1.8E-07
S08	LE1	2.0	bbc	6.0E-07
S08	LE2	6.5	bbc	5.8E-05
S09	LE1	2.0	bbc	8.0E-08
S09	LE2	6.5	bbc	9.8E-05
S10	LE1	2.0	bbc	4.6E-08
S10	LE2	6.5	bbc	3.7E-05

Tabella 11 – Unità geotecnica bbc. Prove di permeabilità Lefranc (2021)

Ai fini della valutazione delle portate a fondo scavo, tenuto conto del range di variabilità dei parametri di permeabilità evidenziati dalle prove, si definiscono due valori di riferimento, in modo da essere sufficientemente cautelativi. In tal senso, si definiscono:

- uno scenario di riferimento, il cui valore di permeabilità è considerato anche per la stima dei cedimenti indotti dallo scavo;
- uno scenario alternativo (pessimistico), il cui valore di permeabilità è considerato esclusivamente per la definizione di una stima cautelativa delle venute d'acqua a fondo scavo.

Per lo scenario di riferimento, si considera una permeabilità in direzione orizzontale di 8E-06 m/s, pari al massimo valore evidenziato dalle indagini disponibili nel PE (sondaggio SPE26).

Per lo scenario alternativo, si considera una permeabilità in direzione orizzontale di 1E-04 m/s, pari al massimo valore evidenziato dalle indagini effettuate nel 2021 (sondaggio S09, prova LE2). Si sottolinea, tuttavia, che tale valore non è tipico di un terreno coesivo, e risulta particolarmente elevato, se confrontato con il range di variabilità della permeabilità indicato nel PE ($k = 5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$ m/s).

Il valore della permeabilità in direzione verticale, in assenza di dati riguardanti l'anisotropia, è stato considerato pari alla metà del valore in direzione orizzontale.

Unità bbi

Per l'unità bbi, il valore di permeabilità in direzione orizzontale considerato nelle analisi è pari al valore massimo all'interno del range di variabilità indicato nel PE, pari a 4E-05 m/s.

Il valore della permeabilità in direzione verticale, in assenza di dati riguardanti l'anisotropia, è stato considerato pari alla metà del valore in direzione orizzontale.

Unità Agr

Per l'unità Agr, il valore di permeabilità in direzione orizzontale considerato nelle analisi è pari al valore massimo all'interno del range di variabilità indicato nel PE, pari a 3E-06 m/s.

Il valore della permeabilità in direzione verticale, in assenza di dati riguardanti l'anisotropia, è stato

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>61 di 70</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	61 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	61 di 70								

considerato pari alla metà del valore in direzione orizzontale.

13.4 Serie di analisi effettuate

Ai fini della stima delle venute d'acqua a fondo scavo, si sono effettuate diverse analisi al variare della permeabilità e della quota di falda.

Le analisi effettuate sono sintetizzate nella tabella seguente.

Analisi	k bbc (m/s)	Profondità falda (m da p.c.)	Larghezza modello (m)
1	8.00E-06	-5	100
2	8.00E-06	-3	165
3	1.00E-04	-5	250
4	1.00E-04	-3	360

Tabella 12 – Analisi effettuate per la stima della portata a fondo scavo

Il livello di falda indicato negli elaborati di riferimento del Progetto Esecutivo è a 5 m dal p.c.

Le analisi che considerano il livello di falda a 3 m dal p.c. sono state effettuate per ricavare una stima molto cautelativa della portata a fondo scavo.

Lo scenario di riferimento, considerato anche per le analisi effettuate per la stima dei cedimenti indotti è costituito dall'analisi n.1.

Il raggio di influenza della variazione dei regimi idraulici legati alla filtrazione (che influenza la larghezza del modello) è stato ricavato secondo la formulazione di Sichardt:

$$R = 3000 * \Delta h * \sqrt{k}$$

in cui Δh rappresenta l'abbassamento della falda in metri.

13.5 Dettagli di modellazione: spostamenti orizzontali della paratia

Le analisi numeriche oggetto di questo capitolo hanno il solo scopo di stimare la portata d'acqua a fondo scavo ed i cedimenti indotti dalla filtrazione.

L'analisi strutturale della paratia di micropali in condizioni permanenti e drenate è stata realizzata, come anticipato nel capitolo §8, tramite il codice di calcolo Paratie Plus.

Ai fini della stima della portata d'acqua a fondo scavo si è effettuata una serie di analisi di filtrazione al variare della permeabilità dell'unità bbc e del livello di falda (dettagli nel paragrafo precedente). In queste analisi, l'effetto degli spostamenti non è stato indagato; nel modello di calcolo, in corrispondenza della paratia di micropali, si è imposto un vincolo agli spostamenti orizzontali della paratia, come mostrato nella figura seguente.

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 62 di 70

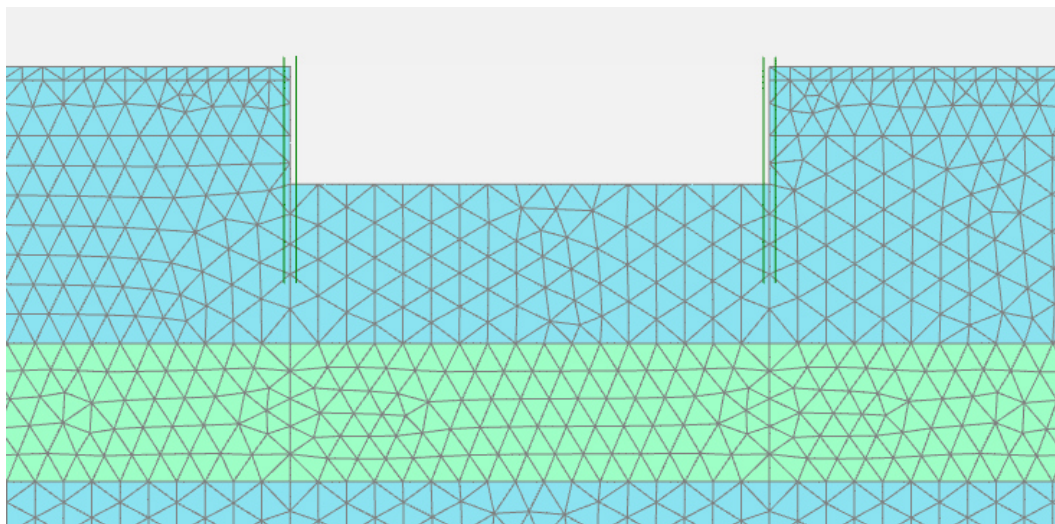
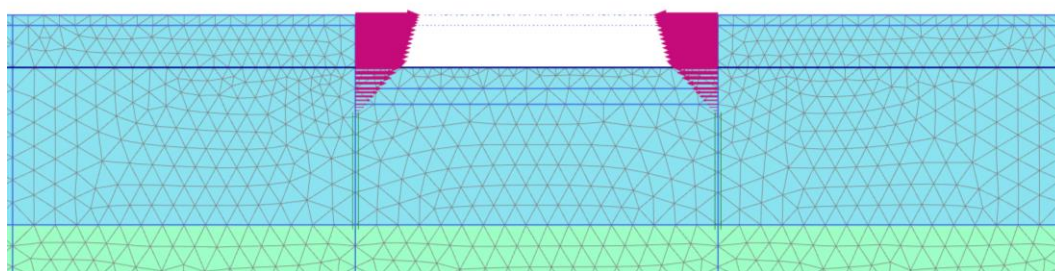


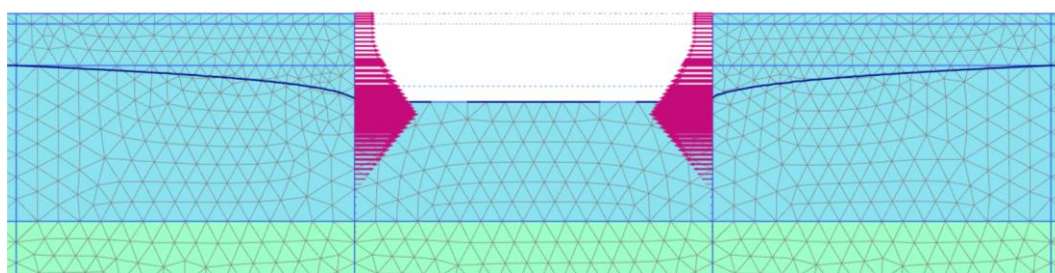
Figura 49 – Analisi di filtrazione – Vincolo orizzontale spostamenti micropali

Ai fini della stima dei cedimenti indotti in corrispondenza della strada NV12 e della ferrovia, invece, affinché si consideri correttamente sia l'influenza dello scavo che della filtrazione che si genera attraverso la paratia di micropali per effetto dello scavo stesso, si sono imposte, alla paratia di micropali, le deformate in corrispondenza delle due fasi di calcolo definite in dettaglio nel paragrafo §13.2.

La figura seguente mostra le deformate imposte nelle fasi di calcolo della filtrazione.



Fase 1 – Scavo a quota 13.00 m s.l.m.



Fase 2 – Scavo a quota 9.50 m s.l.m.

Figura 50 – Analisi di filtrazione – Spostamenti orizzontali dal modello strutturale

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 63 di 70

13.6 Stima delle portate a fondo scavo – Risultati delle analisi

Le figure seguenti riportano i risultati dei 4 set di analisi di filtrazione in termini di flussi e carichi idraulici nella fase finale del calcolo (fase 2, fondo scavo).

Le curve blu all'interno delle figure rappresentano le piezometriche.

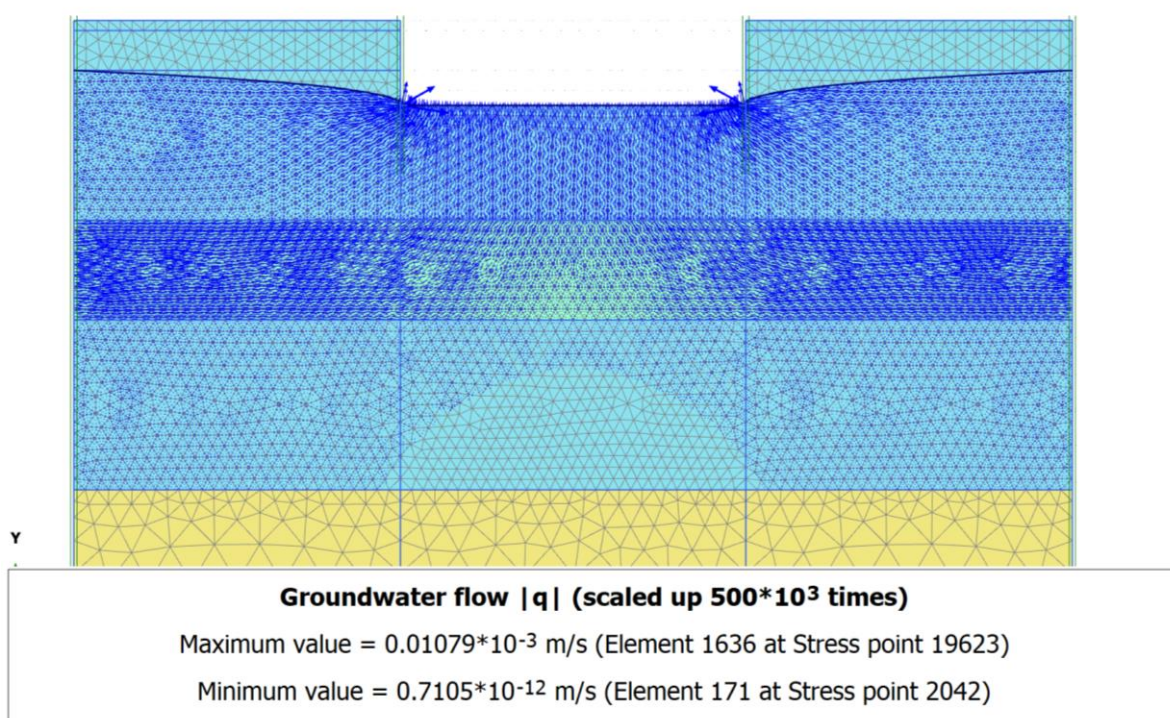


Figura 51 – Analisi 1 (k=8E-06 m/s, falda a -5 m da p.c.) – Linee di flusso

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 64 di 70

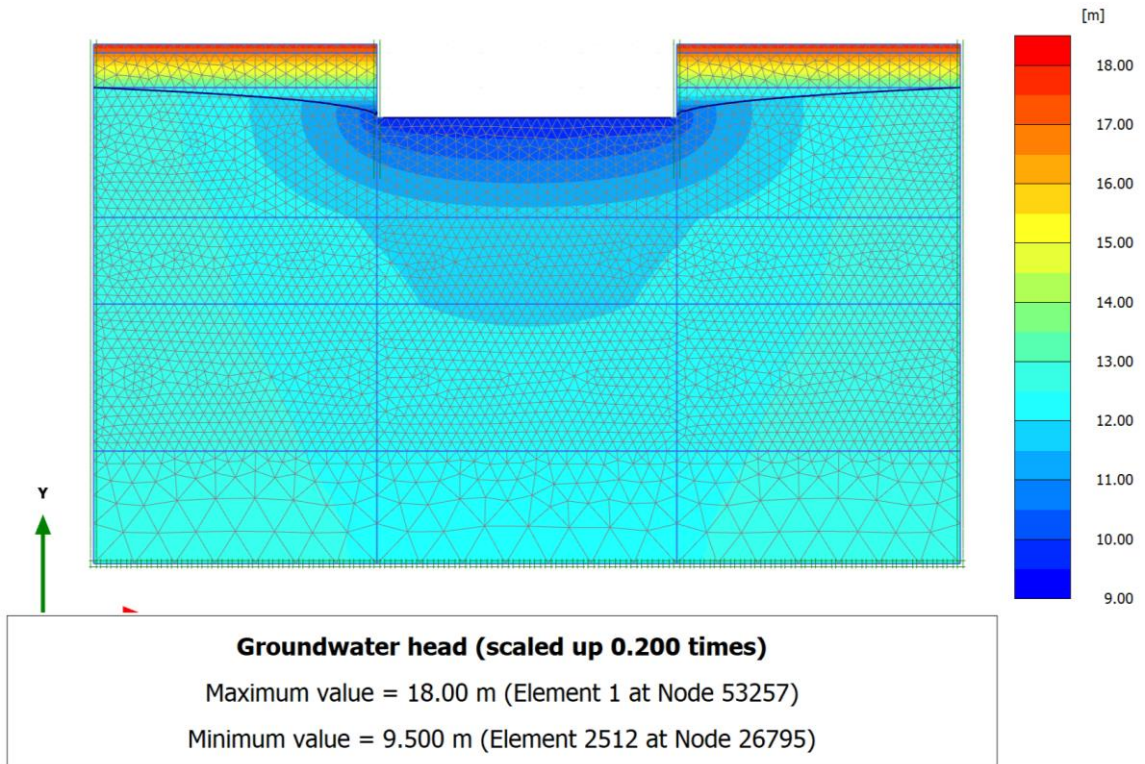


Figura 52 – Analisi 1 (k=8E-06 m/s, falda a -5 m da p.c.) – Carichi idraulici

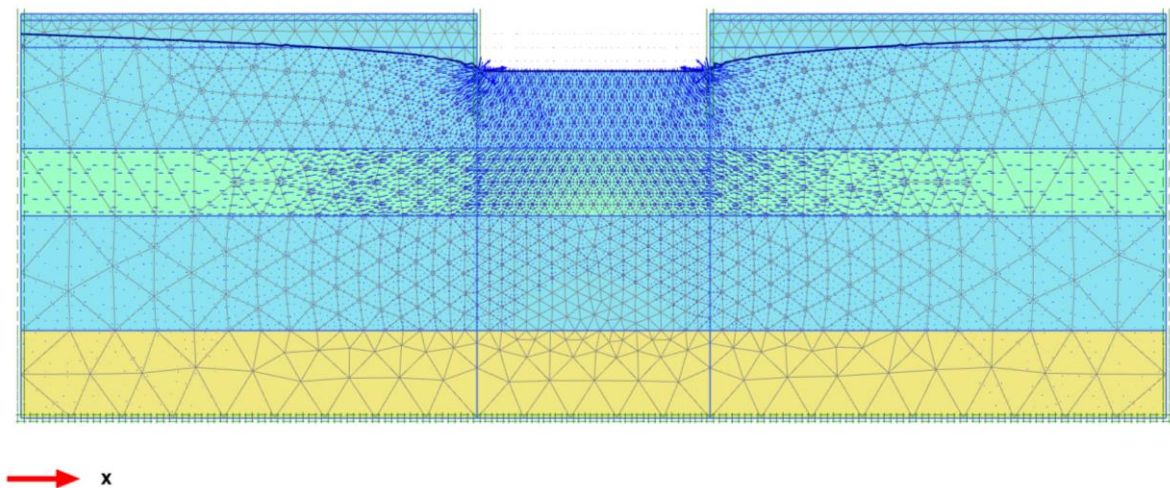
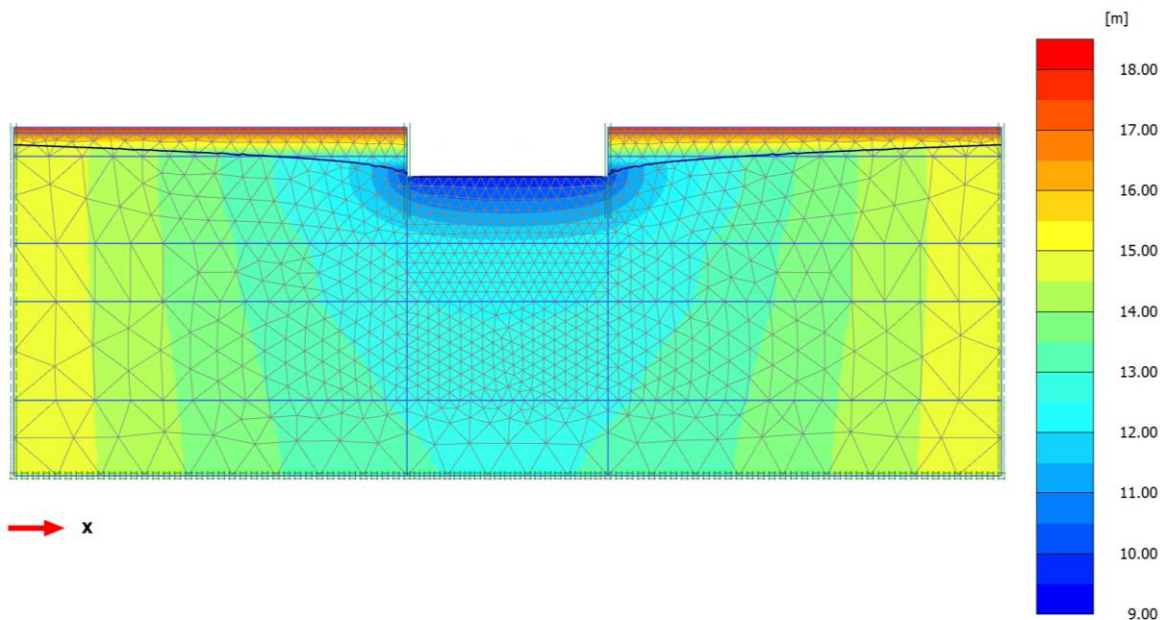


Figura 53 – Analisi 2 (k=8E-06 m/s, falda a -3 m da p.c.) – Linee di flusso

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	   								
APPALDATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI				RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	65 di 70

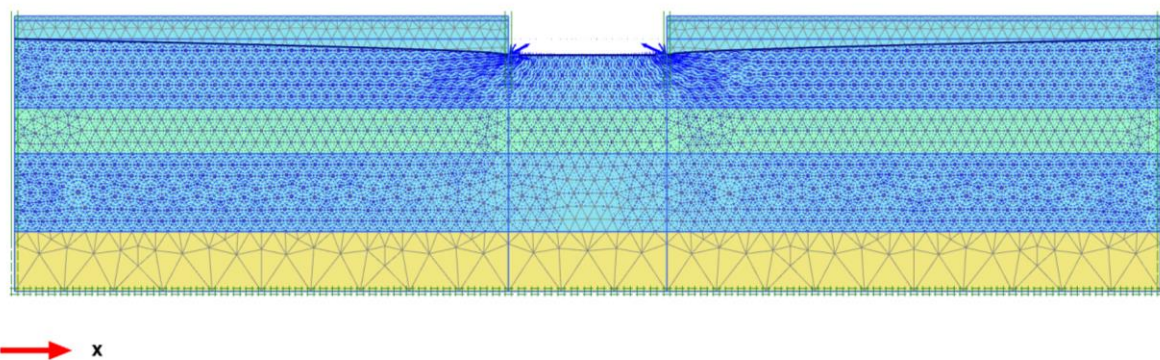


Groundwater head (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 18.00 m (Element 1 at Node 10414)

Minimum value = 9.500 m (Element 921 at Node 18131)

Figura 54 – Analisi 2 (k=8E-06 m/s, falda a -3 m da p.c.) – Carichi idraulici



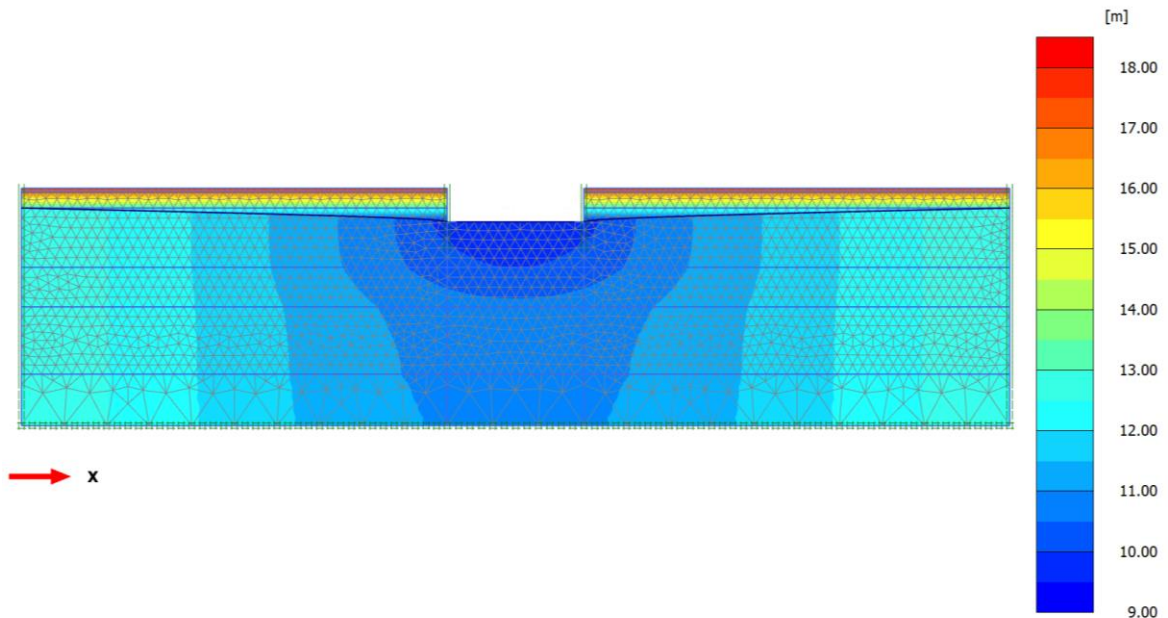
Groundwater flow |q| (scaled up 200*10³ times)

Maximum value = 0.03258*10⁻³ m/s (Element 1886 at Stress point 22621)

Minimum value = 4.556*10⁻¹² m/s (Element 140 at Stress point 1670)

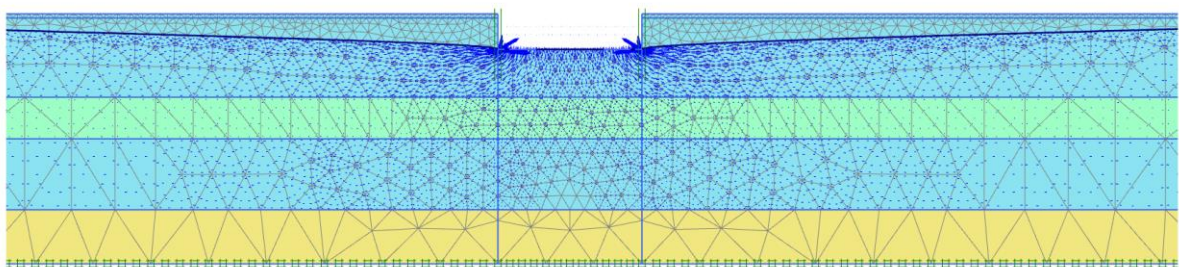
Figura 55 – Analisi 3 (k=1E-04 m/s, falda a -5 m da p.c.) – Linee di flusso

APPALDATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALDATORE: Mandataria: TECH PROJECT	Mandante: Lombardi						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 66 di 70



Groundwater head (scaled up 0.500 times)
 Maximum value = 18.00 m (Element 1 at Node 13)
 Minimum value = 9.500 m (Element 1984 at Node 10515)

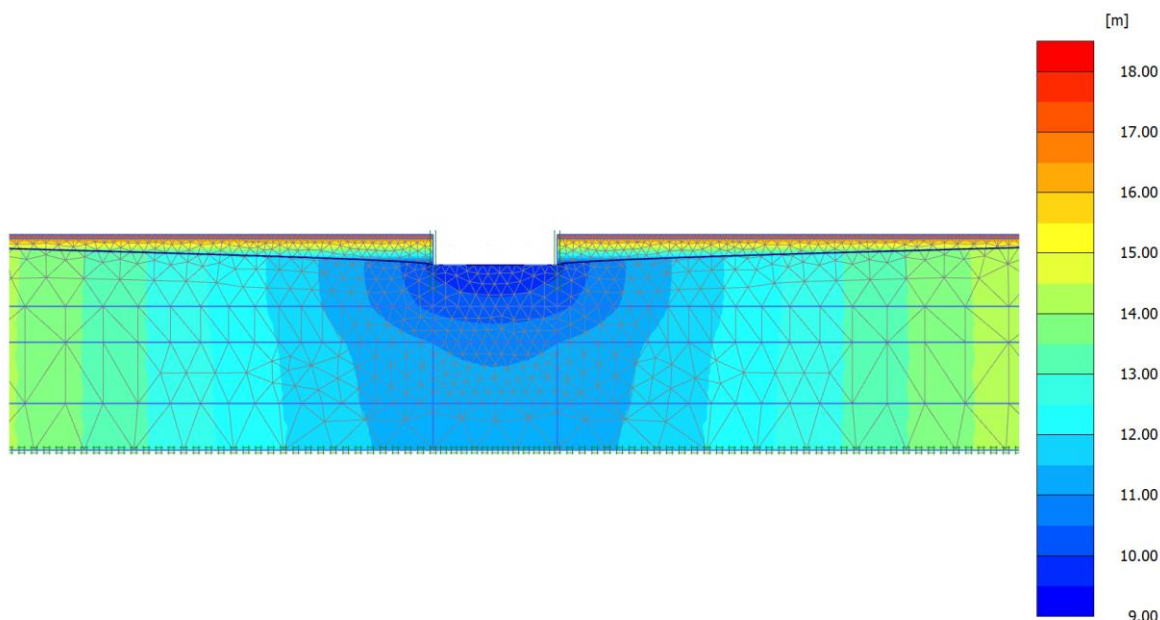
Figura 56 - Analisi 3 (k=1E-04 m/s, falda a -5 m da p.c.) – Carichi idraulici



Groundwater flow |q| (scaled up 200*10³ times)
 Maximum value = 0.04281*10⁻³ m/s (Element 808 at Stress point 9685)
 Minimum value = 8.277*10⁻¹² m/s (Element 454 at Stress point 5439)

Figura 57 - Analisi 4 (k=1E-04 m/s, falda a -3 m da p.c.) – Flussi idrici

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH	Mandante: PROJECT ingegneria integrata Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO ingegneria s.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 67 di 70



Groundwater head (scaled up 0.500 times)
 Maximum value = 18.00 m (Element 1 at Node 2861)
 Minimum value = 9.500 m (Element 1528 at Node 5427)

Figura 58 - Analisi 4 ($k=1E-04$ m/s, falda a -3 m da p.c.) – Carichi idraulici

La tabella seguente riassume i risultati in termini di portate a fondo scavo per i 4 casi oggetto di analisi.

Analisi	k bbc (m/s)	profondità falda (m da p.c.)	Larghezza modello (m)	Portata totale (m^3/s)	Portata totale (l/s)
1	8.00E-06	-5	100	0.005	5.45
2	8.00E-06	-3	165	0.006	5.96
3	1.00E-04	-5	250	0.017	17.13
4	1.00E-04	-3	360	0.021	21.08

Figura 59 – Portata a fondo scavo

Per il calcolo delle portate a fondo scavo, si è considerata una lunghezza della vasca di 112 m.

I risultati mostrano che, nello scenario pessimistico rappresentato dall'analisi 4 (in cui la permeabilità dell'unità bbc è pari a $10E-4$ m/s e il livello di falda è a 3 m dal p.c.), la portata a fondo scavo è dell'ordine di 21 l/s. Tale valore è accettabile e gestibile in cantiere.

Nello scenario di riferimento, rappresentato dall'analisi 1, la portata a fondo scavo è di circa 5 l/s.

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	 							
APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 68 di 70

13.7 Scenario di riferimento – Analisi 1 – Stima dei cedimenti indotti

Come anticipato nel paragrafo §13.5, si è effettuata un'analisi di filtrazione specifica per la stima dei cedimenti indotti.

Al fine di considerare correttamente i cedimenti legati agli spostamenti orizzontali della paratia (calcolati con il codice di calcolo Paratie Plus) e quelli legati alla filtrazione (calcolati con il codice di calcolo Plaxis 2D), si è imposta, nel modello di calcolo della filtrazione, la deformata della paratia calcolata con Paratie Plus.

La Figura 50 mostra gli estratti del modello di calcolo con l'implementazione della deformata nelle varie fasi di calcolo.

Il grafico seguente mostra la deformata calcolata dal codice di calcolo Paratie Plus e la discretizzazione utilizzata in Plaxis 2D per la stima dei cedimenti.

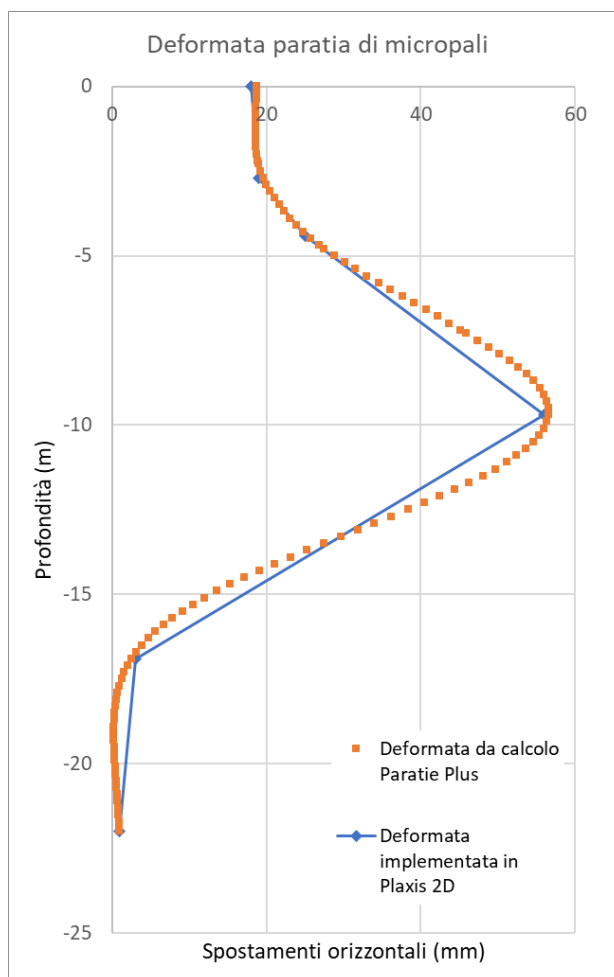


Figura 60 – Deformata della paratia di micropali calcolata con Paratie Plus e implementata nelle analisi di filtrazione Plaxis 2D

In adiacenza alla vasca di laminazione sono presenti il cavalcaferrovia NV12 e la ferrovia esistente. Le

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.51.00.001	REV. B	PAGINA 69 di 70

analisi strutturali condotte con il codice di calcolo Paratie Plus fanno riferimento alla sezione in adiacenza al cavalcaferrovia; questo caso è dimensionante rispetto al lato opposto, dove è presente la ferrovia, in quanto i carichi in superficie sono maggiori e la distanza dalla paratia di micropali è inferiore.

Nello specifico, l'asse stradale è situato a una distanza minima di circa 13.5 m dalla paratia di micropali. La strada è composta da due corsie di 4.5 m ciascuna.

La figura seguente mostra i cedimenti registrati in corrispondenza della strada in questione, estratti dal codice di calcolo Plaxis 2D.

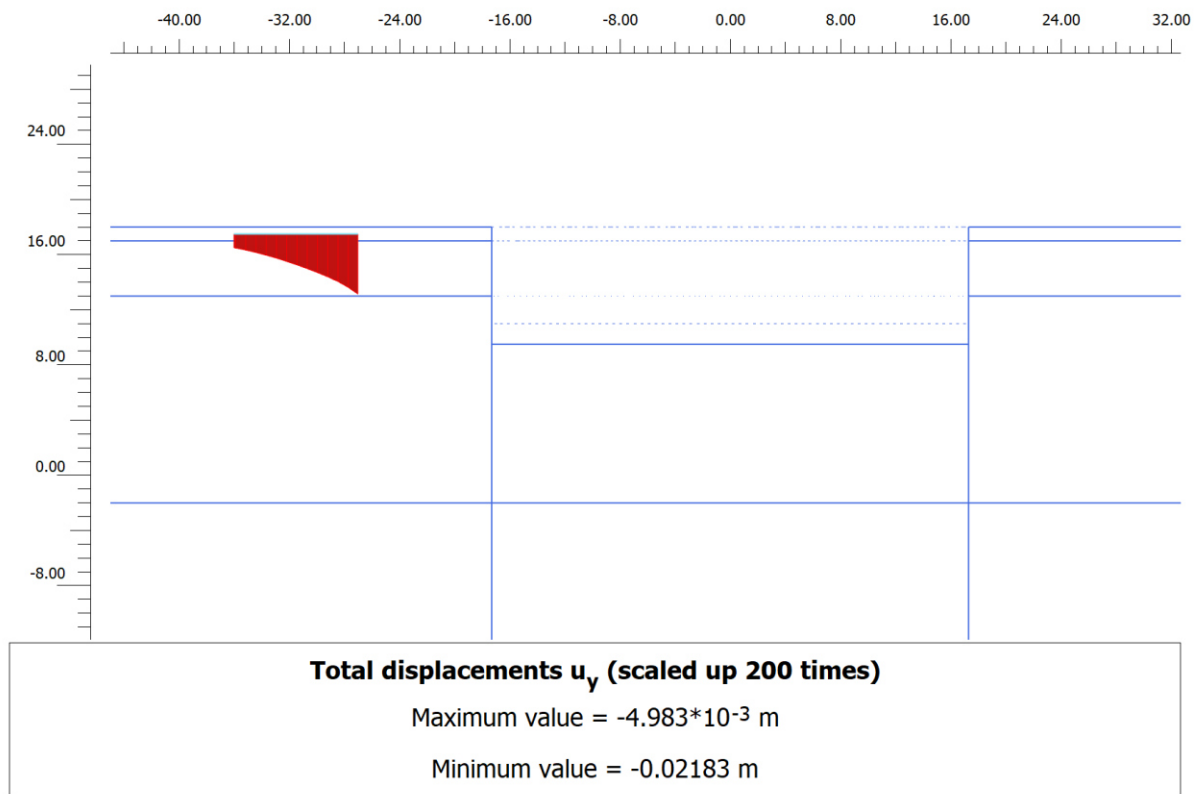


Figura 61 – Cedimenti indotti in corrispondenza della strada

Il cedimento massimo è di 22 mm, mentre i cedimenti differenziali sono circa pari al 2‰.

Tali cedimenti si ritengono accettabili e compatibili con la funzionalità delle opere adiacenti alla vasca di laminazione in progetto.

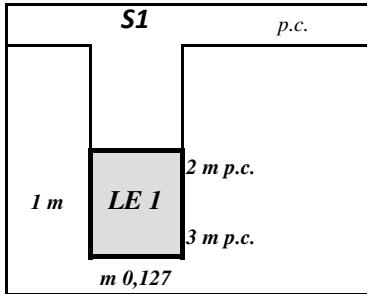
<p>APPALTATORE: Mandatario: Mandante:</p> 	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
<p>APPALTATORE: Mandatario: Mandante:</p> 													
<p>PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.51.00.001</td> <td>B</td> <td>70 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	70 di 70
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.51.00.001	B	70 di 70								

ALLEGATO 1 – PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC

Sondaggio: **S1** Prova: **LE 1** da metri: **2,00** a metri: **3,00**

LAVORO: **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
Ip844



Profondità della falda		m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	3,00	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	2,00	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,25	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	1,50	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	1,50	m dal p.c.
Carico idraulico iniziale	2,00	m

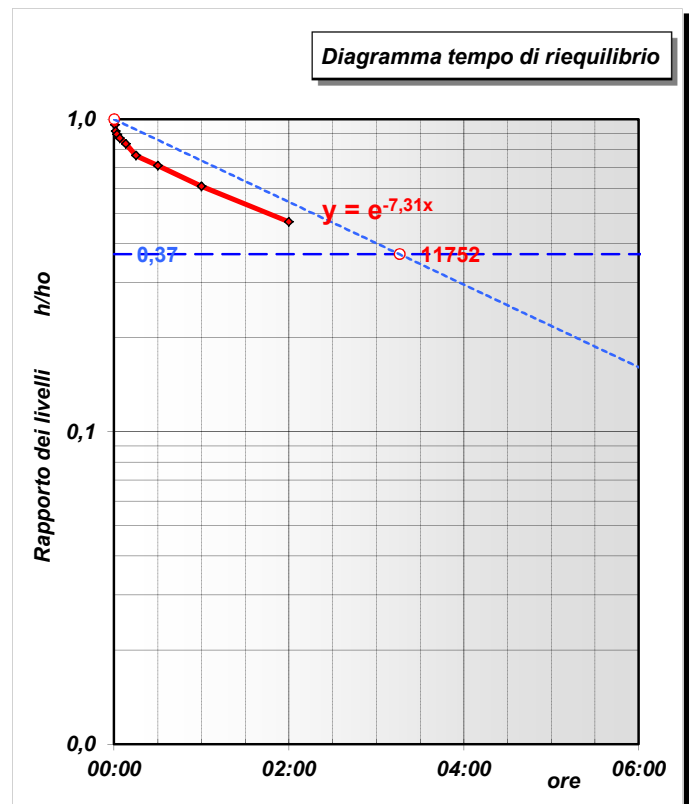
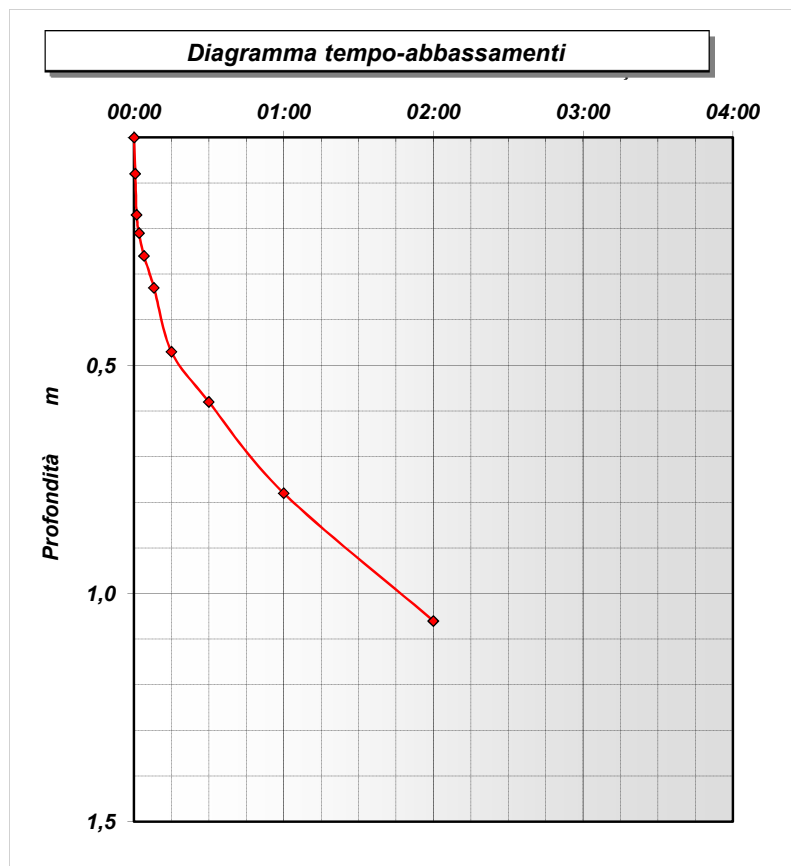
Litologia della tasca filtrante : limo argilloso

TASCA FILTRANTE CILINDRICA IN TERRENO UNIFORME				Coefficiente di forma F	2,28	m		
Diametro	0,127	m	Lunghezza	1,00	m	Area sezione A	0,0127	m ²

Misure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:02:00	00:04:00	00:08:00	00:15:00	00:30:00	01:00:00	02:00:00	04:00:00	06:00:00	08:00:00	12:00:00	23:00:00
Sec	00	30	60	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	21600	28800	43200	82800
Δh cm	0,0	8,0	17,0	21,0	26,0	33,0	47,0	58,0	78,0	106,0					
Δh m	0,000	0,080	0,170	0,210	0,260	0,330	0,470	0,580	0,780	1,060					
h m	2,000	1,920	1,830	1,790	1,740	1,670	1,530	1,420	1,220	0,940					
h/ho	1,000	0,960	0,915	0,895	0,870	0,835	0,765	0,710	0,610	0,470					

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico variabile, in regime di saturazione del terreno

Tempo di riequilibrio Tr 11752 sec



Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = A / [F \times Tr]$$

$K_h = 4,74 \text{ E-}05 \text{ cm/s}$

Prova di permeabilità Lefranc

Metodo a carico costante

Sondaggio: S1

Prova : LE 2

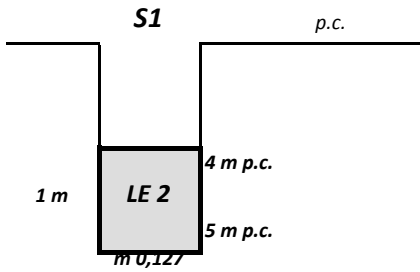
da metri: 4,00

a metri : 5,00

5,00

LAVORO : Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova

Commessa N.:
IP844



Profondità della falda	m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	5,00 m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	4,00 m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127 mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,25 m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	3,50 m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	3,50 m dal p.c.

Litologia della tasca filtrante :

sabbia limosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA

Diametro	Lunghezza	Area sezione	Area filtrante	Coefficiente di forma F
m 0,127	m 1,00	m ² 0,0127	m ² 0,399	2,26

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico costante in regime di saturazione del terreno

Carico idraulico iniziale

hw₀ 0,00 m

Variazione del carico idraulico

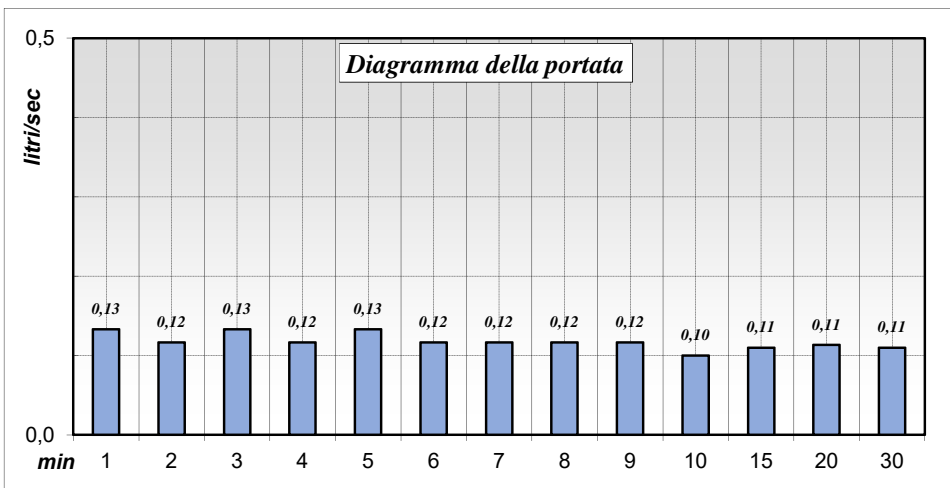
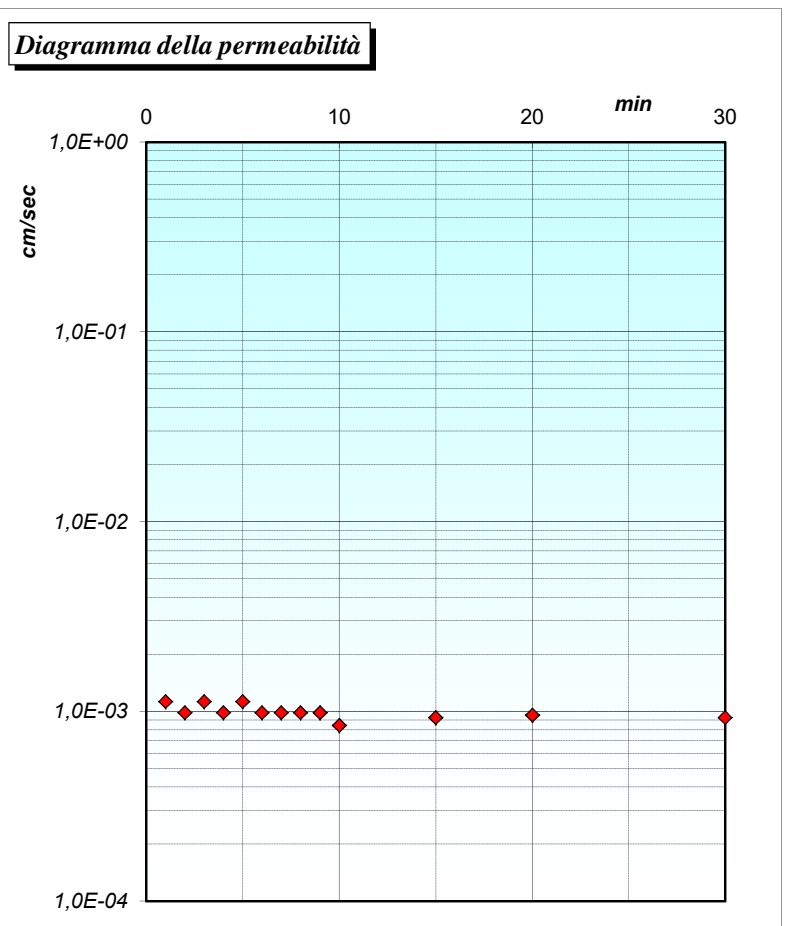
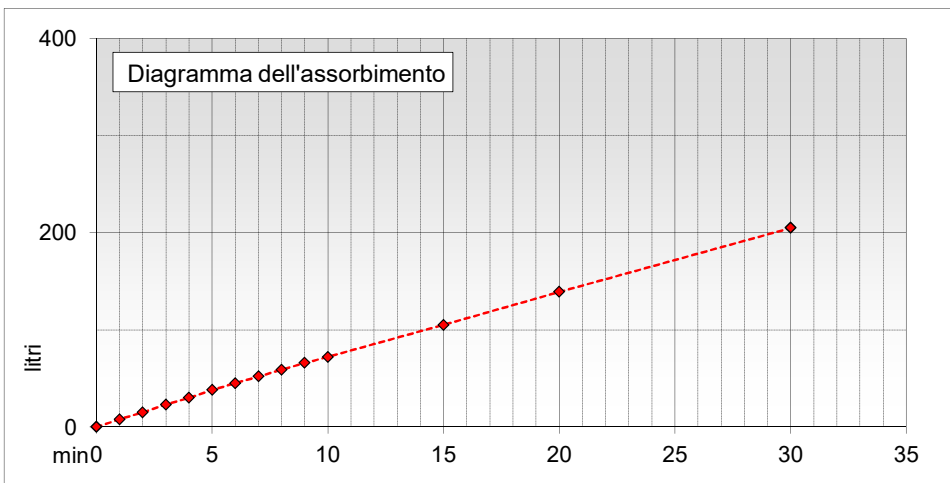
Dhw 5,25 m

Misura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30
Assorb. litri	0	8	15	23	30	38	45	52	59	66	72	105	139	205
litri/min	0	8,0	7,0	8,0	7,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,6	6,8	6,6
Portata l/s	0	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	0,11	0,11	0,11
mc/sec	0	1,3E-04	1,2E-04	1,3E-04	1,2E-04	1,3E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,0E-04	1,1E-04	1,1E-04	1,1E-04
mc/h	0	0,480	0,420	0,480	0,420	0,480	0,420	0,420	0,420	0,420	0,360	0,396	0,408	0,396

Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = Q / [\Delta hw \times F]$$

Permeabilità	m/sec	1,1E-05	9,8E-06	1,1E-05	9,8E-06	1,1E-05	9,8E-06	9,8E-06	9,8E-06	9,8E-06	9,8E-06	8,4E-06	9,3E-06	9,5E-06	9,3E-06
	cm/sec	1,1E-03	9,8E-04	1,1E-03	9,8E-04	1,1E-03	9,8E-04	9,8E-04	9,8E-04	9,8E-04	9,8E-04	8,4E-04	9,3E-04	9,5E-04	9,3E-04

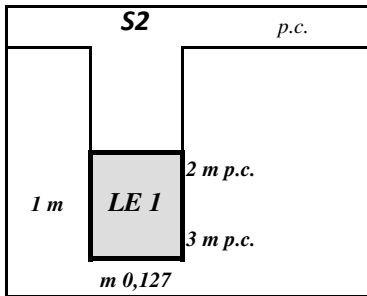


$K_{h \text{ med}} = 9,7 \text{ E-}04 \text{ cm/s}$

Sondaggio: **S2** Prova: **LE 1** da metri: **2,00** a metri: **3,00**

LAVORO: **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
Ip844



Profondità della falda		m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	3,00	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	2,00	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,32	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	1,50	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	1,50	m dal p.c.
Carico idraulico iniziale	2,00	m

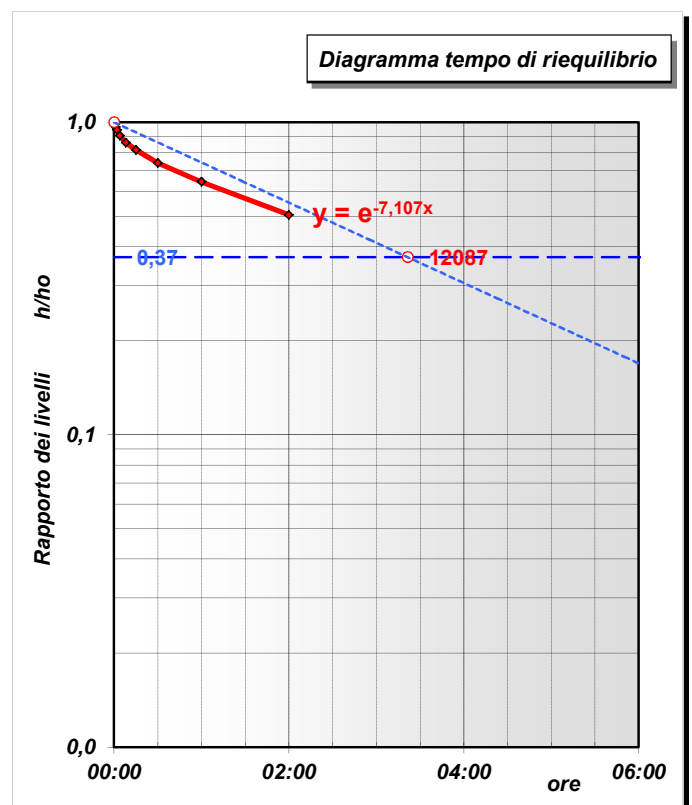
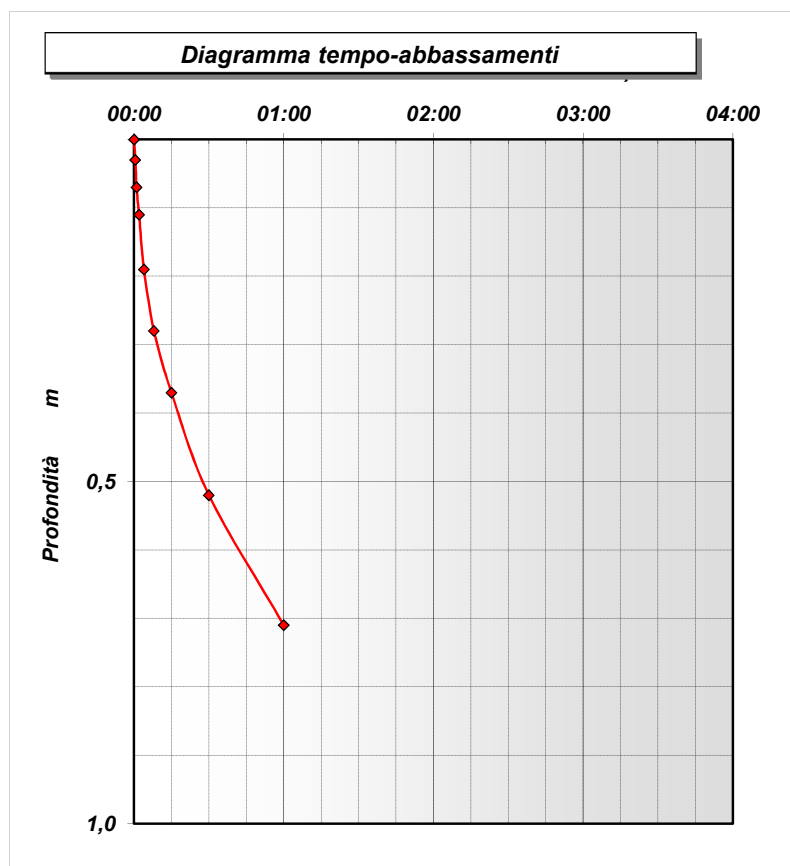
Litologia della tasca filtrante : argilla e limo

TASCA FILTRANTE CILINDRICA IN TERRENO UNIFORME				Coefficiente di forma F	2,28	m		
Diametro	0,127	m	Lunghezza	1,00	m	Area sezione A	0,0127	m ²

Misure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:02:00	00:04:00	00:08:00	00:15:00	00:30:00	01:00:00	02:00:00	04:00:00	06:00:00	08:00:00	12:00:00	23:00:00
Sec	00	30	60	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	21600	28800	43200	82800
Δh cm	0,0	3,0	7,0	11,0	19,0	28,0	37,0	52,0	71,0	99,0					
Δh m	0,000	0,030	0,070	0,110	0,190	0,280	0,370	0,520	0,710	0,990					
h m	2,000	1,970	1,930	1,890	1,810	1,720	1,630	1,480	1,290	1,010					
h/ho	1,000	0,985	0,965	0,945	0,905	0,860	0,815	0,740	0,645	0,505					

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico variabile, in regime di saturazione del terreno

Tempo di riequilibrio Tr **12087** sec



Coefficiente di permeabilità orizzontale

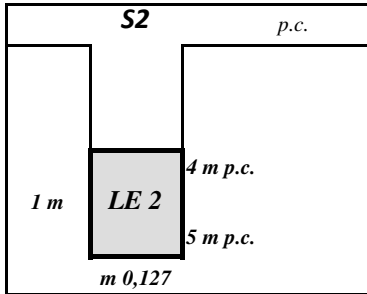
$$K_h = A / [F \times Tr]$$

$K_h = 4,60 \text{ E-}05$ cm/s

Sondaggio: **S2** Prova: **LE 2** da metri: **4,00** a metri: **5,00**

LAVORO: **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
Ip844



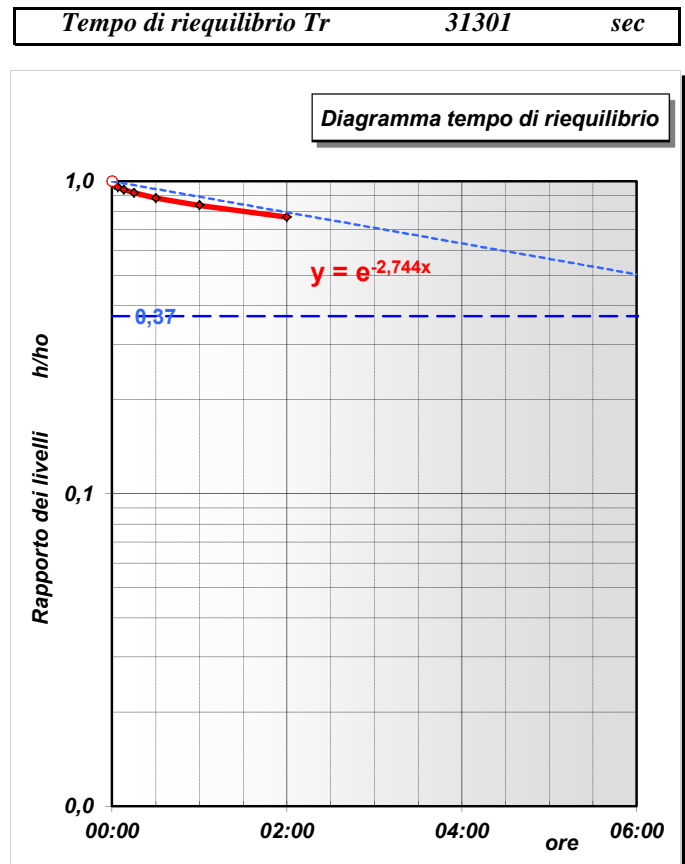
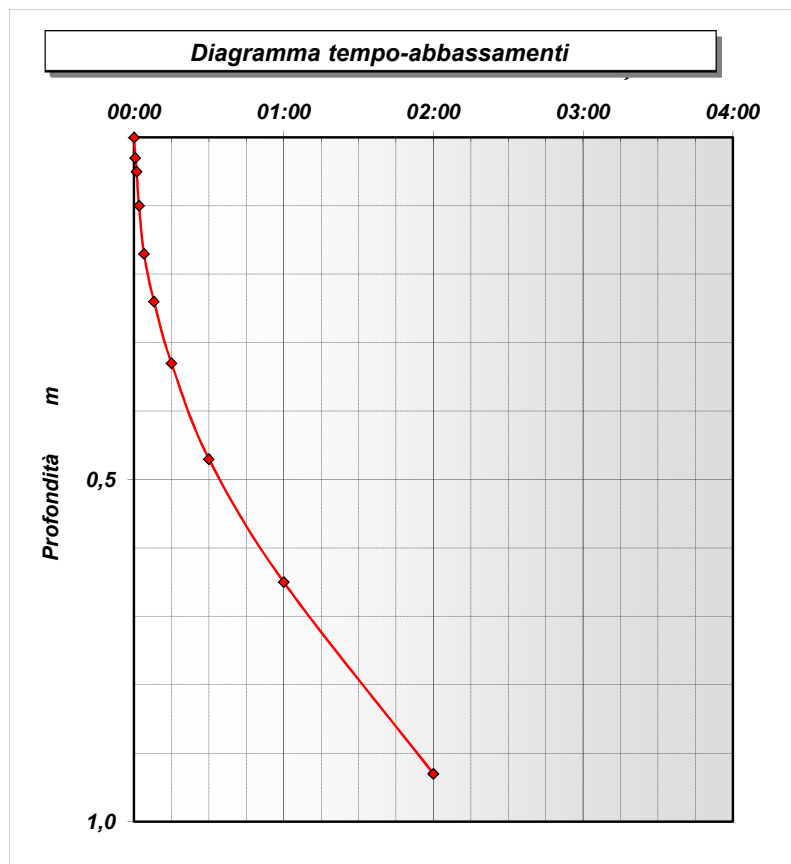
Profondità della falda		m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	5,00	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	4,00	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,32	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	3,50	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	3,50	m dal p.c.
Carico idraulico iniziale	4,00	m

Litologia della tasca filtrante : argilla debolmente limosa e debolmente sabbiosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA IN TERRENO UNIFORME				Coefficiente di forma F	2,28	m		
Diametro	0,127	m	Lunghezza	1,00	m	Area sezione A	0,0127	m ²

Misure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:02:00	00:04:00	00:08:00	00:15:00	00:30:00	01:00:00	02:00:00	04:00:00	06:00:00	08:00:00	12:00:00	23:00:00
Sec	00	30	60	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	21600	28800	43200	82800
Δh cm	0,0	3,0	5,0	10,0	17,0	24,0	33,0	47,0	65,0	93,0					
Δh m	0,000	0,030	0,050	0,100	0,170	0,240	0,330	0,470	0,650	0,930					
h m	4,000	3,970	3,950	3,900	3,830	3,760	3,670	3,530	3,350	3,070					
h/ho	1,000	0,993	0,988	0,975	0,958	0,940	0,918	0,883	0,838	0,768					

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico variabile, in regime di saturazione del terreno



Coefficiente di permeabilità orizzontale

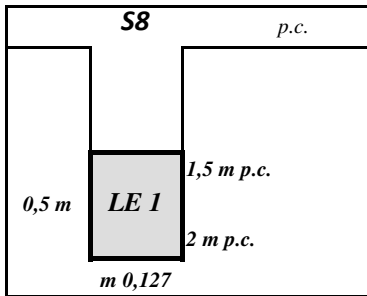
$$K_h = A / [F \times Tr]$$

$K_h = 1,78 \text{ E-}05$ cm/s

Sondaggio: **S8** Prova: **LE 1** da metri: **1,50** a metri: **2,00**

LAVORO: **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
Ip844



Profondità della falda		2,00	m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova		1,50	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova		0,50	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento		127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra		0,00	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova		1,00	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova		1,00	m dal p.c.
Carico idraulico iniziale		1,50	m

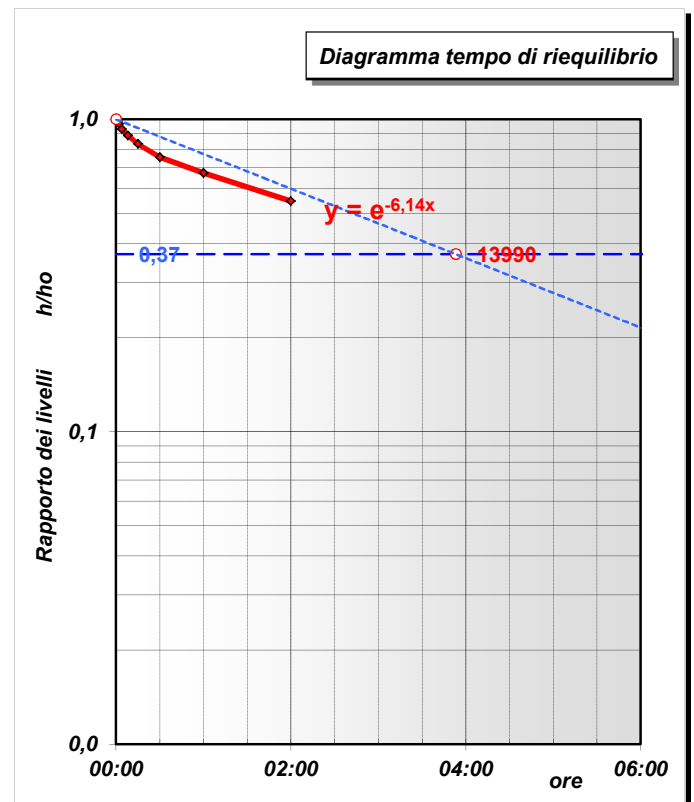
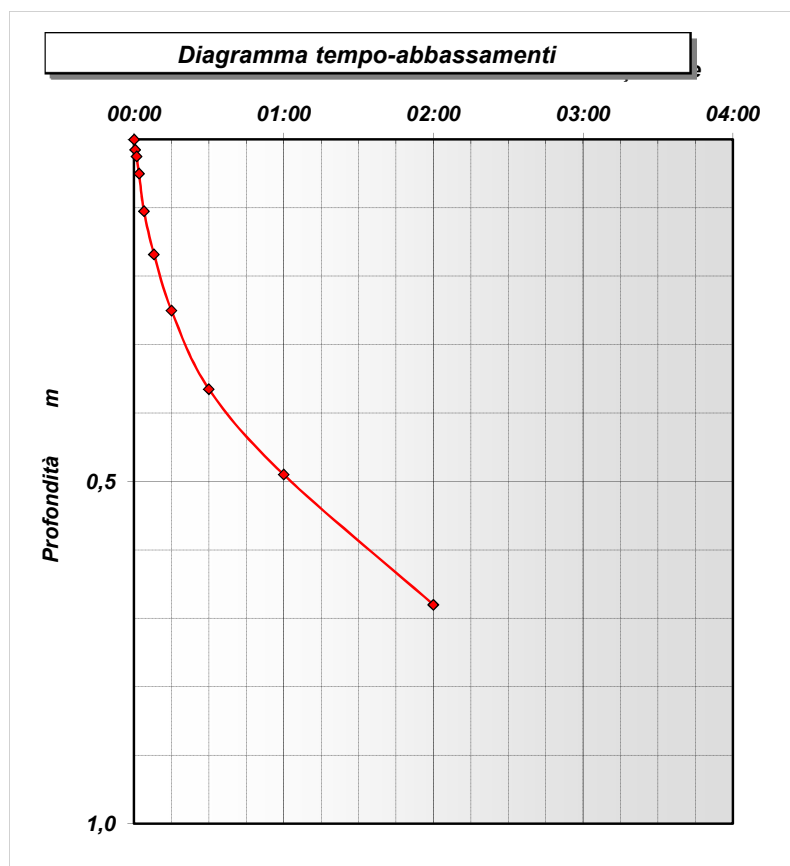
Litologia della tasca filtrante : argilla limosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA IN TERRENO UNIFORME				Coefficiente di forma F	1,51	m		
Diametro	0,127	m	Lunghezza	0,50	m	Area sezione A	0,0127	m²

Misure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:02:00	00:04:00	00:08:00	00:15:00	00:30:00	01:00:00	02:00:00	04:00:00	06:00:00	08:00:00	12:00:00	23:00:00
Sec	00	30	60	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	21600	28800	43200	82800
Δh cm	0,0	1,5	2,5	5,0	10,5	16,8	25,0	36,5	49,0	68,0					
Δh m	0,000	0,015	0,025	0,050	0,105	0,168	0,250	0,365	0,490	0,680					
h m	1,500	1,485	1,475	1,450	1,395	1,332	1,250	1,135	1,010	0,820					
h/ho	1,000	0,990	0,983	0,967	0,930	0,888	0,833	0,757	0,673	0,547					

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico variabile, in regime di saturazione del terreno

Tempo di riequilibrio **Tr** **13990** **sec**



Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = A / [F \times Tr]$$

$K_h =$ **5,99 E-05** **cm/s**

Prova di permeabilità Lefranc

Metodo a carico costante

Sondaggio: **S8**

Prova : **LE 2**

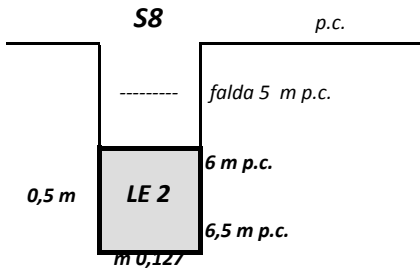
da metri: **6,00**

a metri : **6,50**

6,50

LAVORO : **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
IP844



Profondità della falda

5,00 m dal p.c.

Profondità del foro nella fase di prova

6,50 m dal p.c.

Profondità del rivestimento nella fase di prova

6,00 m dal p.c.

Diametro della tubazione di rivestimento

127 mm

Altezza del tubo di rivestimento fuori terra

0,00 m dal p.c.

Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova

5,50 m dal p.c.

Verifica profondità del ghiaio a fine prova

5,50 m dal p.c.

Litologia della tasca filtrante :

argilla sabbiosa-limosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA

Diametro	Lunghezza	Area sezione	Area filtrante	Coefficiente di forma F
m 0,127	m 0,50	m ² 0,0127	m ² 0,199	1,48

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico costante in regime di saturazione del terreno

Carico idraulico iniziale

hw_0

1,50

m

Variazione del carico idraulico

Dhw

5,00

m

Misura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30
Assorb. litri	0	26	52	78	105	131	156	181	207	233	259	388	515	770
litri/min	0	26,0	26,0	26,0	27,0	26,0	25,0	25,0	26,0	26,0	26,0	25,8	25,4	25,5
Portata l/s	0	0,43	0,43	0,43	0,45	0,43	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,43
mc/sec	0	4,3E-04	4,3E-04	4,3E-04	4,5E-04	4,3E-04	4,2E-04	4,2E-04	4,3E-04	4,3E-04	4,3E-04	4,3E-04	4,2E-04	4,3E-04
mc/h	0	1,560	1,560	1,560	1,620	1,560	1,500	1,500	1,560	1,560	1,560	1,548	1,524	1,530

Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = Q / [\Delta hw \times F]$$

Permeabilità	m/sec	5,8E-05	5,8E-05	5,8E-05	6,1E-05	5,8E-05	5,6E-05	5,6E-05	5,8E-05	5,8E-05	5,8E-05	5,8E-05	5,8E-05	5,7E-05	5,7E-05
	cm/sec	5,8E-03	5,8E-03	5,8E-03	6,1E-03	5,8E-03	5,6E-03	5,6E-03	5,8E-03	5,8E-03	5,8E-03	5,8E-03	5,8E-03	5,7E-03	5,7E-03

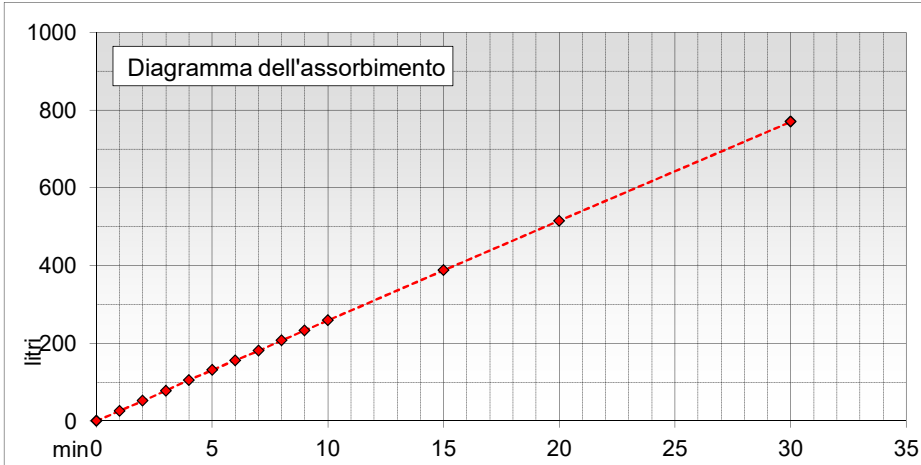
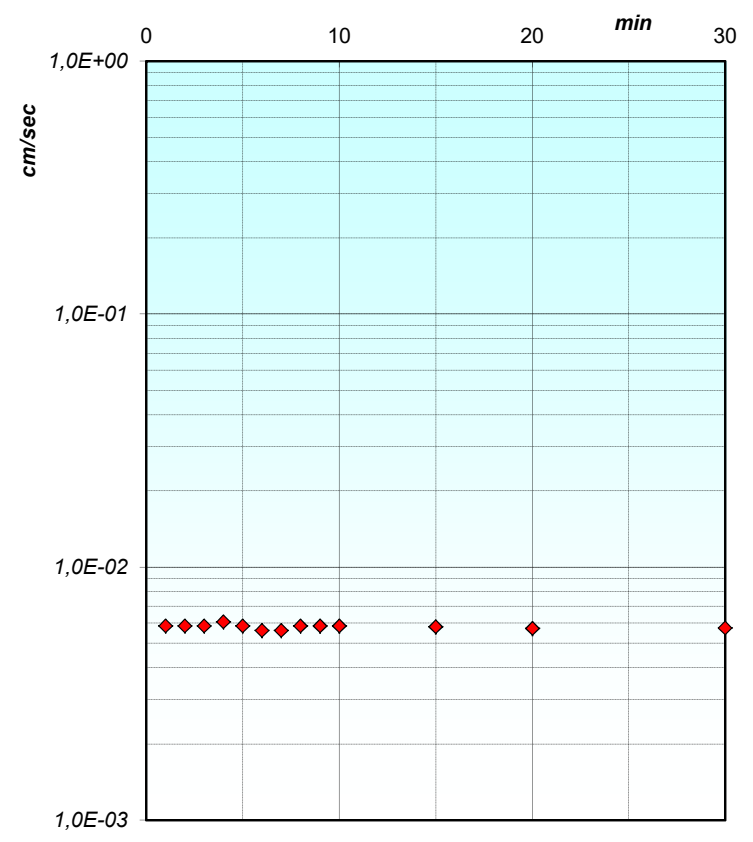
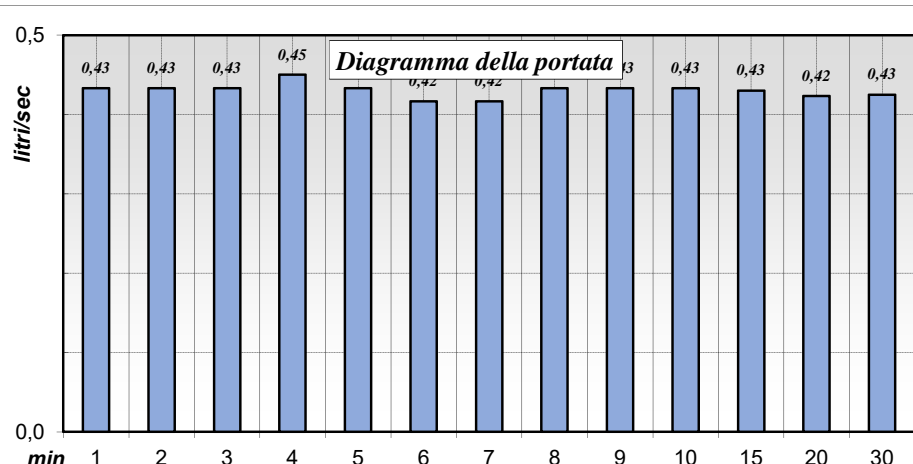


Diagramma della permeabilità



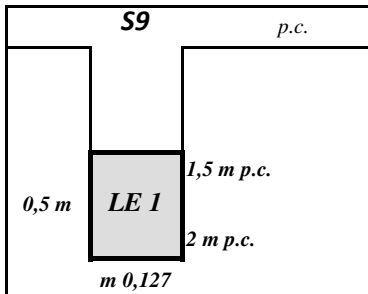
$K_{h \text{ med}} = 5,8 \text{ E-}03 \text{ cm/s}$



Sondaggio: **S9** Prova: **LE 1** da metri: **1,50** a metri: **2,00**

LAVORO: **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
Ip844



Profondità della falda		m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	2,00	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	1,50	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,00	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	1,00	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	1,00	m dal p.c.
Carico idraulico iniziale	1,50	m

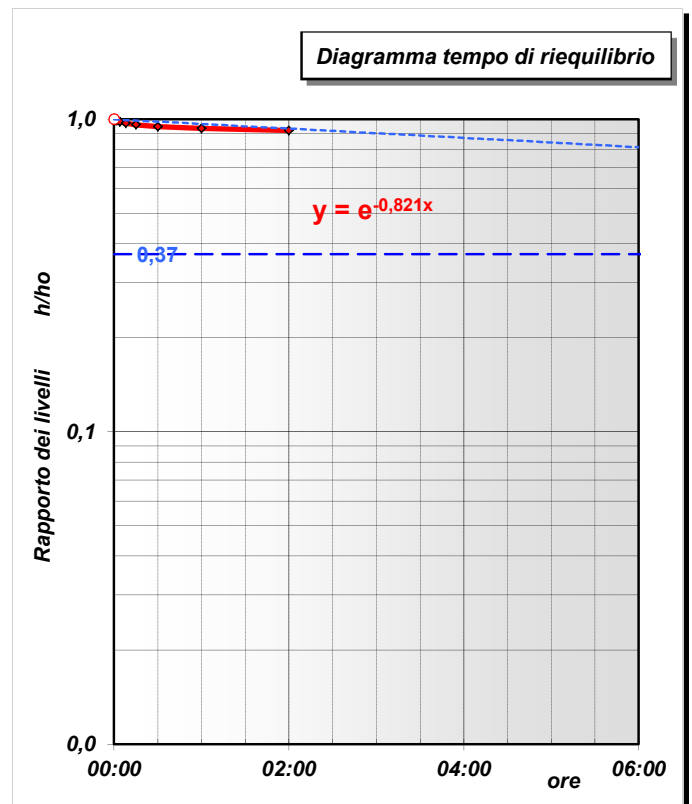
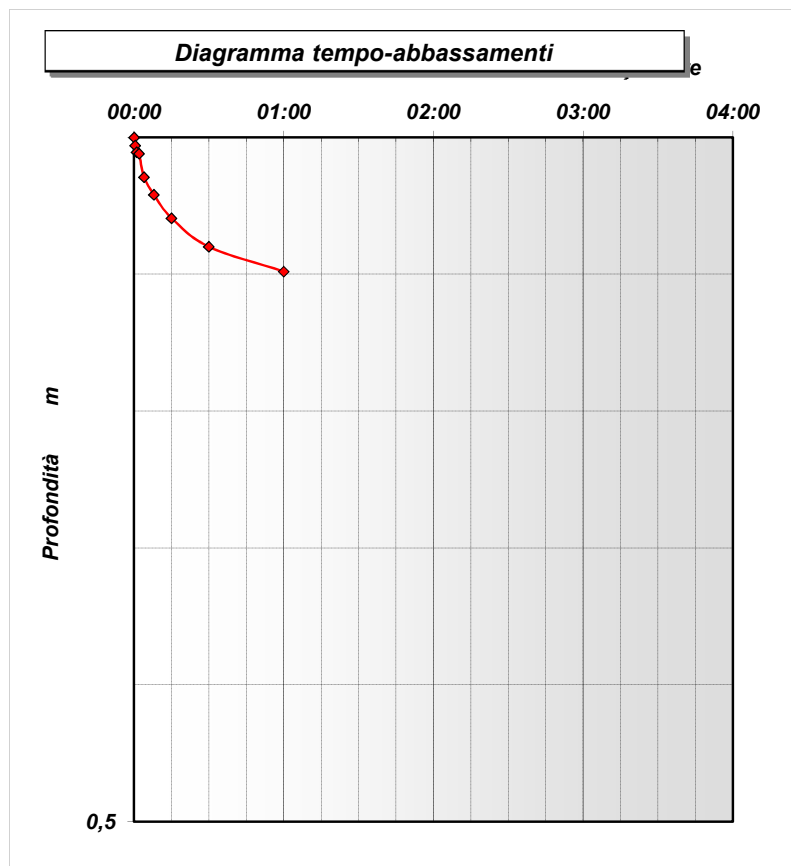
Litologia della tasca filtrante : argilla debolmente limoso-sabbiosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA IN TERRENO UNIFORME				Coefficiente di forma F	1,51	m		
Diametro	0,127	m	Lunghezza	0,50	m	Area sezione A	0,0127	m ²

Misure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:02:00	00:04:00	00:08:00	00:15:00	00:30:00	01:00:00	02:00:00	04:00:00	06:00:00	08:00:00	12:00:00	23:00:00
Sec	00	30	60	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	21600	28800	43200	82800
Δh cm	0,0	0,6	1,1	1,2	2,9	4,2	5,9	8,0	9,8	12,0					
Δh m	0,000	0,006	0,011	0,012	0,029	0,042	0,059	0,080	0,098	0,120					
h m	1,500	1,494	1,489	1,488	1,471	1,458	1,441	1,420	1,402	1,380					
h/ho	1,000	0,996	0,993	0,992	0,981	0,972	0,961	0,947	0,935	0,920					

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico variabile, in regime di saturazione del terreno

Tempo di riequilibrio Tr **104683** sec



Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = A / [F \times Tr]$$

$K_h = 8,01 \text{ E-}06$ cm/s

Prova di permeabilità Lefranc

Metodo a carico costante

Sondaggio: S9

Prova : LE 2

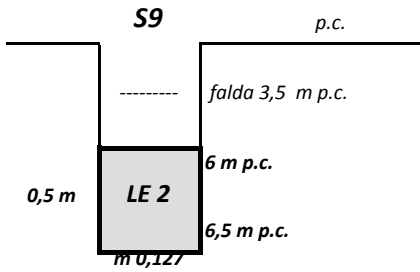
da metri: 6,00

a metri :

6,50

LAVORO : **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
IP844



Profondità della falda	3,50	m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	6,50	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	6,00	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,00	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	5,50	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	5,50	m dal p.c.

Litologia della tasca filtrante :

limo argilloso-sabbioso

TASCA FILTRANTE CILINDRICA				
Diametro	Lunghezza	Area sezione	Area filtrante	Coefficiente di forma F
m 0,127	m 0,50	m ² 0,0127	m ² 0,199	1,48

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico costante in regime di saturazione del terreno

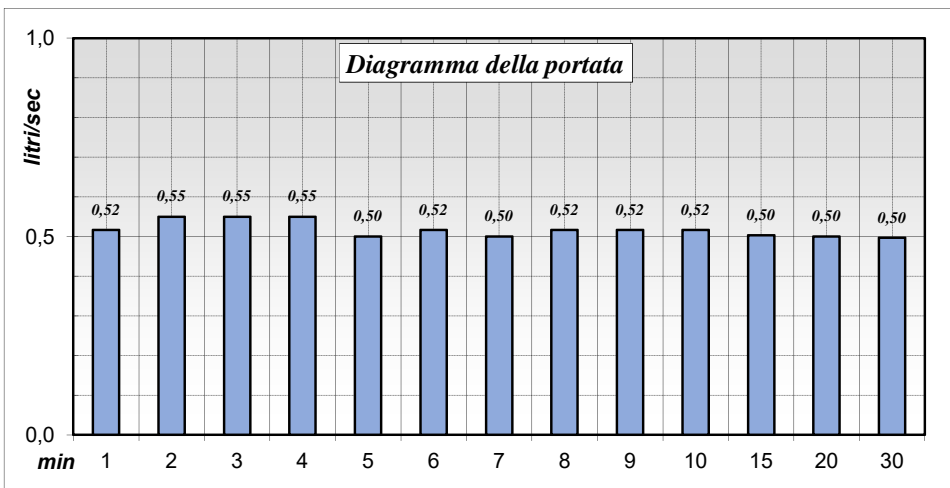
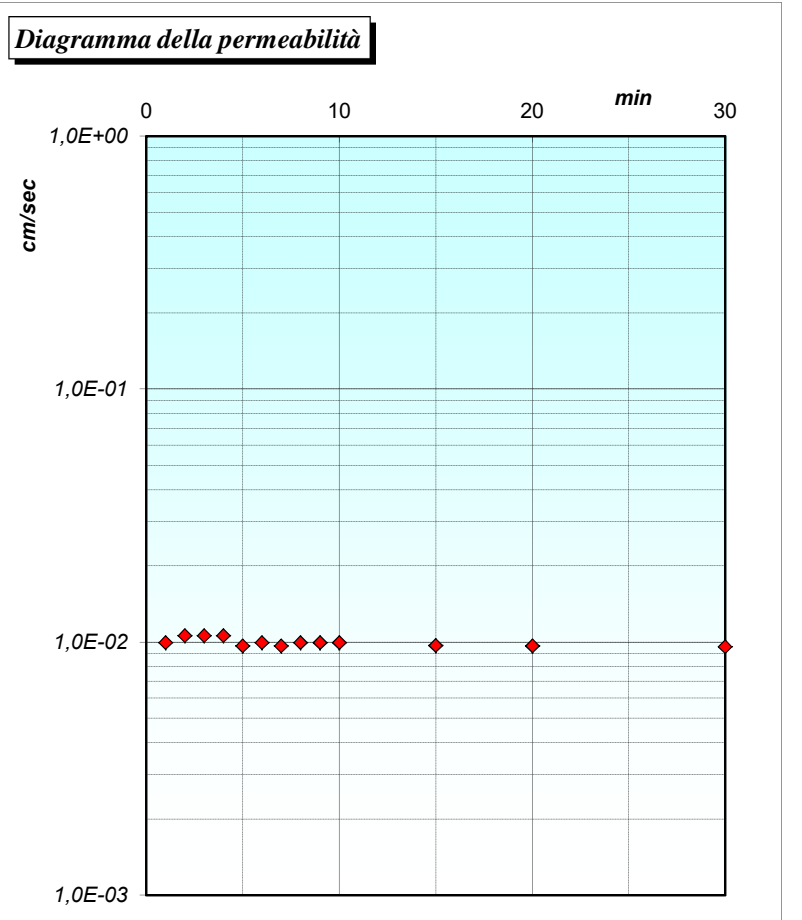
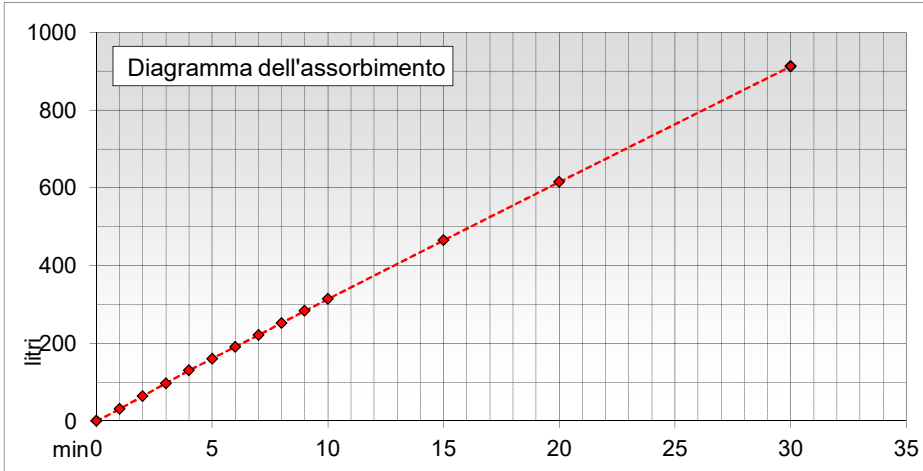
Carico idraulico iniziale	hw_0	3,00	m
Variazione del carico idraulico	Dhw	3,50	m

Misura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30
Assorb. litri	0	31	64	97	130	160	191	221	252	283	314	465	615	913
litri/min	0	31,0	33,0	33,0	33,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	31,0	30,2	30,0	29,8
Portata l/s	0	0,52	0,55	0,55	0,55	0,50	0,52	0,50	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,50
mc/sec	0	5,2E-04	5,5E-04	5,5E-04	5,5E-04	5,0E-04	5,2E-04	5,0E-04	5,2E-04	5,2E-04	5,2E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
mc/h	0	1,860	1,980	1,980	1,980	1,800	1,860	1,800	1,860	1,860	1,860	1,812	1,800	1,788

Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = Q / [\Delta hw \times F]$$

Permeabilità	m/sec	9,9E-05	1,1E-04	1,1E-04	1,1E-04	9,6E-05	9,9E-05	9,6E-05	9,9E-05	9,9E-05	9,9E-05	9,7E-05	9,6E-05	9,6E-05
	cm/sec	9,9E-03	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	9,6E-03	9,9E-03	9,6E-03	9,9E-03	9,9E-03	9,9E-03	9,7E-03	9,6E-03	9,6E-03

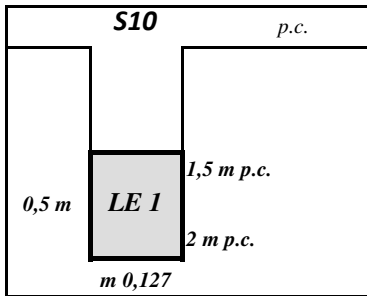


$K_{h \text{ med}} = 9,8 \text{ E-}03 \text{ cm/s}$

Sondaggio: **S10** Prova: **LE 1** da metri: **1,50** a metri: **2,00**

LAVORO: **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
Ip844



Profondità della falda		m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	2,00	m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	1,50	m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127	mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,00	m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	1,00	m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	1,00	m dal p.c.
Carico idraulico iniziale	1,50	m

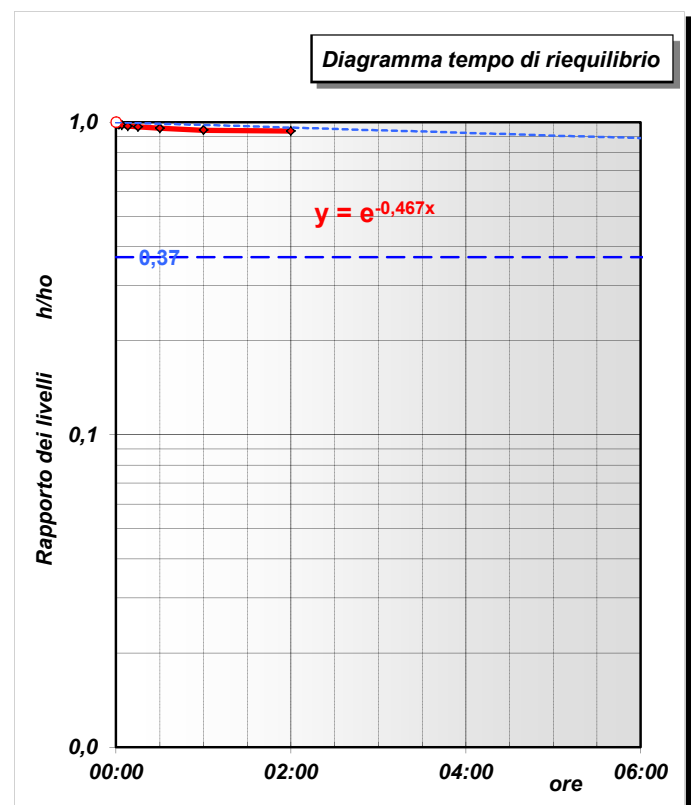
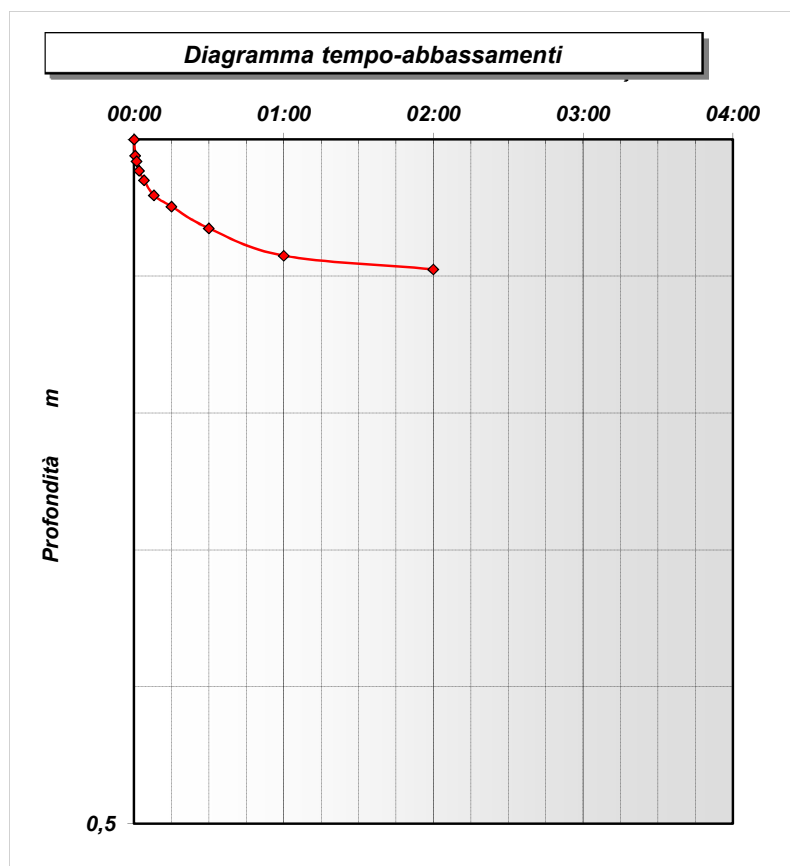
Litologia della tasca filtrante : argilla debolmente limosa-sabbiosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA IN TERRENO UNIFORME				Coefficiente di forma F	1,51	m		
Diametro	0,127	m	Lunghezza	0,50	m	Area sezione A	0,0127	m ²

Misure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:02:00	00:04:00	00:08:00	00:15:00	00:30:00	01:00:00	02:00:00	04:00:00	06:00:00	08:00:00	12:00:00	23:00:00
Sec	00	30	60	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	21600	28800	43200	82800
Δh cm	0,0	1,2	1,6	2,3	3,0	4,1	4,9	6,5	8,5	9,5					
Δh m	0,000	0,012	0,016	0,023	0,030	0,041	0,049	0,065	0,085	0,095					
h m	1,500	1,488	1,484	1,477	1,470	1,459	1,451	1,435	1,415	1,405					
h/ho	1,000	0,992	0,989	0,985	0,980	0,973	0,967	0,957	0,943	0,937					

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico variabile, in regime di saturazione del terreno

Tempo di riequilibrio Tr **183886** sec



Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = A / [F \times Tr]$$

$K_h = 4,56 \text{ E-}06$ cm/s

Prova di permeabilità Lefranc

Metodo a carico costante

Sondaggio: S10

Prova : LE 2

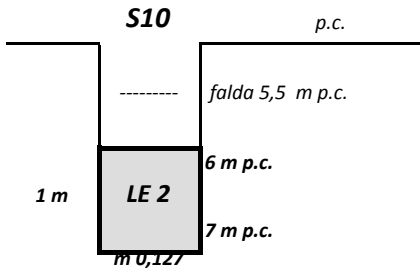
da metri: 6,00

a metri :

7,00

LAVORO : **Direttrice ferroviaria Messina -Catania-Palermo, Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova**

Commessa N.:
IP844



Profondità della falda	5,50 m dal p.c.
Profondità del foro nella fase di prova	7,00 m dal p.c.
Profondità del rivestimento nella fase di prova	6,00 m dal p.c.
Diametro della tubazione di rivestimento	127 mm
Altezza del tubo di rivestimento fuori terra	0,00 m dal p.c.
Profondità del ghiaio di riempimento inizio prova	5,50 m dal p.c.
Verifica profondità del ghiaio a fine prova	5,50 m dal p.c.

Litologia della tasca filtrante :

argilla sabbiosa

TASCA FILTRANTE CILINDRICA

Diametro	Lunghezza	Area sezione	Area filtrante	Coefficiente di forma F
m 0,127	m 1,00	m ² 0,0127	m ² 0,399	2,26

Prova in avanzamento, ad immissione d'acqua, a carico costante in regime di saturazione del terreno

Carico idraulico iniziale

hw₀ 1,50 m

Variazione del carico idraulico

Dhw 5,50 m

Misura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tempo min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30
Assorb. litri	0	26	55	84	111	138	165	193	221	250	277	409	544	819
litri/min	0	26,0	29,0	29,0	27,0	27,0	27,0	28,0	28,0	29,0	27,0	26,4	27,0	27,5
Portata l/s	0	0,43	0,48	0,48	0,45	0,45	0,45	0,47	0,47	0,48	0,45	0,44	0,45	0,46
mc/sec	0	4,3E-04	4,8E-04	4,8E-04	4,5E-04	4,5E-04	4,5E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,8E-04	4,5E-04	4,4E-04	4,5E-04	4,6E-04
mc/h	0	1,560	1,740	1,740	1,620	1,620	1,620	1,680	1,680	1,740	1,620	1,584	1,620	1,650

Coefficiente di permeabilità orizzontale

$$K_h = Q / [\Delta hw \times F]$$

Permeabilità	m/sec	3,5E-05	3,9E-05	3,9E-05	3,6E-05	3,6E-05	3,6E-05	3,7E-05	3,7E-05	3,9E-05	3,6E-05	3,5E-05	3,6E-05	3,7E-05
	cm/sec	3,5E-03	3,9E-03	3,9E-03	3,6E-03	3,6E-03	3,6E-03	3,7E-03	3,7E-03	3,9E-03	3,6E-03	3,5E-03	3,6E-03	3,7E-03

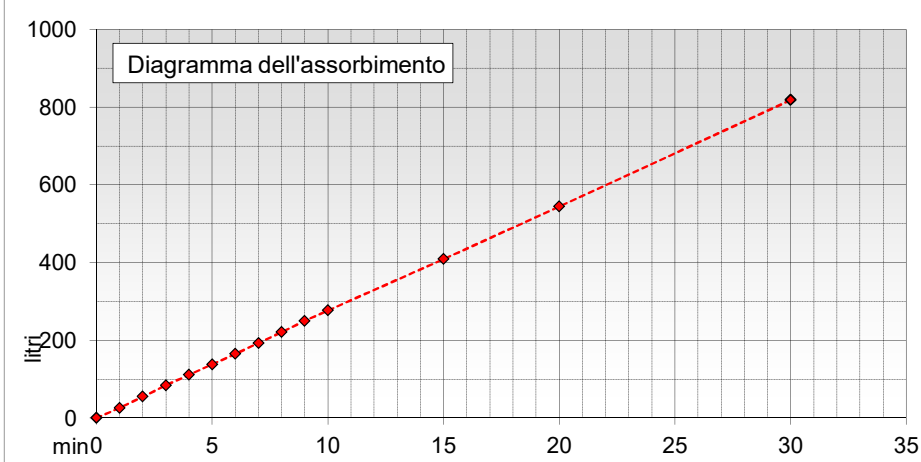
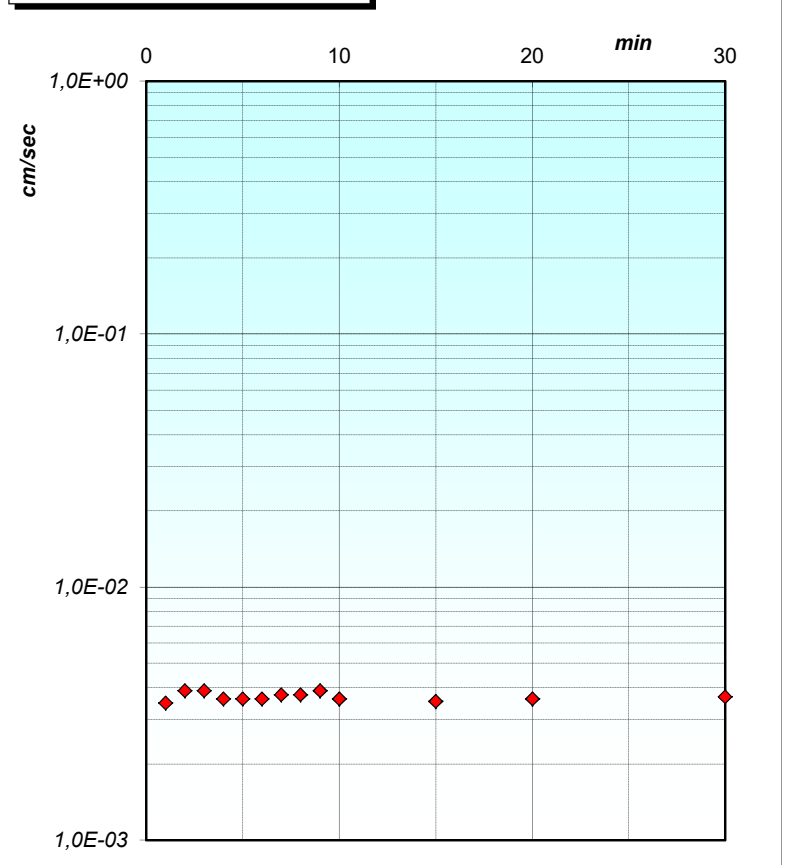


Diagramma della permeabilità



K_{h med} = 3,7 E-03 cm/s

