

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

TOMBINI IDRAULICI

Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL IN0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M.Piscitelli	Dicembre 2019	A.Iorio L.Fagnoli	Dicembre 2019	F. Scorfano	Dicembre 2019	D. Tiberti Dicembre 2019

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Regionale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Paolo Tiberti

File:RS3E50D78CLIN0000001A.doc

n. Elab.: 635

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 102076

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	5
3	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.1	CALCESTRUZZO CALCESTRUZZO PALI, DIAFRAMMI DI FONDAZIONE, CORDOLI OPERE PROVVISORIALI	8
4.2	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO	8
4.3	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C	9
4.4	PROFILATI PALANCOLE E PIASTRE METALLICHE	9
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	10
5.1	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO.....	11
5.2	JET GROUTING	13
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	14
7	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008	15
7.1	METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO	15
7.1	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DI PARATIE.....	18
7.2	CRITERI DI VERIFICA DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO	19
7.1	VERIFICHE PER STATI LIMITE DI SOLLEVAMENTO E SIFONAMENTO	20
7.2	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	21
8	CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI	22
8.1	GENERALITÀ	22
8.2	METODOLOGIA DI CALCOLO	22
9	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI	25
9.1	PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI.....	25
9.2	SPINTE IN FASE STATICA	25
9.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	27

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

10	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE	28
10.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	28
10.1.1	<i>Stabilità Locale dell'opera di sostegno</i>	28
10.1.2	<i>Verifiche a Sollevamento e Sifonamento</i>	29
10.1.1	<i>Tiranti di ancoraggio</i>	31
10.1.2	<i>Stabilità Globale</i>	33
10.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	34
10.2.1	<i>VERIFICHE ALLO SLU</i>	34
10.2.2	<i>VERIFICA SLE</i>	37
10.2.1	<i>Armatura dei tiranti</i>	37
10.2.2	<i>Criteri di verifica travi di contrasto in c.a.</i>	37
11	ANALISI E VERIFICHE PARATIE	38
11.1	MODELLO DI CALCOLO	38
11.2	FASI DI CALCOLO	40
11.3	RISULTATI DELLE ANALISI.....	41
11.3.1	<i>Verifica del complesso opera-terreno</i>	41
11.3.2	<i>Sollecitazioni, Sforzi e Deformazioni</i>	43
11.4	VERIFICA STRUTTURALE PALI.....	46
11.1	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE TIRANTI PALANCOLA LATO DX.....	47
11.1	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE	49
11.2	VERIFICHE A SOLLEVAMENTO E SIFONAMENTO.....	49
11.3	VERIFICA STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO.....	51
12	TABULATI DI CALCOLO	52



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	4 di 116

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di Progetto Definitivo del Raddoppio della tratta Catenanuova – Raddusa Agira, nell'ambito del riassetto del Nuovo Collegamento Palermo – Catania (Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo).

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento geotecnico-strutturale delle paratie provvisionali per la realizzazione dell'interferenza idraulica IN20 previsto lungo l'asse principale di progetto in corrispondenza della pk. 9+150.

I risultati ottenuti possono essere estesi a tutte le paratie della stessa tipologia (tipo 1) destinate, laddove necessario, al sostegno provvisorio degli scavi, realizzati con scarpata 2/3, delle interferenze idrauliche presenti lungo la linea.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

La paratia in esame è costituita da una palancola metallica del tipo PU32 di lunghezza pari a 10 m – 12.0m. La paratia lato Palermo è tirantata da un ordine di tiranti ad interasse di 2.0m. Mentre la paratia lato Catania e quella ortogonale di collegamento tra le due paratie, sono libere e presentano una scarpata con prescavo 2/3. A fondo scavo è presente un tappo di fondo in jet grouting per impedire infiltrazioni d'acqua all'interno dello scavo.

Nel seguito si riportano alcune immagini rappresentative dell'opera in esame rimandando agli elaborati grafici di riferimento per ulteriori approfondimenti.

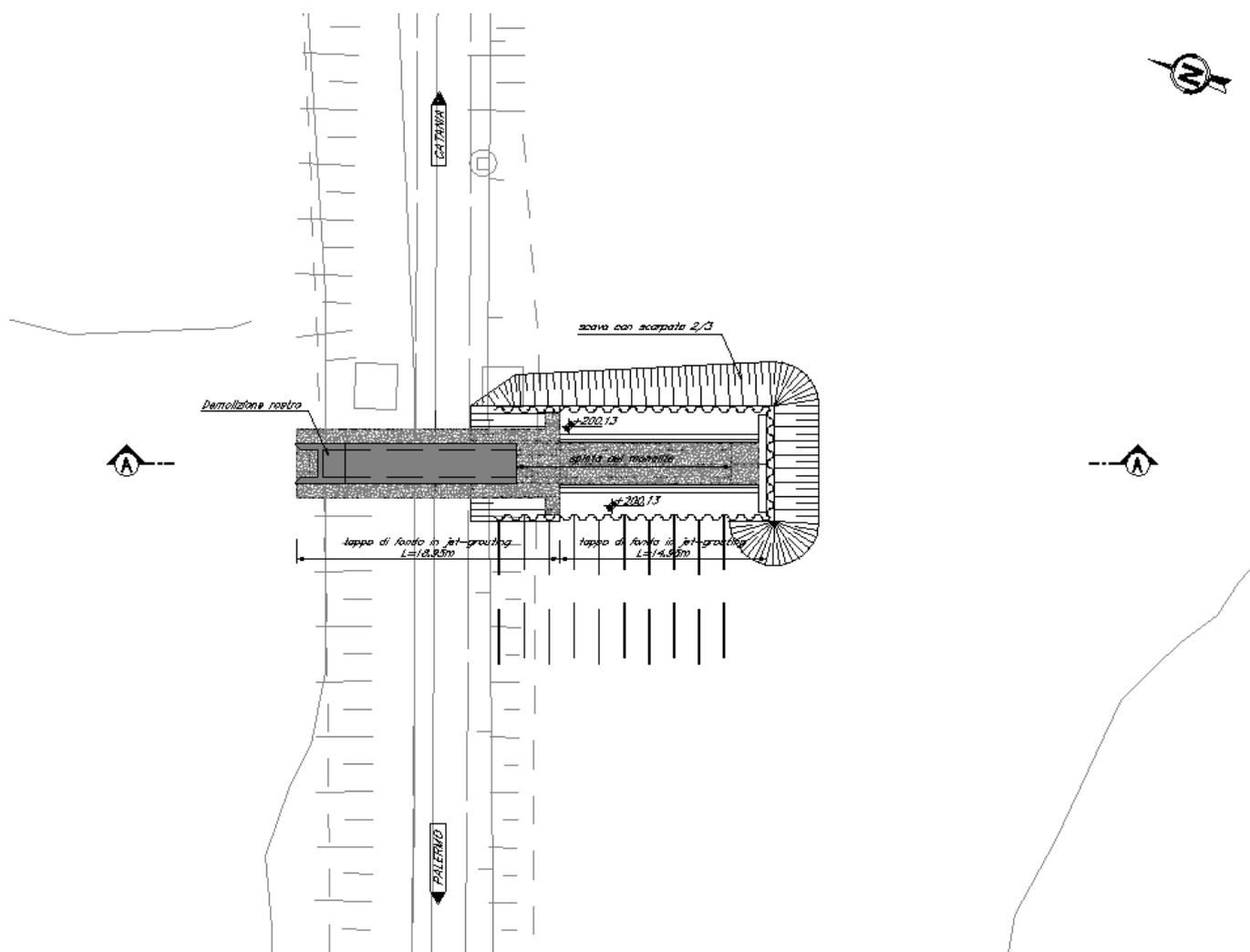


Figura 2 – Inquadramento planimetrico

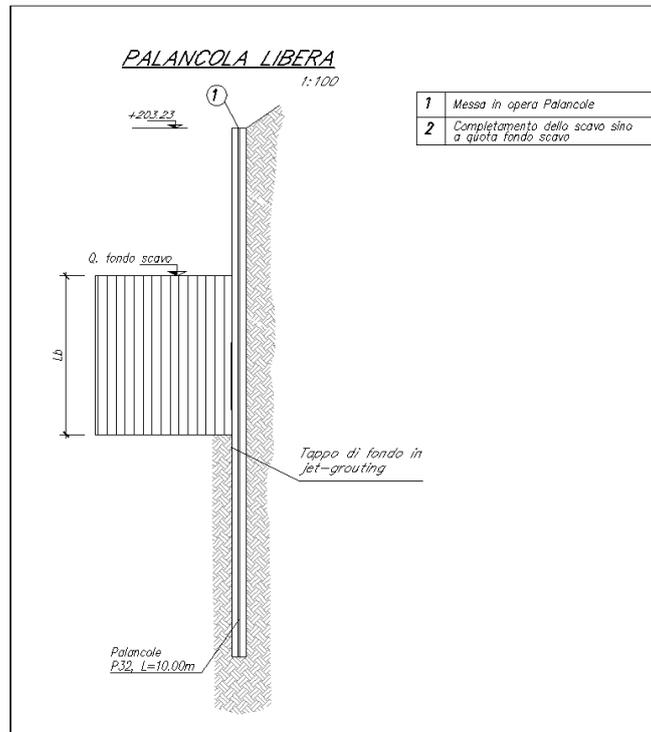


Figura 2 – Sez, trasversale tipo palanca Libera

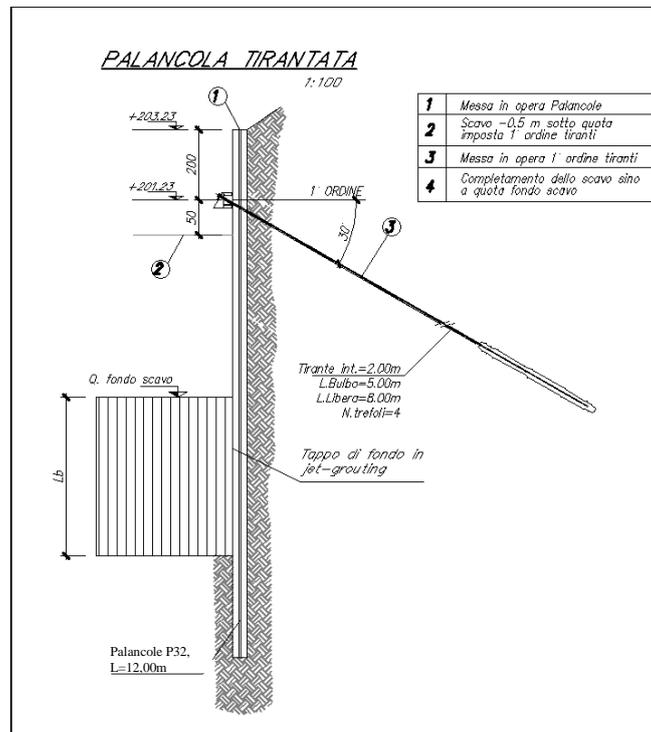


Figura 2 – Sez, trasversale tipo palanca tirantata

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

3 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

4.1 Calcestruzzo Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli opere provvisionali

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione	C25/30	Classe minima di consistenza
XC2	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$	S4 – S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

4.2 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

- Classe di resistenza: C12/15
- classe di esposizione: X0

4.3 Acciaio Per Armature Ordinarie B450C

B450 C (controllato in stabilimento)

f_{yk} = 450 MPa tensione caratteristica di snervamento

f_{yd} = $f_{yk} / 1.15 = 391$ MPa tensione caratteristica di calcolo

E_s = 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA: $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$ MPa

4.4 Profilati palancole e piastre metalliche

- Acciaio tipo: EN 10025-S275 JR
- Tensione di rottura a trazione: $f_{tk} \geq 430$ MPa
- Tensione di snervamento: $f_{yk} \geq 275$ MPa

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadramento Geotecnico dell'area interessata dalla realizzazione delle opere della Stazione di Catenanuova ci si è riferiti a quanto indicato nella seguente documentazione Geotecnica Generale di Progetto:

GEOTECNICA																					
Relazione geotecnica generale	R	S	3	E	5	0	D	7	8	R	H	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

Dall'esame della suddetta documentazione, è stato possibile riscontrare che lungo tutto il tratto interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, si rinvengono nella zona, più superficiale, dei Depositi alluvionali recenti (Unità bb), ed al di sotto di questo tipo di formazioni e fino alle massime profondità di interesse, la formazione di Terravecchia (Unità TRV). I valori medi delle caratteristiche fisico meccaniche definiti per ciascuna Unità in riferimento, a seguito dell'interpretazione delle diverse prove in sito e di laboratorio effettuate nell'ambito delle diverse campagne di indagini geotecniche eseguite a supporto della progettazione, sono quelle di seguito riportate:

Unità bbc – Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argilloso)

$\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-8} \div 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$G_0 = 25 \div 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 70 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità bbi – Depositi alluvionali recenti incoerenti (sabbia, sabbia con ghiaia, sabbia ghiaiosa)

$\gamma_{nat} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 34 \div 39^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 200 \div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_0 = 80 \div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 200 \div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità

Unità TRV/TRVa – Formazione di Terravecchia

$\gamma_{nat} = 19.5 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 74 \div 420 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_0 = 200 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI						
Unità	Descrizione	γ	c'	φ'	E	N _{SPT}
		[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]	
bbc	Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argillosi)	19 - 20	0 - 10	19 - 25	70 - 350	6 -48
bbi	Depositi alluvionali recenti incoerenti (sabbia, sabbia con ghiaia, sabbia ghiaiosa)	19.5 – 20.5	0	34 - 39	200 - 800	17 -57
TRV/TRVa	Formazione di Terravecchia	19.5 - 21	5 - 20	19 - 25	200 - 900	15 - rifiuto

5.1 Modello Geotecnico di progetto

In relazione all'ubicazione dell'opera, e alle quote di approfondimento della testa delle paratie, la stratigrafia assunta in fase di progetto, definita sulla base del profilo geotecnico di progetto è la seguente:

Unità	Z _{top} [m]	Z _{bottom} [m]	Spessore medio strato [m]
bbc	0	-5.0	5
bbi	-5.0	-6.0	1
TRVa	-6.0	max	-

Il livello di falda è rilevato a circa 3m dal piano campagna locale (sondaggio D1). In fase di analisi si assume cautelativamente un livello di falda coincidente con la quota testa paratia lato Catania.

A ciascuna unità sono stati attribuiti dei valori dei parametri fisico – meccanici di calcolo utili ai fini delle analisi da effettuare, tenendo conto di quanto specificato per ciascuna di esse dalla caratterizzazione geotecnica generale già riportata al precedente paragrafo. In particolare si ha:

PARAMETRI ASSUNTI IN PROGETTO						
Unità	γ	c'	φ'	E	E'	E _{ur}
	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
bbc	19.5	5	24	150	50	150
bbi	20	0	36	450	150	240
TRVa	20.5	10	23	600	200	600

Dove E' è il moduli di deformabilità “operativo” da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, assunto pari a 1/3÷1/5 di quello iniziale (E₀).

Essendo inoltre prevista la realizzazione di Tiranti provvisori lungo diversi tratti delle opere di sostegno in progetto, tenendo conto delle caratteristiche dei terreni interagenti con le opere, nonché degli esiti delle indagini effettuate, sono state definiti sulla scorta delle indicazioni di Bustamante e Doix, i seguenti valori di aderenza limite τ_{lim} e di coefficiente di maggiorazione del diametro del bulbo di ancoraggio di progetto α :

Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	12 di 116

Parametri Geotecnici TIRANTI

Tipo terreno	Tipo Iniezione	Curva (Bustamante-Doix)	N _{SPT_PROGETTO}	α	τ_{lim} (KPa)
bbc	IRS	AL.1	15	1,6	180
bbi	IRS	SG.1	30	1,5	200
TRVa	IRS	AL.1	15	1,8	180

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	≥ R1	≥ R2

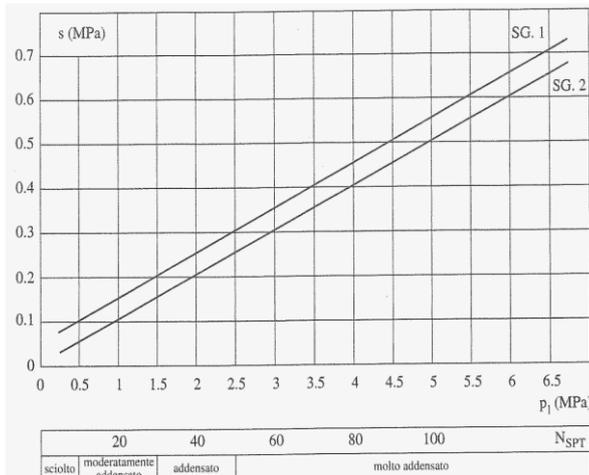


Fig. 13.16. Abaco per il calcolo di s per sabbie e ghiaie

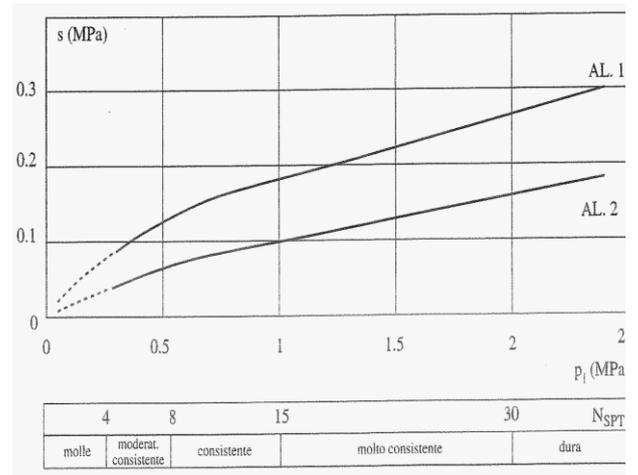


Fig. 13.17. Abaco per il calcolo di s per argille e limi

Abachi per la valutazione dell'aderenza laterale limite (Bustamante-Doix)

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 V _S
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 V _S
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 V _S
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V _S
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V _S
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V _S
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2)V _S ; IGU: 1,5 V _S
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2V _S ; IGU: 1,5V _S
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3)V _S ; IGU: (1,5-2)V _S
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2)V _S per strati compatti
Calcarei marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6)V _S o più per strati fratturati
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1-1,5)V _S per strati poco fratturati 2V _S o più per strati fratturati

Tabella con indicazioni valori coefficiente α (Bustamante-Doix)

5.2 Jet grouting

Per il jet grouting sono state assunte le seguenti caratteristiche:

- $c' = 100$ kPa
- $\varphi' = 34^\circ$
- $E = 162.5$ MPa

L'efficacia del tappo di fondo sarà confermata con specifico campo prove



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	14 di 116

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le opere oggetto dei dimensionamenti esposti nel presente documento, rientrano nell'ambito di opere di tipo "temporaneo e/o provvisorie" con vita utile non superiore a 2 anni, per cui ai sensi del § 2.4.1 del DM 14.01.08, è possibile omettere le relative verifiche in condizioni sismiche.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

7 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione e verifica delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso delle Paratie di Sostegno.

7.1 Metodo agli Stati Limite ed Approcci di Progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 14/01/08, con i criteri del metodo **semiprobabilistico agli stati limite** basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

La normativa distingue inoltre tra *Stati Limite Ultimi* e *Stati Limite di Esercizio*.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite ultimi** di resistenza è stata effettuata con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale: $R_d \geq E_d$. Dove:

R_d è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni,

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{oppure} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$, associati rispettivamente al materiale i -esimo e all'azione j -esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 14.01.08, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (**Approccio 1**) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A	FOGLIO 16 di 116

EQU perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.

STR raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

GEO raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).

HYD erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 14.01.08 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

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

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite di esercizio** viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al § 2.5.3 del DM 14.01.08, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoria tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera. (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc.)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni e alle resistenze Tab 6.2.II e tab. 6.5.I di seguito riportate:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_k per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

7.1 Criteri di Analisi e Verifica di Paratie

Per le paratie, al § 6.5.3.1.2 del DM 14.01.08 viene specificato che si devono considerare almeno i seguenti **Stati Limite Ultimi**, accertando che la condizione $R_d \geq E_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnica (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

Con riferimento infine agli **Stati Limite di Esercizio**, bisogna controllare che gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di eventuali manufatti adiacenti, oltre che verificare, nei riguardi degli aspetti strutturali, la compatibilità degli stati tensionali dei materiali costituenti l'opera.

In aggiunta a quanto sopra, al § C6.5.3.1.2 della Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 viene inoltre specificato quanto segue:

Nelle verifiche nei confronti di stati limite ultimi geotecnici delle paratie, si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno ed eventualmente della struttura e, specificamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia o con parte di essa. Le analisi devono essere condotte con la Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nelle verifiche nei confronti di stati limite per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali l'analisi deve essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1.

In relazione a tali specifiche integrative contenute nella Circolare Applicativa, ciascuno degli Stati Limite di verifica previsti per le Paratie, è stato esaminato riferendosi alla Combinazioni 1 per il caso deli Stati Limite STR ed alla Combinazione 2 per gli Stati Limite (*GEO*) e di tipo idraulico (*UPL e HYD*)

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoria tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

7.2 Criteri di Verifica dei Tiranti di Ancoraggio

Al §6.6.2 del DM 14.01.08 sono fornite specifiche indicazioni per la verifica dei tiranti di ancoraggio.

Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione $R_d \geq E_d$ con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio.

La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I; in aggiunta a quanto già esposto in precedenza nel documento, si riporta nel seguito la Tab 6.6.I, in cui sono definiti i valori dei coefficienti parziali “R3” da applicare alla resistenza, per il caso di ancoraggi temporanei e/o permanenti .

Tabella 6.6.I – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi

	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE
	γ_R	
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1,2

La resistenza geotecnica di progetto del tirante R_{ad} , si ottiene pertanto come segue: $R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$

La resistenza caratteristica, può essere ottenuta a sua volta applicando ai valori medio e minimo delle resistenze $R_{a,c}$ stimati con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno, dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio, attraverso le seguenti espressioni :

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}, \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}. \quad (6.2.13)$$

Tabella 6.6.III: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

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

In definitiva risulta dunque, in generale: $R_d = R_{a,c} / (\xi_{a3}) \times 1 / \gamma_R > E_d$

Avendo fatto riferimento al caso di resistenza geotecnica del bulbo stimata in base ai parametri medi di resistenza dei terreni.

Riguardo infine il dimensionamento strutturale dei tiranti, con riferimento alle sollecitazioni massime ottenute nelle combinazioni STR, dovrà risultare analogamente: $R_{ad}^{STR} = R_k / \gamma_s > P_d$. Dove:

R_k : è la resistenza caratteristica della sezione di acciaio costituente il tirante

γ_s : coefficiente parziale sulla resistenza dell'acciaio costituente i tiranti.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoria tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

7.1 Verifiche per stati limite di Sollevamento e Sifonamento

Il § 6.2.4.2. del DM 14.01.2008 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento. A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la **stabilità al sollevamento** deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ($V_{inst,d}$) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ($G_{inst,d}$) e quella variabile ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d), ovvero:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III.

Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

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

Al fine del calcolo della resistenza di progetto R_d , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato negli specifici paragrafi della normativa dedicata alle fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante ($u_{inst,d}$) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ($\sigma_{stab,d}$), tenendo conto dei coefficienti parziali della Tab. 6.2.IV:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{stab,d}$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

Si fa notare che entrambe le verifiche sono state effettuate in termini di pressioni per unità di superficie e conducono allo stesso risultato.

7.2 Verifiche di Stabilità Globale

Il DM 14.01.08 affronta il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei “Fronti di Scavo e rilevati”; nel seguito si riportano dunque, per maggiore chiarezza espositiva, le specifiche normative a riguardo.

Il punto 6.8 del DM 14.01.08 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito:

Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale “R2” da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata:

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

8 CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI

8.1 Generalità

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano Version 19.0

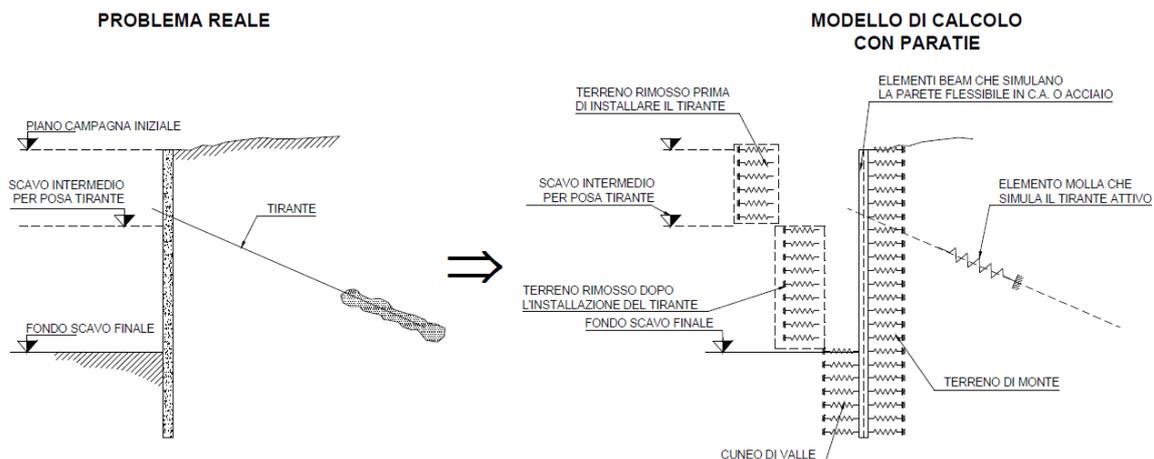
8.2 Metodologia di calcolo

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidezza flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di rigidezza proporzionale al modulo di rigidezza del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidezza.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

E_m modulo elastico del materiale costituente la paratia

J_p inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace (σ'_{h}) e la tensione verticale efficace (σ'_{v}) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo (k_a) e passivo (k_p), mentre quando il rapporto è pari a k_a o a k_p il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse, k , è data da: $k = E / L$

ove E è un modulo di rigidità del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidità di ogni molla è: $k = E\Delta / L$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti.

Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto:

in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

Dove: $\ell_A = \min\{l, 2H\}$;

in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \ell_P \tan(45^\circ + \phi'/2)$$

Dove: $\ell_P = \min\{l - H, H\}$

con

l = altezza totale della paratia

H = altezza corrente dello scavo.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	24 di 116

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di H non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente.

Il software consente di tener conto anche della presenza di vincoli lungo la paratia, sia di tipo elastico (molle /tiranti) che di tipo rigido.

La presenza dei tiranti viene infine schematizzata dal software come dei vincoli elastici, la cui deformabilità dipende dalle caratteristiche della sezione resistente in acciaio dei tiranti e dalla lunghezza libera degli stessi, eventualmente incrementata di una quantità funzione dell'efficienza (≤ 1) associata al bulbo di ancoraggio.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

9 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate, in ossequio alle prescrizioni normative.

9.1 Peso proprio elementi strutturali

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

9.2 Spinte in fase statica

Le spinte agenti sull'opera di sostegno in fase statica dipendono direttamente dalla situazione geostatica e dai parametri di resistenza del terreno.

In particolare la pressione fondamentale dell'analisi è la $\sigma'h$ che lo scheletro solido del terreno esercita sulla struttura di sostegno che dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di $\sigma'h$ stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle, la $\sigma'h$ sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'h_a = K_a \sigma'v - 2c'(K_a)^{0.5} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

K_a = coefficiente di spinta attiva;

$\sigma'v$ = tensione verticale efficace alla generica profondità

c' = coesione efficace.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte, la $\sigma'h$ sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'h_p = K_p \sigma'v + 2c'(K_p)^{0.5} \quad \text{pressione passiva}$$

dove:

K_p = coefficiente di spinta passiva;

$\sigma'v$ = tensione verticale efficace alla generica profondità

c' = coesione efficace.

In condizioni statiche, K_a e K_p sono funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido ϕ' , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno δ dell'inclinazione β del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione i del terrapieno a tergo dell'opera.

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_a e K_p in letteratura, si è fatto riferimento a quelle proposte da Coulomb [1773], per il calcolo del K_a e di Lancellotta (2002) per il calcolo del Coefficiente K_p di cui in seguito si riportano le espressioni generali:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

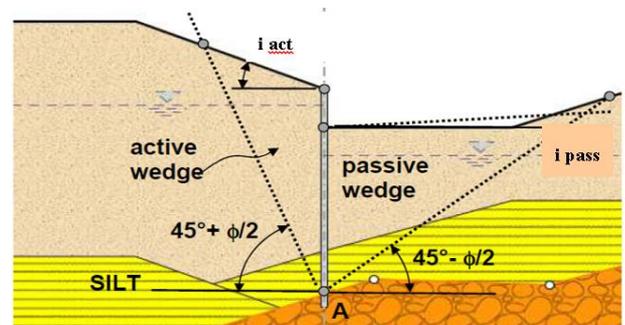
$$\theta_P = \arcsin\left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi'}\right) + \delta$$

$$K_P = \left[\frac{\cos \delta}{1 - \sin \phi'} \left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi' - \sin^2 \delta} \right) \right] e^{2\theta_P \tan \phi'}$$

In considerazione del fatto che nell’ambito dei modelli oggetto di analisi, i terrapieni spingenti sulle opere sono caratterizzati da alternanze stratigrafiche tra formazioni diverse in termini di parametri fisico meccanici, la determinazione dei coefficienti di spinta K_a e K_p viene effettuata per ciascuna unità tenendo conto del relativo angolo d’attrito ϕ' e quindi del valore dell’angolo d’attrito terra muro δ , posto in generali pari $0.6\phi'$, a meno della fase sismica, ove si assume in ogni caso $\delta=0$.

Il valore di inclinazione del piano limite del terrapieno i da considerare nella valutazione dei coefficienti di spinta, è funzione della zona di estensione del potenziale cuneo di spinta agente sull’opera. Tale valore assume un valore diverso per ciascuno strato, è viene valutato automaticamente nel software di calcolo utilizzato secondo la procedura sinteticamente illustrata nel seguito con riferimento allo strato “SILT” (in giallo):

- dal punto A più basso dello strato in corrispondenza della parete, si traccia la linea di rottura piana corrispondente al cuneo di mobilitazione in spinta attiva (o passiva) secondo la teoria di Coulomb, senza considerare attrito terra-muro, fino a raggiungere la linea di scavo (o piano campagna);
- si determina quindi un ipotetico cuneo di terreno mobilitato, compreso tra il punto A e la sommità del tratto non esposto della parete: tale cuneo sarà delimitato superiormente da una superficie irregolare;
- calcolata l’area di tale cuneo, si calcola una superficie piana equivalente (inclinata di i sull’orizzontale) tale che l’area del triangolo equivalente sia pari all’area del cuneo prima determinato.



- Schema di valutazione delle pendenze equivalenti del piano limite per ciascuno strato -

In presenza di falda, occorre inoltre tener conto, alla generica profondità, dell’ulteriore contributo di spinta attiva associato a quest’ultima, che può essere espressa come segue

$$\sigma_w = \gamma_w h_w$$

- γ_w = peso unità di volume dell’acqua
- h_w = battente idraulico alla quota considerate.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

10 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normative vigente, come già descritte al paragrafo 7.

10.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.1.1 Stabilità Locale dell'opera di sostegno

Nell'ambito delle verifiche finalizzate al controllo della stabilità locale dell'opera di sostegno, bisogna analizzare i seguenti due potenziali meccanismi.

- 1) - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- 2) - collasso per carico limite verticale;

Potendo ritenere non significativa per il caso delle opere in oggetto la verifica 2, trattandosi di paratie soggette fondamentalmente al solo peso proprio in quanto non sono previsti in testa alle opere carichi permanenti e/o accidentali di rilevante entità in direzione verticale, si è proceduto a controllare il meccanismo di cui al punto 1, in termini di massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva (GR) nell'ambito delle varie fasi caratteristiche di scavo e/o completamenti previsti, controllando il rispetto della seguente condizione:

$$G_m = kP_{mob}^{max} / k_p \leq 1 \quad kP_{mob}^{max} = \text{massimo rapporto tra la tensione orizzontale del terreno in zona passiva e la tensione verticale efficace nel medesimo punto}$$

K_p = coefficiente di spinta passiva locale di progetto, valutato in base ai parametri caratteristici dei terreni fattorizzati secondo i coefficienti M1/M2 in relazione alla generica combinazione analizzata secondo specifiche di cui già al precedente § 7.1

Lo specifico software di calcolo utilizzato, fornisce a tal riguardo un diagramma tipico ove per ciascuna fase di analisi viene fornito il valore di G_m .

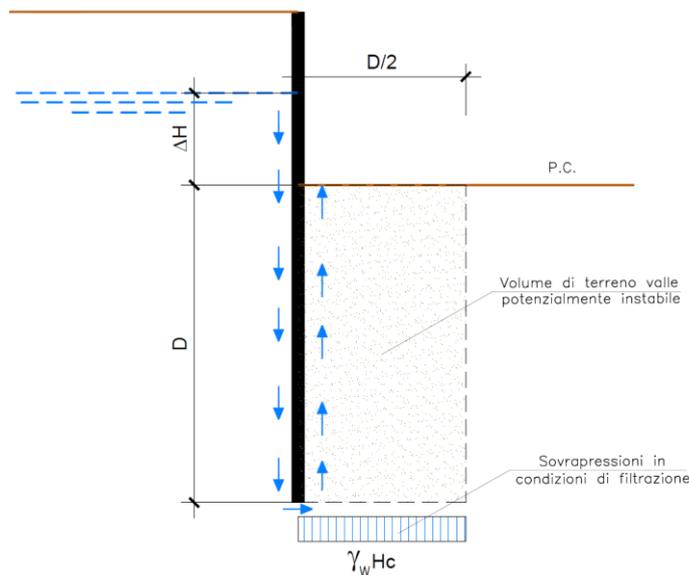
10.1.2 Verifiche a Sollevamento e Sifonamento

In presenza di scavi a valle di opere di sostegno di terreni in falda, quando il piano finale di scavo da progetto è inferiore al livello della falda in sito, si configurano due potenziali meccanismi di instabilità della zona a valle delle opere, e che vanno indagati, ovvero:

- *Instabilità del fondo scavo per “sifonamento”*
- *Instabilità del fondo scavo per “sollevamento”*

I fenomeni sono legati essenzialmente ai processi di filtrazione che si innescano verso la zona di fondo scavo a completamento degli scavi, che avvengono “a breve termine” per terreni a grana grossa, ovvero a “lungo termine” per terreni a grana fine, o comunque, in quest’ultimo caso, alla sovrappressione di tipo idrostatico che agisce a piede del cuneo di terreno potenzialmente instabile immediatamente a ridosso dell’opera.

Terzaghi ha osservato che il fenomeno di instabilità si estende a tutta la profondità D di infissione dell’opera, per una larghezza pari a $D/2$ e che l’andamento delle sovrappressioni interstiziali, secondo lo schema grafico di figura seguente:



- Schema di filtrazione per effetto di scavi sotto falda a valle di opere di sostegno -

In prima approssimazione, nell’ipotesi di mezzo omogeneo, il valore della sovrappressione H_c al piede del diaframma si può ipotizzare sia costante per una larghezza $D/2$ e pari ad $\gamma_w \cdot H_c$, dove H_c si ricava dall’equazione: $H_c = i_e D$ essendo i_e il gradiente idraulico medio lungo il percorso di filtrazione, valutabile in via semplificata come di seguito: $i_e = \Delta H / (\Delta H + 2D)$ e quindi: $H_c = (\Delta H D) / (\Delta H + 2D)$.

In questa condizione, il fattore di sicurezza “**al sollevamento**” del cuneo di terreno potenzialmente instabile a tergo della paratia, può essere espresso, a meno dei coefficienti parziali da applicare alle azioni Stabilizzanti ed Instabilizzanti prescritte dalla normativa come già definiti al §0, può essere espresso come segue:

$$FS = \frac{W'}{S_w} = \frac{\gamma' \cdot D \cdot D/2}{\gamma_w \cdot H_c \cdot D/2} = \frac{\gamma' \cdot D}{\gamma_w \cdot H_c}$$

Ovvero, tenendo conto delle espressioni precedenti, in termini di gradienti idraulici: $FS = i_c/i_e$. Avendo posto:

$i_c = \gamma' / \gamma_w$ (gradiente idraulico critico)

$i_e = H_c / D$ (gradiente idraulico medio)

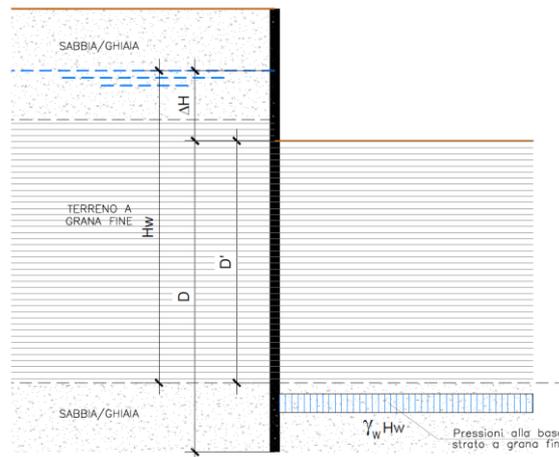
Per incrementare il valore di FS si possono adottare le seguenti soluzioni:

- aumentare la profondità di infissione in modo da ridurre il gradiente di efflusso;
- disporre sul fondo dello scavo in adiacenza al diaframma un filtro costituito da materiale di grossa pezzatura in modo da incrementare le tensioni efficaci.
- inserire dei dreni in modo da ridurre le sovrappressioni. In questo caso, detto W il peso del filtro, il coefficiente di sicurezza diviene:

$$FS = \frac{\gamma' \cdot D^2 / 2 + W}{\gamma_w \cdot H_c \cdot D / 2}$$

L'approccio di verifica appena esposto, riguarda indifferentemente, per il caso dei terreni a grana grossa, sia le condizioni di "breve termine" che quelle di "lungo termine". Se lo scavo è realizzato invece in un terreno a grana fine, sovrastante uno strato a permeabilità molto più elevata, nel tempo che intercorre tra la realizzazione dello scavo e l'instaurarsi del moto di filtrazione, occorre ragionare in termini di pressioni totali: se la forza risultante delle pressioni idrostatiche iniziali alla base del cuneo supera il peso totale del cuneo può verificarsi il sollevamento. In questo caso il fattore di sicurezza globale è definito, a meno dei coefficienti parziali da applicare alle azioni Stabilizzanti ed Instabilizzanti prescritte dalla normativa come già definiti al §0, mediante il rapporto tra la pressione verticale totale e la pressione interstiziale all'intradosso dello strato di argilla a valle (vedi schema grafico seguente), ovvero :

$$FS = \frac{\gamma \cdot D}{\gamma_w \cdot H_w}$$



- Schema di pressioni interstiziali per scavo in terreno a grana fine a breve termine

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

In aggiunta al meccanismo di sollevamento, la normativa prescrive, come già esposto al descritto al §0, di effettuare verifiche specifiche nei riguardi del rischio di “**sifonamento**”, che riguarda specificamente le condizioni di filtrazione che si innescano a valle degli scavi, per effetto dei quali, a seguito dell’incremento delle pressioni interstiziali nella zona di valle, si può determinare un annullamento delle tensioni verticali efficaci e quindi la completa perdita di resistenza del terreno che determina un trasporto delle particelle da parte dell’acqua in movimento, dando origine ad un fenomeno progressivo di erosione che conduce al collasso della struttura del terreno.

Si definisce **fattore di sicurezza globale nei confronti del sifonamento** il rapporto tra il gradiente idraulico critico e quello che si ha in esercizio ossia: $F_s = i_c/i_E$ dove i_c ed i_E assumono le espressioni già definite in precedenza.

Essendo il sifonamento un fenomeno improvviso, senza segni premonitori, ed essendo difficile tener conto di fattori quali l’eterogeneità e l’anisotropia del terreno, si adottano valori alti di F_s ovvero elevati valori dei coefficienti parziali da applicare ad i_c ,

Per i terreni a grana grossa, ove come detto, è plausibile considerare un’unica condizione di verifica di “breve/lungo termine”, il soddisfacimento della verifica a sifonamento, implica di fatto anche il buon esito anche della verifica a “sollevamento”, essendo quest’ultima maggiormente restrittiva in virtù dei coefficienti parziali da applicare nei due casi alle azioni “stabilizzanti o resistenti” secondo la normativa vigente.

Si precisa che il criterio di verifica a sollevamento per terreni a grana fine è adottabile anche per effettuare l’analoga verifica al sollevamento delle solette in c.a. definitive previste in corrispondenza della quota di fondo scavo proprio per bloccare le risalite della falda verso il corpo ferroviario.

In tal caso il valore γ_D corrisponde alla pressione sul piano di scavo esercitata dal peso della soletta e dai carichi permanenti su di esse agenti, mentre il termine $\gamma_w H_w$ è sostituito dal termine $\gamma_w \Delta H$

Tutte le verifiche descritte nel presente paragrafo, sono state eseguite, se necessarie, mediante impiego di fogli di calcolo excel autoprodotti.

10.1.1 Tiranti di ancoraggio

Di seguito si riportano i criteri di calcolo adottati per le verifiche dei tiranti di ancoraggio, nel rispetto delle prescrizioni normative già illustrate al precedente paragrafo.

10.1.1.1 Bulbo

La verifica allo sfilamento del bulbo dei tiranti, viene effettuata controllando che il coefficiente di sicurezza F_s come di seguito valutato, risulti non inferiore all’unità (o equivalentemente che il tasso di sfruttamento $T_s=1/F_s$, risulti inferiore all’unità):

$$F_s = \frac{R_{ac}}{\xi} \frac{1}{\gamma_R} \frac{1}{E_d} = \frac{\pi \alpha D_p \tau_{lim} L_a}{\gamma_R \xi E_d} \geq 1.00$$

dove:

α è un coefficiente di maggiorazione del diametro effettivo di perforazione, funzione della tecnologie realizzativa impiegata e della natura del terreno/ terreni in cui il bulbo è collocato.

τ_{lim} è la tensione caratteristica di adesione laterale limite fondazione-terreno, funzione della natura e delle caratteristiche meccaniche del terreno / dei terreni in cui il bulbo è collocato

L_a è la lunghezza attiva/ lunghezza del bulbo

D_p è il diametro di perforazione

E_d è lo sforzo di progetto allo stato limite ultimo

$\gamma_R = 1.1$ trattandosi di tiranti con funzione provvisoria

ξ = coefficiente di correlazione resistenza, assunto pari ad 1,80 per il caso in esame (ξ_{a3} / n° 1 verticali indagate)

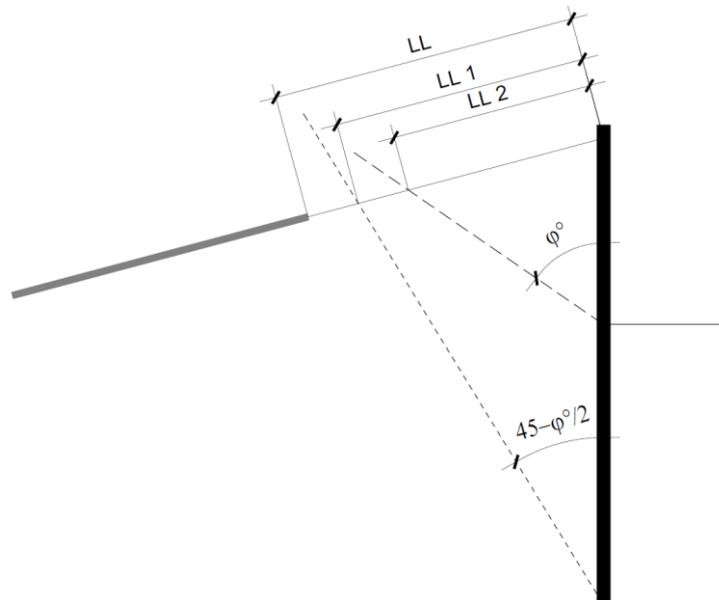
10.1.1.2 Lunghezza Libera

La lunghezza libera del tirante (LL), ovvero il tratto compreso tra il bulbo di ancoraggio e la testata, è stato determinato controllando il rispetto delle seguenti condizioni geometriche:

1) $LL > LL1$

2) $LL > LL2$

Essendo LL1 ed LL2 i valori determinati come da schema grafico seguente:



- Schema grafico per la determinazione della lunghezza libera dei tiranti -

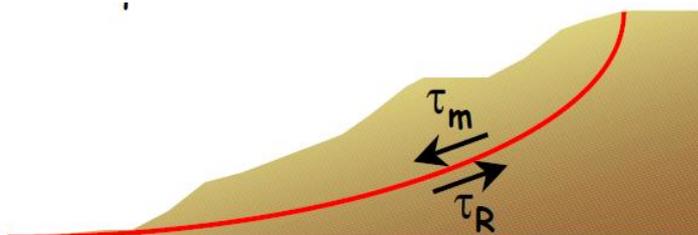
	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

10.1.2 Stabilità Globale

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l'effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa.

Nello specifico, le Analisi sono state effettuate mediante i metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgestern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglienti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di **Bishop**, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuare rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica, come già illustrate al precedente paragrafo.

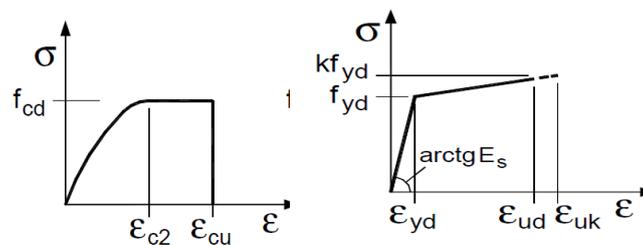
10.2 VERIFICHE STRUTTURALI

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

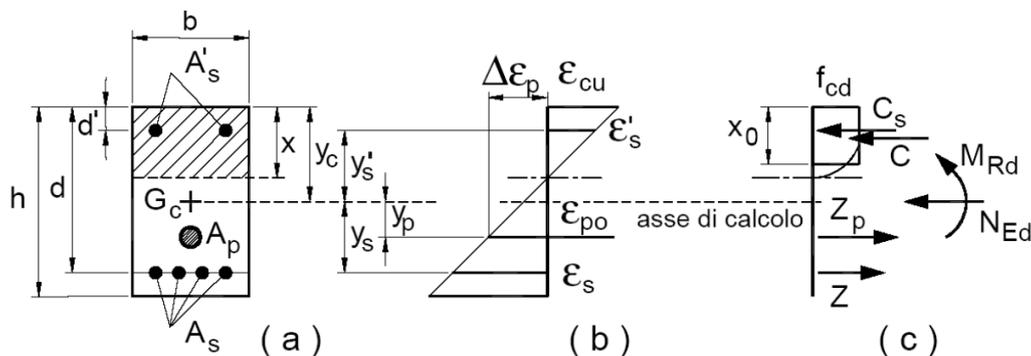
10.2.1 VERIFICHE ALLO SLU

10.2.1.1 Pressoflessione sezioni in c.a.

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione in c.a., viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 del DM 14.01.08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguenti, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consiste nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

10.2.1.2 Taglio sezioni in c.a.

La resistenza a taglio V_{Rd} degli elementi strutturali in c.a., può essere valutata secondo le formulazioni fornite al § 4.1.2.1.3.2 del DM 14.01.08, riferite sia al caso di “elementi privi di armatura a taglio” sia al caso di “elementi armati a taglio”.

Per il caso di una membratura priva di armatura specifica, risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw}/(b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$ mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd} , che assumono nell’ordine le seguenti espressioni:

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

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

Essendo:

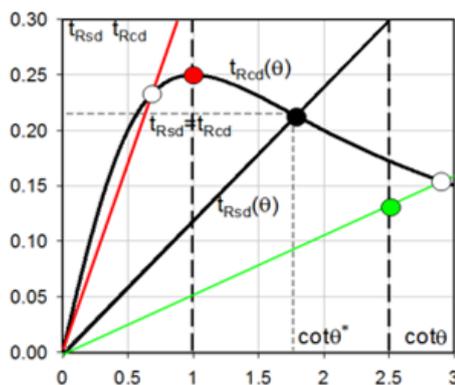
$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3.2 del DM 14.01.08 considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21,8^\circ$$

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato :

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$



- Se la $\cot \theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot \theta^*$ è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot \theta = 2,5$.
- Se la $\cot \theta^*$ è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot \theta = 1,0$.

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrane non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisoriale tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

10.2.2 VERIFICA SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, per il caso in esame, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di Lavoro nei Materiali secondo quanto di seguito specificato; non vengono effettuate le verifiche nei confronti degli stati limite di fessurazione, trattandosi di opere a carattere provvisorio, come già detto

10.2.2.1 Verifiche alle tensioni

Verifica delle tensioni di esercizio

In accordo con la normativa ferroviaria, che pone limiti tensionali più severi rispetto a quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018, la massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

La massima tensione di trazione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

10.2.1 Armatura dei tiranti

In condizioni ultime, lo sforzo massimo di trazione di calcolo E_d ricavato dall'analisi, deve risultare non maggiore dello sforzo di snervamento di progetto dei tiranti N_{yd} ottenuto moltiplicando l'area totale A_t della sezione resistente per la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio $f_{p(1)k}$, fattorizzata con il coefficiente parziale $\gamma_s = 1.15$, ovvero :

$$F_s = \frac{f_{p(1)k} A n_{tr}}{1.15 \cdot E_d} \geq 1.00$$

(o equivalentemente in termini di tasso di sfruttamento : $T_s = 1/F_s \leq 1$)

dove:

- $f_{p(1)k}$ è la trazione caratteristica dell'acciaio dei trefoli, all'1% di deformazione totale
- A è l'area di ciascun trefolo (assunta pari a 139 mm^2 , avendo considerato trefoli da 0.6")
- n_{tr} è il numero di trefoli per tirante

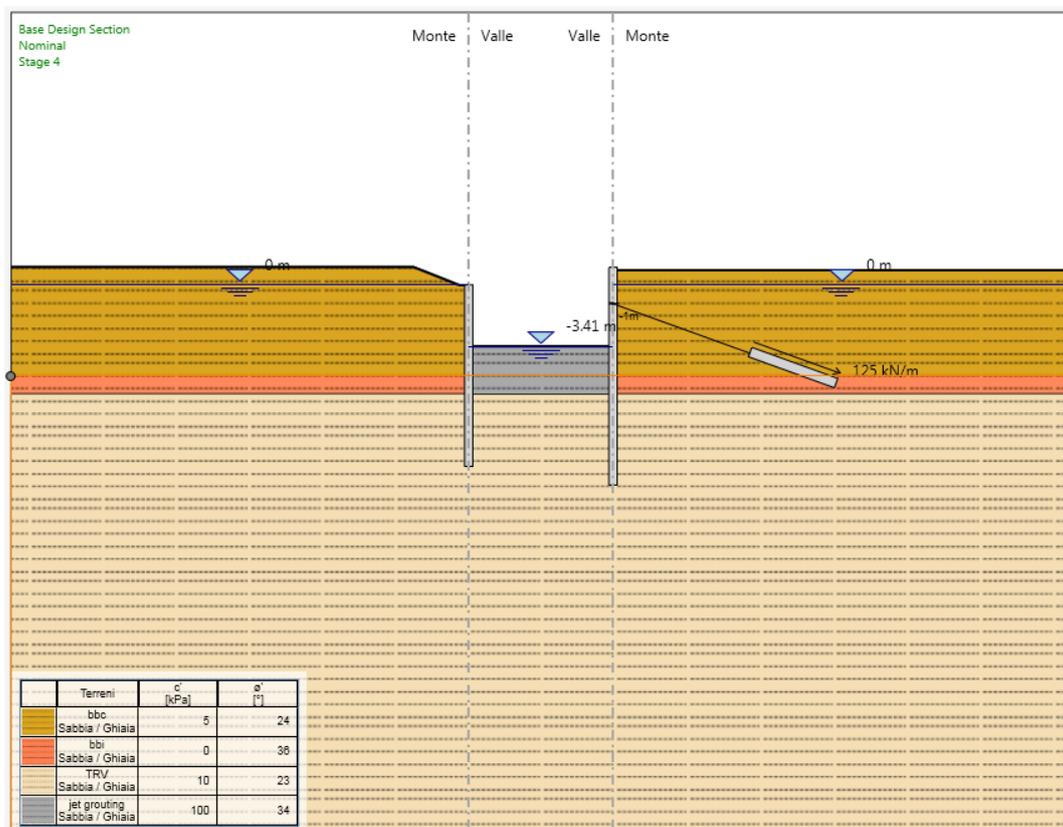
10.2.2 Criteri di verifica travi di contrasto in c.a.

La determinazione delle sollecitazioni di progetto delle travi di contrasto, è stata effettuata considerando uno schema di trave appoggiata-appoggiata di luce L pari all'interasse tra i tiranti e soggetta ad un carico distribuito pari allo sforzo a metro lineare dei tiranti., i cui vincoli di appoggio sono costituiti dai tiranti di ancoraggio.

11 ANALISI E VERIFICHE PARATIE

11.1 Modello di calcolo

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

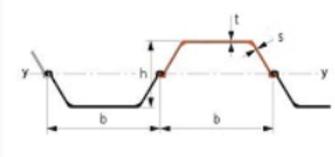


Modello Paratia (Fase finale)

Il modello rappresentato in figura precedente e considerato per i dimensionamenti delle palancole PU_32:

Palancole

Profilo: PU_32 Catalogo Palancole
 Materiale: S275
 Tipo: U β_B : 1
 Peso per superficie unitaria di parete: 1.8652 kN/m² β_D : 1
 B: 0.6 m I_x : 0.0007 m⁴/m
 H: 0.452 m W_{el} : 0.0032 m³/m



	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

MODELLO DI CALCOLO : Paratia libera (lato sx)	
Tipologia struttura di sostegno	Palancola metallica (S275) tipo PU_32
Altezza totale paratia	$L_{\text{palancola}} = 10 \text{ m}$
Altezza di scavo max	$H = 3.10 \text{ m}$ (valore nominale)
Altezza di scavo max	$H = 3.41 \text{ m}$ (valore di progetto par.7.3 NTC2018)
MODELLO DI CALCOLO : Paratia Tirantata (lato dx)	
Tipologia struttura di sostegno	Palancola metallica (S275) tipo PU_32
Altezza totale paratia	$L_{\text{palancola}} = 12 \text{ m}$
Altezza di scavo max	$H = 4.40 \text{ m}$
TIRANTI	
1° ORDINE	$Q(m) = 2 \text{ m}$ Quota testa palancola
	$N_{tr} = 4$ numero trefoli
	$D_p = 180 \text{ mm}$ Diametro di perforazione
	$i = 2 \text{ m}$ Interasse tiranti
	$L_p = 8 \text{ m}$ Lunghezza tratto libero
	$L_a = 5 \text{ m}$ Lunghezza tratto attivo
	$\alpha = 20^\circ$ Inclinazione orizzontale tiranti
$N_0 = 250 \text{ kN}$ Pretensione	
TRAVI DI CONTRASTO	
Tipologia Travi di contrasto	Profili in acciaio S275 tipo 2 x UPN 160

Tabella – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente § 5.1.

A monte della paratia di sinistra (lato Catania) il piano campagna presenta uno scavo con scarpata 2/3. L'altezza della scarpata è assunta pari a 1,0m.

Tra le paratie è previsto un tappo di fondo in jet grouting avente le seguenti caratteristiche:

Tappo di fondo in jet grouting

$\Phi 1000$ diametro delle colonne disposte secondo una maglia triangolare di lato 0.75m

2.5 m spessore del tappo di fondo

L'efficacia del tappo di fondo sarà confermata con specifico campo prove.

11.2 Fasi di calcolo

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva. Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione, nell'ambito delle analisi effettuate e le immagini delle fasi più significative.

Nota: Le quote degli scavi sono riferite rispetto alla testa della palancola lato sx.

Stage 0. Condizione geostatica.

Stage 1. Realizzazione palancola (previo prescavo scarpata 2/3 per la paratia di sx) e attivazione tappo di fondo in jet grouting

Stage 2. Esecuzione scavo fino a quota -1.5 m.

Stage 3. Realizzazione primo ordine di tiranti (z=-1.0m) ed applicazione pretensione di 250 kN.

Stage 4. Esecuzione scavo fino finale fino a quota -3.41 m

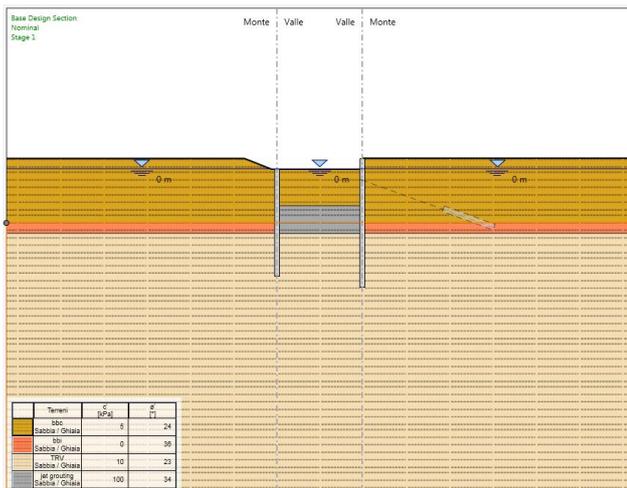


Figura 1 – Stage 1

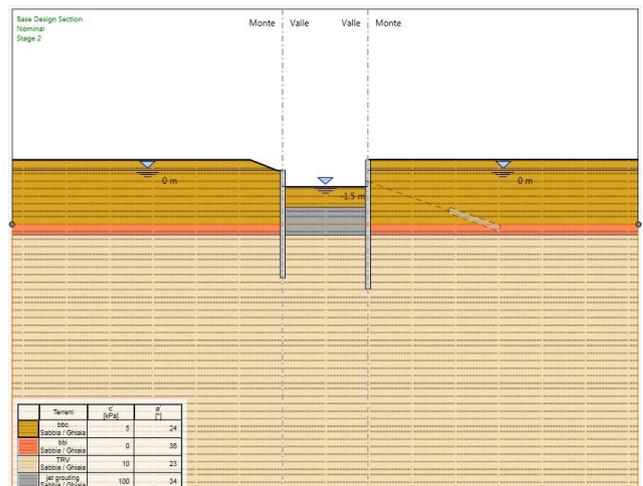


Figura 2 – Stage 2

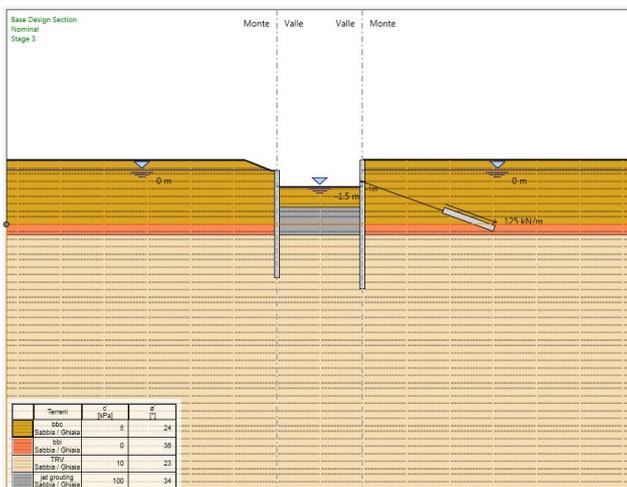


Figura 3 – Stage 3

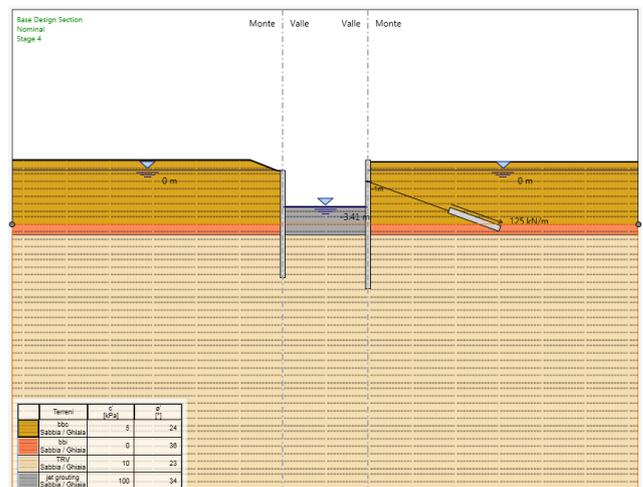


Figura 4 – Stage 4

11.3 Risultati delle analisi

11.3.1 Verifica del complesso opera-terreno

La verifica è finalizzata a garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia. A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta mobilitata.

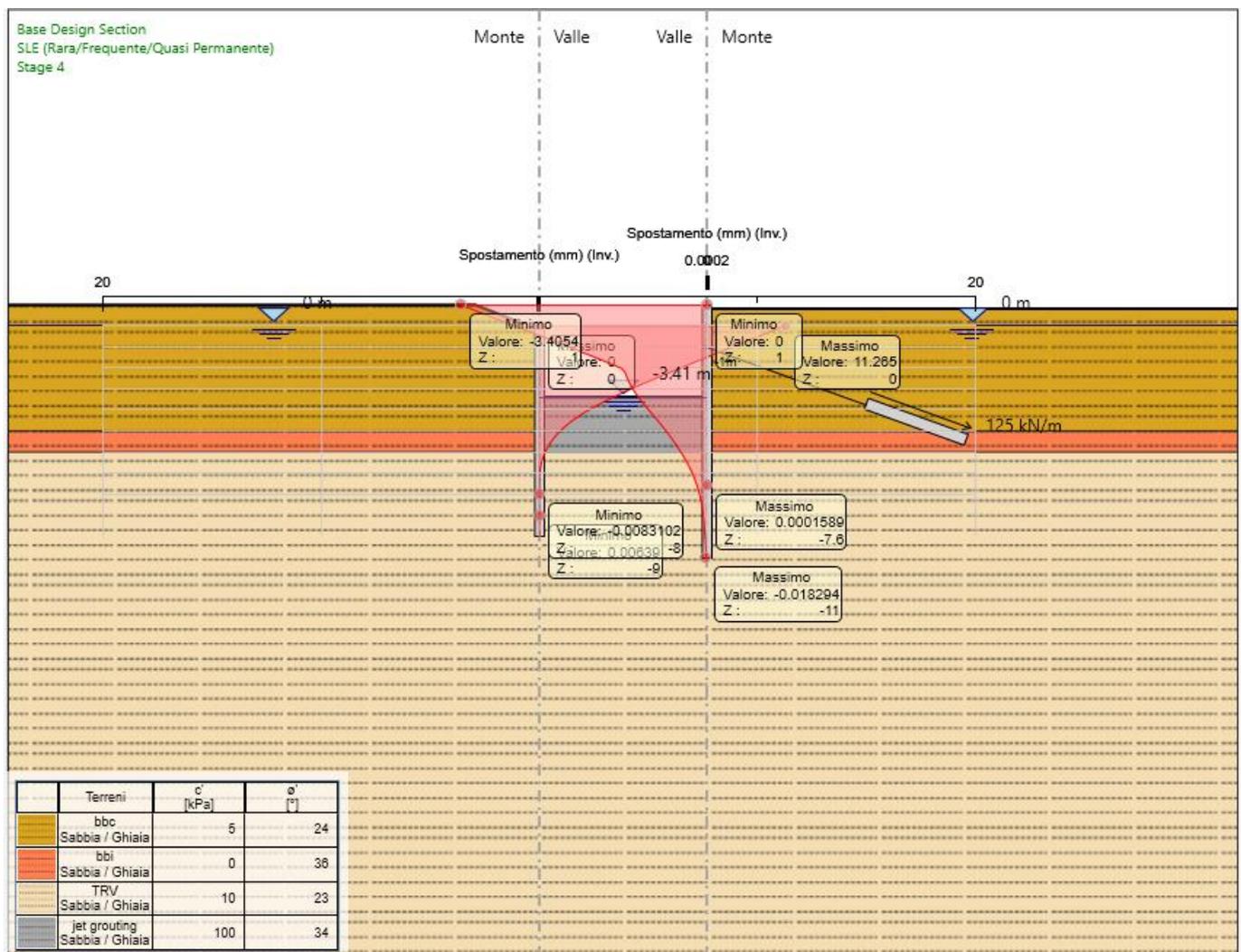


Figura 5: Spostamenti paratia allo SLE (involuppo)

Paratia lato sx: $\delta_{h,max} = 11.26$ mm

Paratia lato dx: $\delta_{h,max} = 3.40$ mm

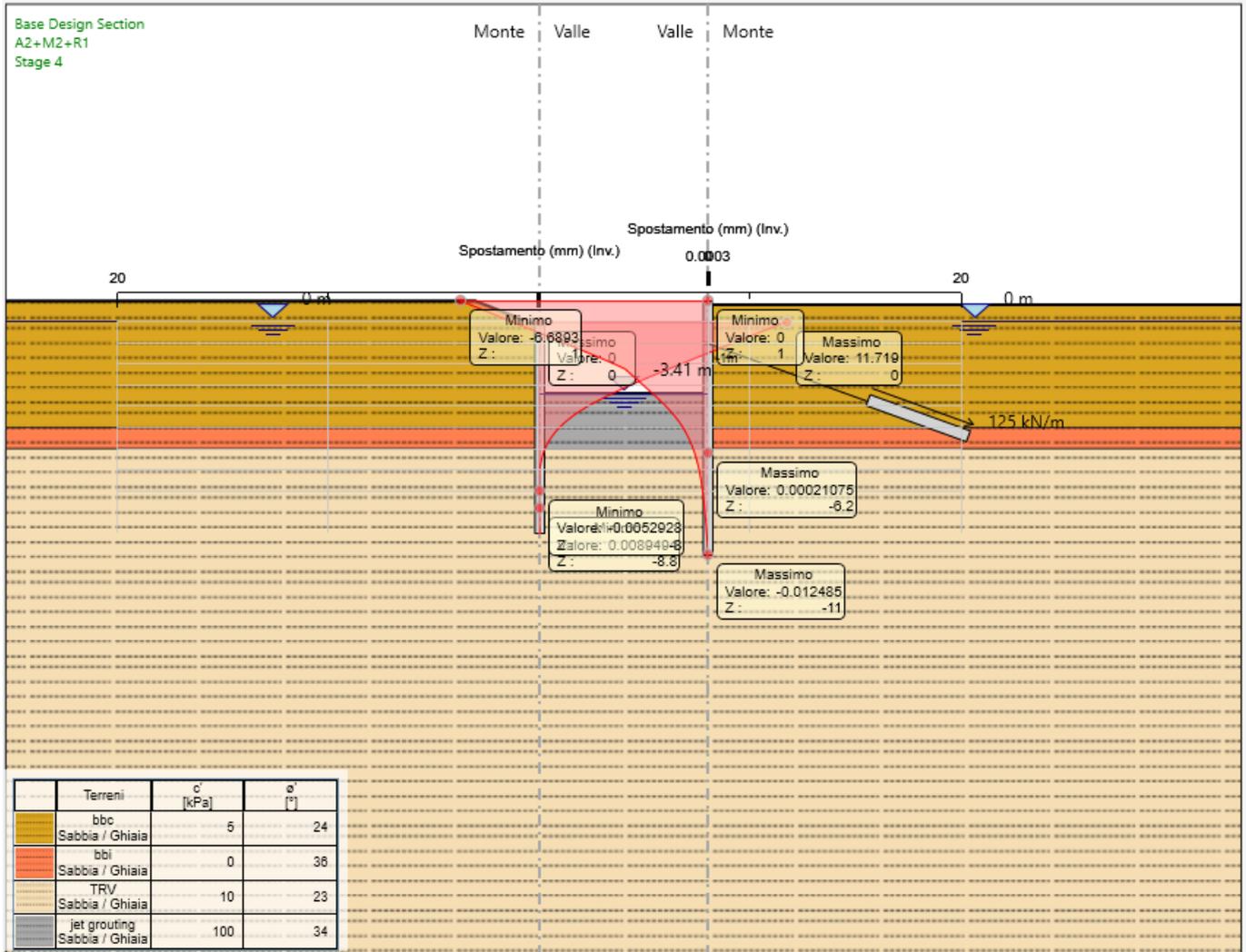
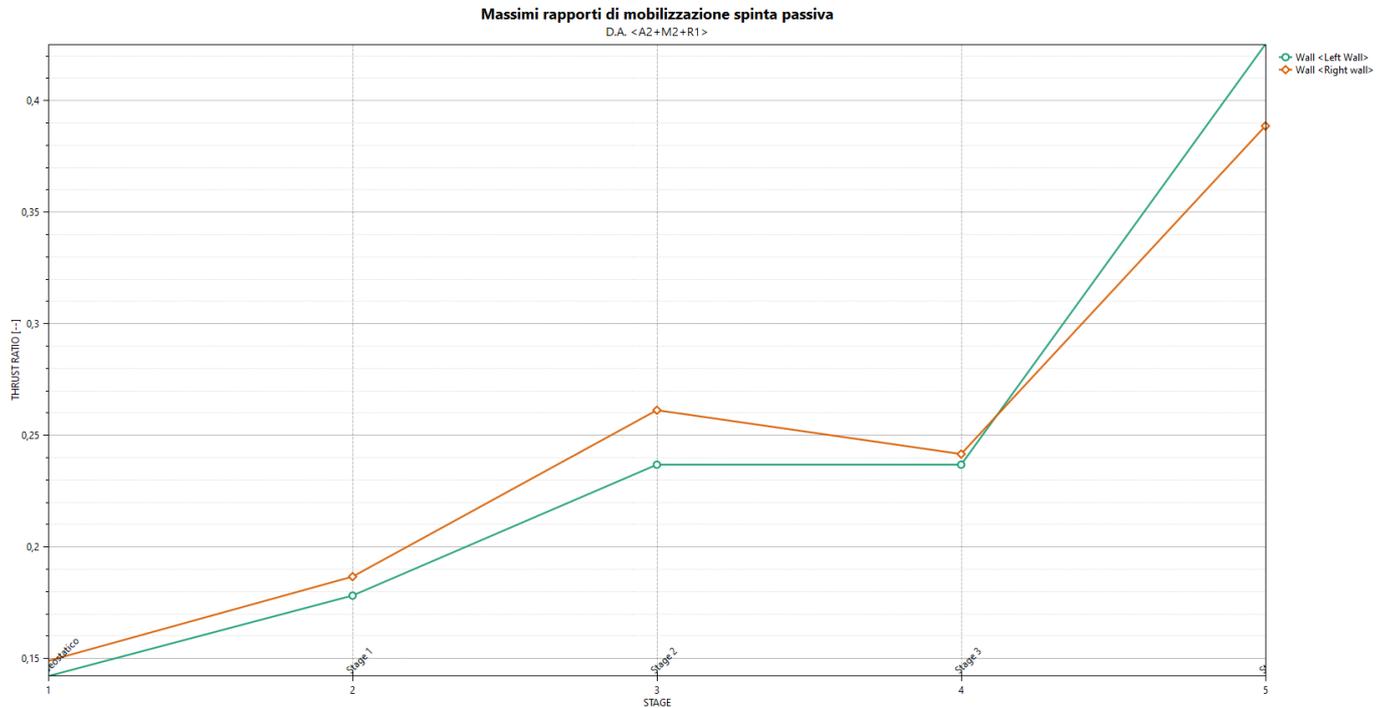


Figura 6: Spostamenti paratia GEO

Paratia lato sx: $\delta_{h,max} = 11.72 \text{ mm}$

Paratia lato dx: $\delta_{h,max} = 5.00 \text{ mm}$

Gli spostamenti massimi attesi sono di entità tale da consentire il corretto funzionamento dell'opera nella vita utile prevista (opere provvisionali Vita utile ≤ 10 anni).



L'andamento riporta i rapporti di mobilitazione in condizione statica GEO. La spinta sollecitante non eguaglia la resistenza passiva di progetto quindi la verifica è soddisfatta con un rapporto di mobilitazione di 0.42, per la palanca di sinistra, e di 0.39 per la palanca di destra.

11.3.2 Sollecitazioni, Sforzi e Deformazioni

Nel seguito del presente paragrafo sono riportati, in forma grafica, i risultati delle Sollecitazioni e degli Sforzi di riferimento per la Verifica dei Pali, e cordoli delle paratie, con riferimento alle Combinazioni di Carico che, secondo le prescrizioni normative, vanno considerate per i vari casi.

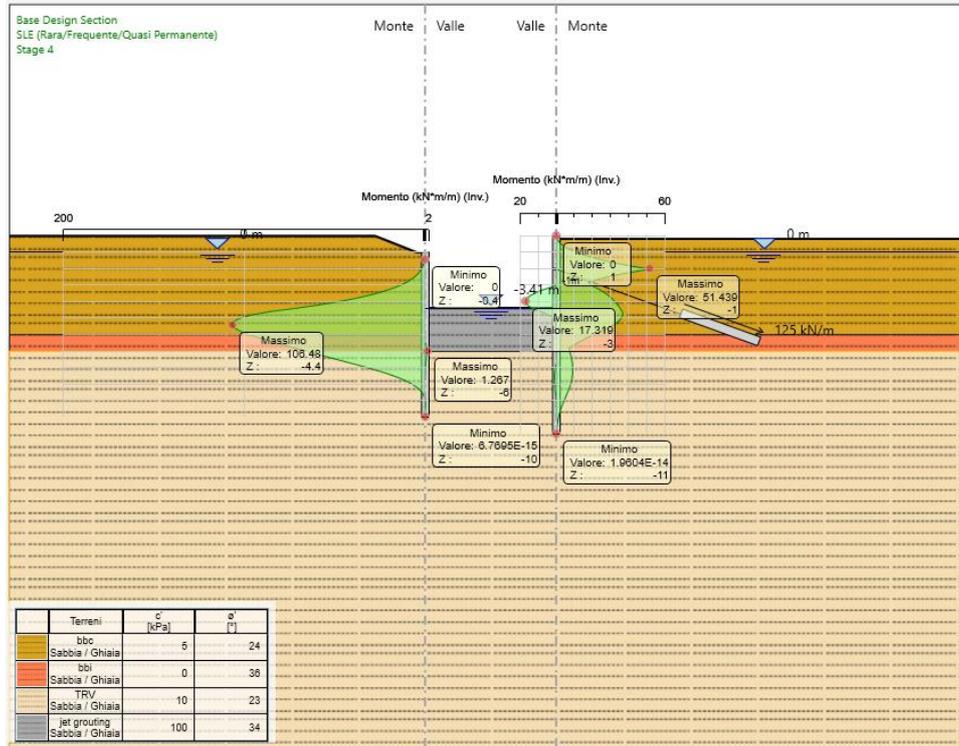


Figura 7: momento sollecitante paratia SLE

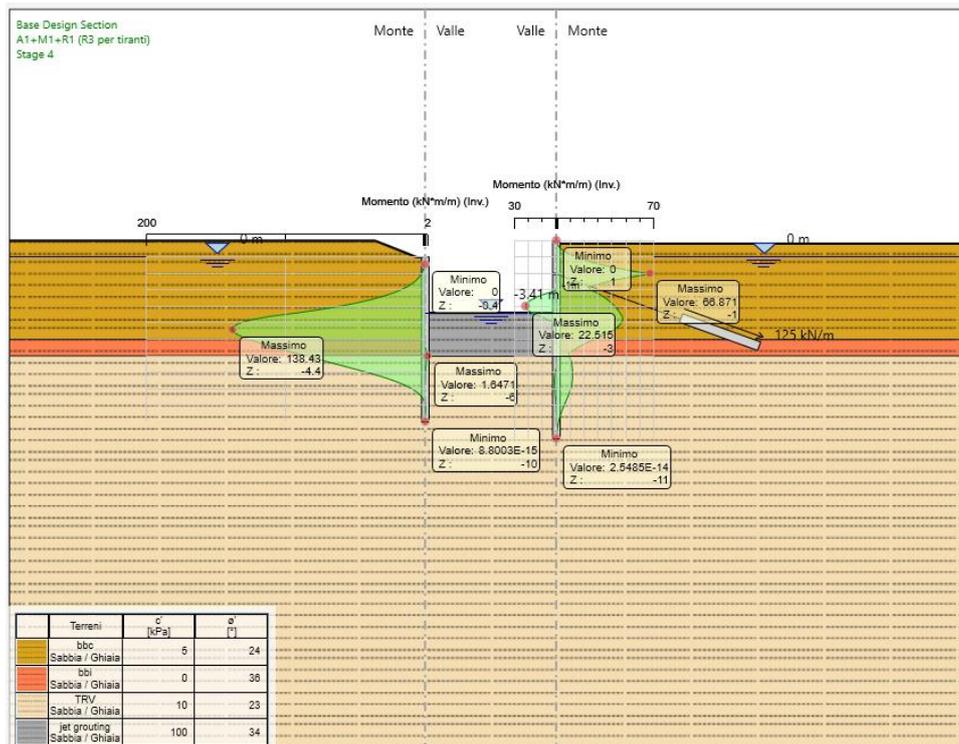


Figura 8: Involuppo momento sollecitante paratia STR

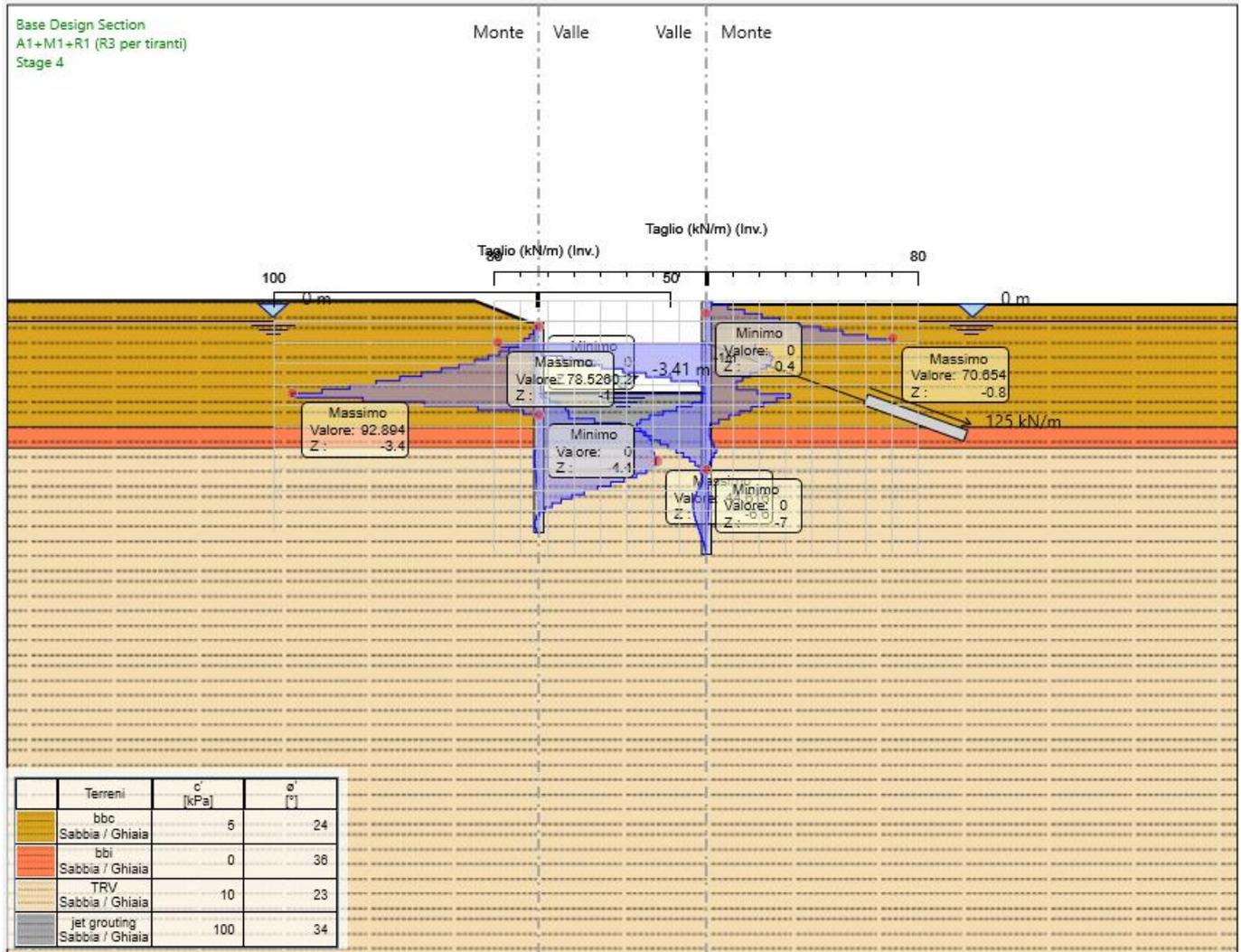


Figura 9: Involuppo Taglio sollecitante paratia STR

Nel seguito si riporta un riepilogo in forma tabellare delle sollecitazioni massime a metro lineare:

	PALANCOLA			
	LATO SX		LATO DX	
COMB.	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]
SLU/SLV	138.43	92.89	66.87	78.53
SLE	106.48	-	51.44	-

11.4 Verifica strutturale pali

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali a flessione e a taglio sulla base delle sollecitazioni restituite da paratie plus. Nei grafici sono riportati i tassi di sfruttamento ottenuti come rapporto tra resistenza disponibile e sollecitazione agente.

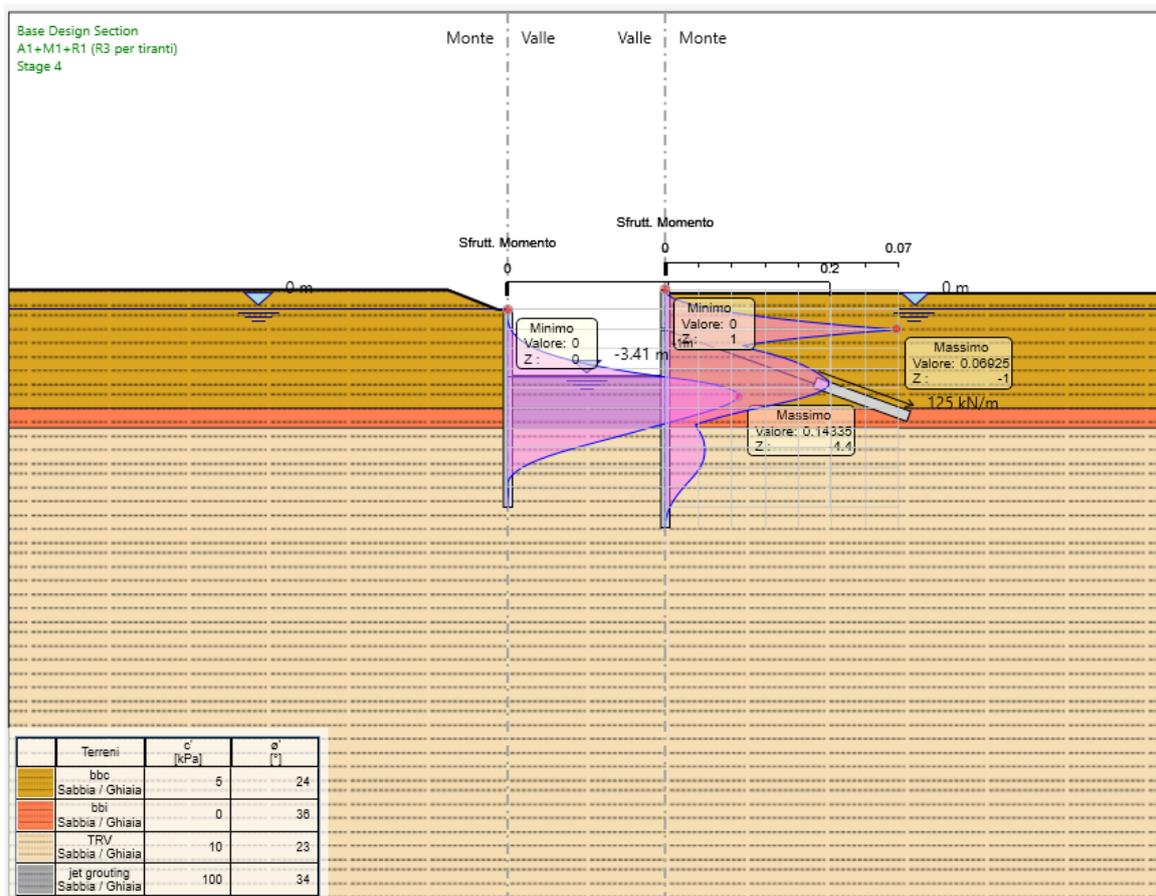


Figura 10: Verifica a Taglio fase STR

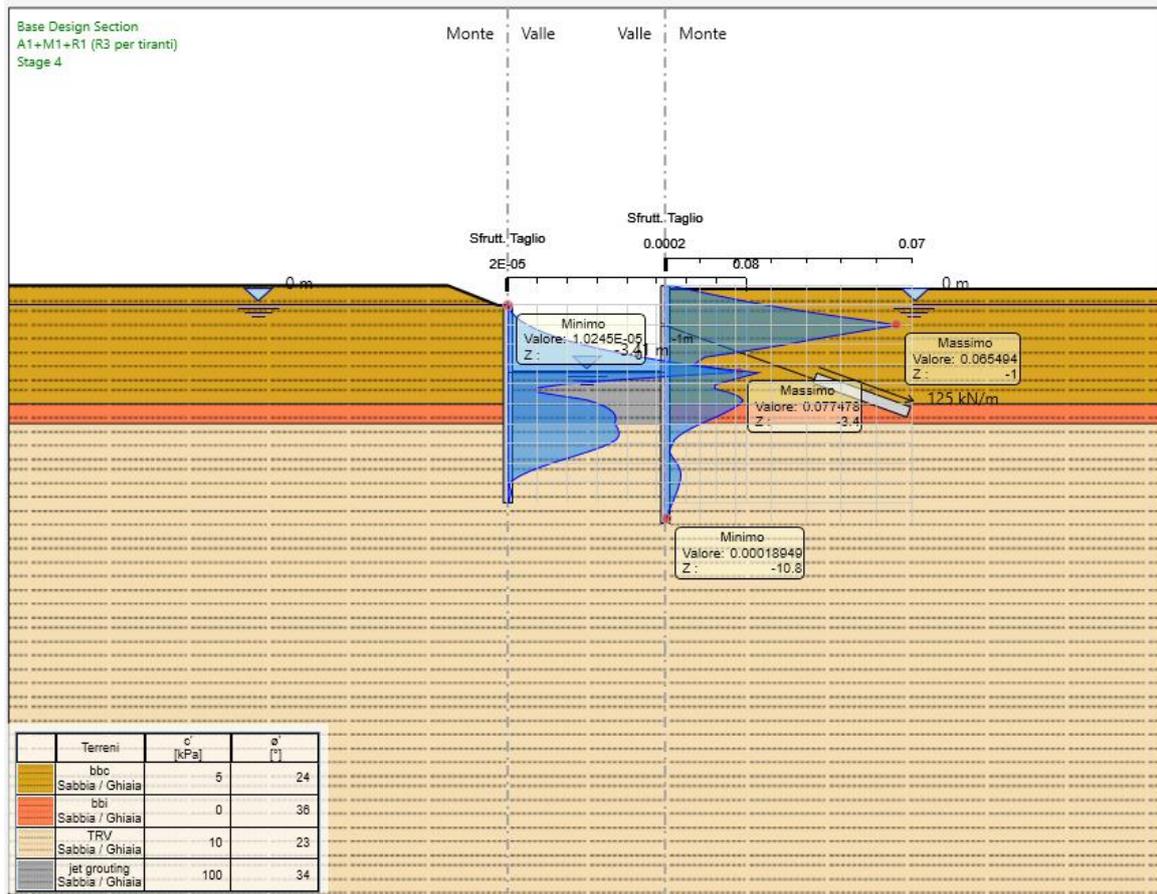


Figura 11: Verifica a pressoflessione STR

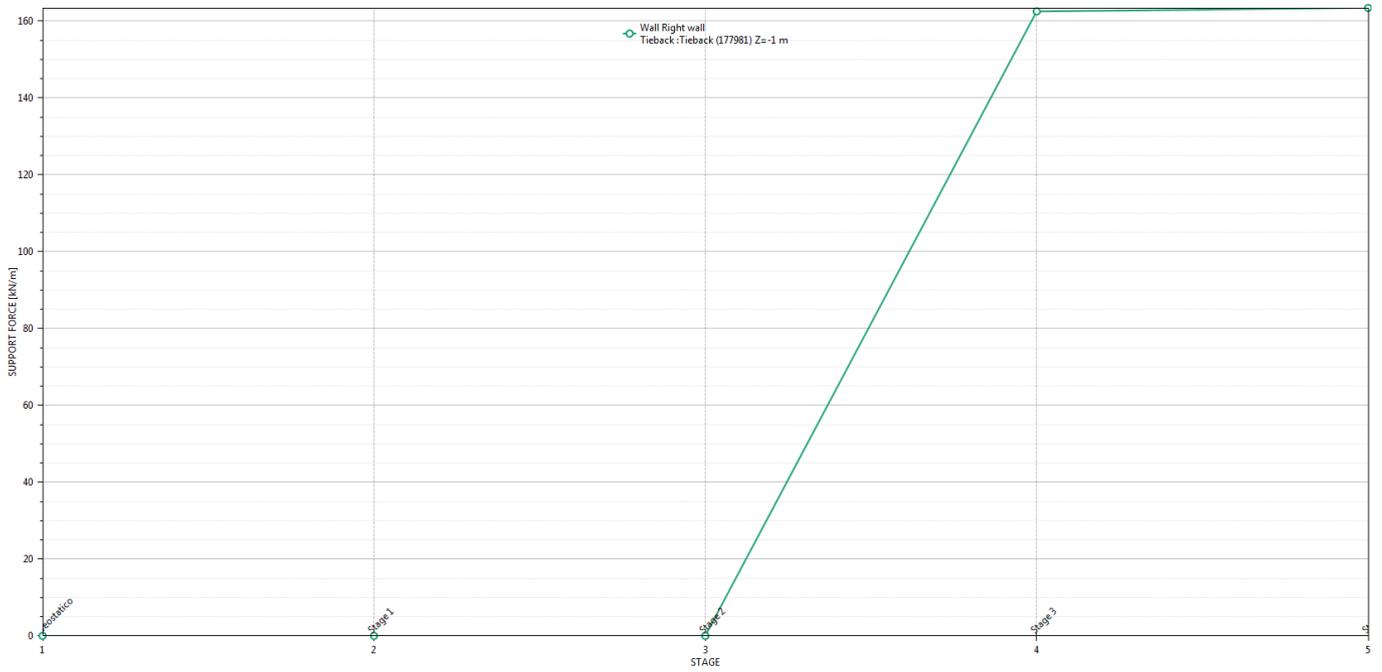
Le verifiche sono dunque soddisfatte (tassi di sfruttamento inferiori all'unità).

11.1 Sollecitazioni e verifiche tiranti palancola lato dx

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi. Il grafico della figura seguente mostra in particolare l'andamento delle reazioni dei singoli tiranti per unità di lunghezza, col procedere dei vari stage realizzativi dell'opera, come già discussi illustrati in precedenza:

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	48 di 116



La tabella seguente riporta quindi per ciascun tirante, e per ciascuno stage, il valore delle sollecitazioni di tiro risultante (SOLL) nonché i valori delle resistenze R_{GEO} del bulbo di ancoraggio ed R_{STR} , valutati secondo di criteri già esposti nel corso della presente relazioni ai paragrafi specifici:

COMBINAZIONE A1-M1-R3						
TIRANTE	STAGE	Sollecitazione [kN]	Resistenza GEO [kN]	Resistenza STR [kN]	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR
Tieback	Stage 3	325	415.75	807.41	0.782	0.403
Tieback	Stage 4	326.79	415.75	807.41	0.785	0.404

11.1 Sollecitazioni e verifiche travi di ripartizione

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali delle travi di ripartizione in c.a., eseguite tenendo conto delle sollecitazioni massime di progetto dei tiranti già esposte al precedente paragrafo:

Trave di ripartizione	Sezione	Materiale	Passo orizzontale (m)	Comb.	Stage	Carico (kN/m)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio
T1	2 UPN 160	S275	2.0	A1+M1+R1	Stage 3	162.5	0.882	0.24
T1	50X60	S275	2.0	A1+M1+R1	Stage 4	163.18	0.887	0.241

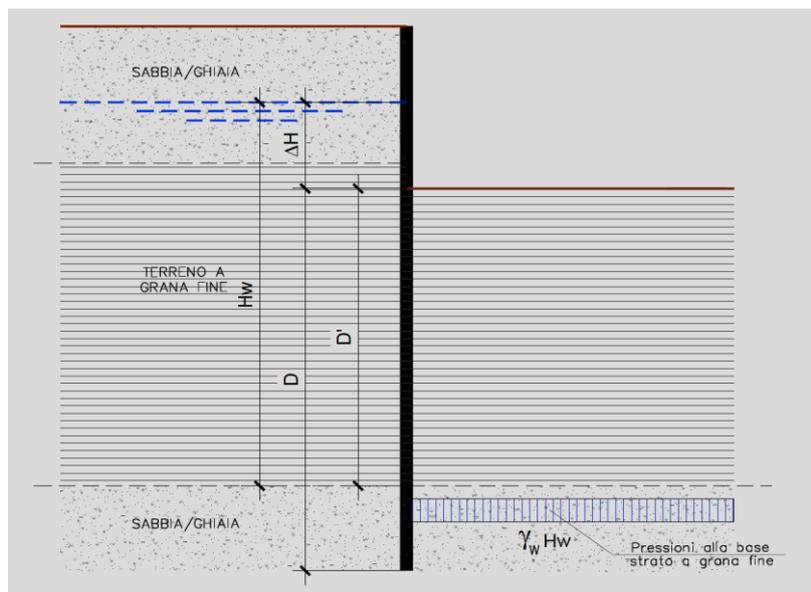
11.2 Verifiche a sollevamento e Sifonamento

Nel seguito si riportano le verifiche a sollevamento e a sifonamento sulla base di quanto esposto ai paragrafi 10.1.2 e 11.2 in assenza del tappo di fondo.

Nota: Le verifiche sono condotte per la paratia lato sinistra in quanto presenta profondità d'infissione minore. La profondità di scavo è valutata in assenza del franco di sicurezza come descritto al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Condizione a breve termine:

SCHEMA GRAFICO DI RIFERIMENTO



DATI DI INPUT

$\gamma_{sat}(\text{KN/m}^3) =$	19.5	Peso unità volume terreno saturo a valle
$\gamma_w(\text{KN/m}^3) =$	10.0	Peso unità volume acqua
$\gamma'(\text{KN/m}^3) =$	9.5	Peso unità volume terreno immerso
$\Delta H =$	3.1	altezza falda a monte da fondo scavo
$D' =$	6.9	profondità strato a grana fine da fondo scavo

D = 6.9 Infissione della Paratia
Hw = 10.0 profondità di riferimento per valutazione sottospinta
 (Se $D' > D$ si assume $Hw = D + \Delta H$)

CALCOLO DELLE AZIONI STABILIZZANTI

$\gamma_{G1} = 0.9$ coefficiente Parziali azioni permanenti favorevoli
 $\gamma_F = 0.9$ coefficiente Parziali azioni resistenze favorevoli
 $G_{stab,d} (KN/m^2) = 121.1$ $\gamma_{G1} \cdot (\gamma_{SAT} \cdot D')$ con $D' \leq D$
 $R'd (KN/m^2) = 0.0$ Resistenze di progetto caratteristiche
 $Rd (KN/m^2) = 0$ Resistenze di progetto di calcolo
 $A_{stab} (KN/m^2) = 121.1$ Azione Stabilizzante complessiva

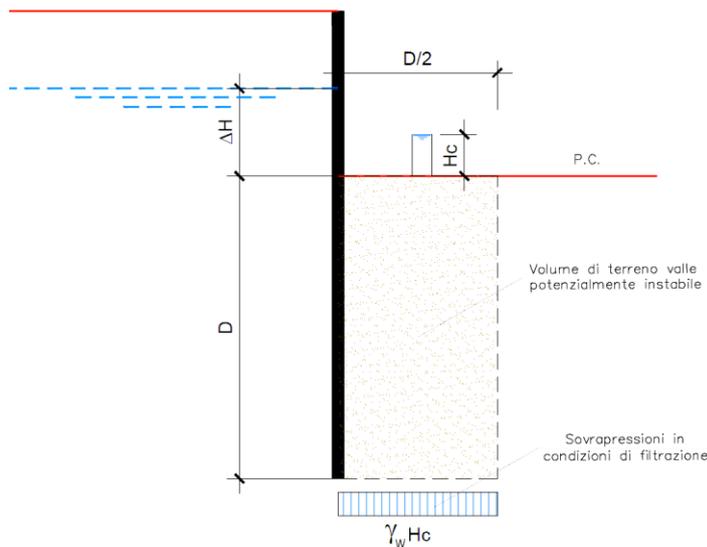
CALCOLO DELLE AZIONI INSTABILIZZANTI

$\gamma_{G1} = 1.1$ coefficiente Parziali azioni permanenti Sfavorevoli
 $A_{inst} (KN/m^2) = 110$ Azione inStabilizzante complessiva

F.S. = 1.10 (Astab/Ainst) **Verifica Soddisfatta**

Condizione a lungo termine:

SCHEMA GRAFICO DI RIFERIMENTO



DATI DI INPUT

$\gamma_{sat} (KN/m^3) = 19.5$ Peso unità volume terreno saturo a valle
 $\gamma_w (KN/m^3) = 10.0$ Peso unità volume acqua
 $\gamma' (KN/m^3) = 9.5$ Peso unità volume terreno immerso

$\Delta H =$ **3.1** altezza falda a monte da fondo scavo
 $D =$ **6.9** Infissione della Paratia

$i_m =$ **0.18** $\Delta H / (\Delta H + 2D) = H_c / D$ - gradiente idraulico medio
 $i_c =$ **0.95** γ' / γ_w
 $\gamma_R =$ **3.00** coefficiente parziale su gradiente idraulico critico

$i_m / (i_c / \gamma_R) =$ 0.58 ≤ 1 **Verifica a sifonamento Soddisfatta**

CALCOLO DELLE AZIONI STABILIZZANTI

$\gamma_{G1} =$ **0.9** coefficiente Parziali azioni permanenti favorevoli
 $\gamma_F =$ **0.9** coefficiente Parziali azioni resistenze favorevoli
 $G_{stb,d} (KN/m^2) =$ 203.5 $\gamma_{G1} \cdot (\gamma' \cdot D \cdot D / 2)$
 $R'd (KN/m^2) =$ **0.0** Resistenze di progetto caratteristiche
 $R_d (KN/m^2) =$ 0 Resistenze di progetto di calcolo
 $A_{stab} (KN/m^2) =$ 203.5 Azione Stabilizzante complessiva

CALCOLO DELLE AZIONI INSTABILIZZANTI

$\gamma_{G1} =$ **1.1** coefficiente Parziali azioni permanenti Sfavorevoli
 $H_c (m) =$ **1.27** sovrappressione idrodinamica in colonna d'acqua = $i_m \times D$
 $A_{inst} (KN/m^2) =$ **48.0** Azione inStabilizzante complessiva

F.S. = **4.24** (Astab/Ainst) **Verifica a Sollevamento Soddisfatta**

Le verifiche idrauliche sono soddisfatte. Tuttavia si dispone in ogni caso un tappo di fondo in jet grouting di spessore minimo pari a 2.50m per incrementare la rigidità delle paratie e ridurre al minimo il rischio di infiltrazioni d'acqua nello scavo.

11.3 Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Nel caso in esame la verifica non risulta significativa in quanto non esistono superfici di scorrimento circolari ammissibili che hanno tratto finale ricadente nella parte di scavo tra le paratie.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari					
	Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN0000 001	REV. A

12 TABULATI DI CALCOLO



1. Descrizione del Software

ParatiePlus analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

ParatiePlus non permette lo studio di problematiche che coinvolgano un movimento esteso del versante di scavo, in quanto ParatiePlus non consente lo sviluppo di movimenti rigidi della parete o parti di ammasso rispetto ad altre parti di terreno.

Scopo precipuo di ParatiePlus è quindi il calcolo delle azioni flettenti e taglianti e delle deformazioni laterali della parete di sostegno, e la valutazione di tutte quelle grandezze a queste connesse.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

La simulazione numerica è quella offerta dal metodo degli elementi finiti.

La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	54 di 116

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Sezione : Palanca PU32

Area equivalente : 0.0242 m

Inerzia equivalente : 0.0007 m⁴/m

Profilo palanca : PU_32





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	55 di 116

X : 7.9 m

Quota in alto : 1 m

Quota di fondo : -11 m

Muro di destra

Sezione : Palancola PU32

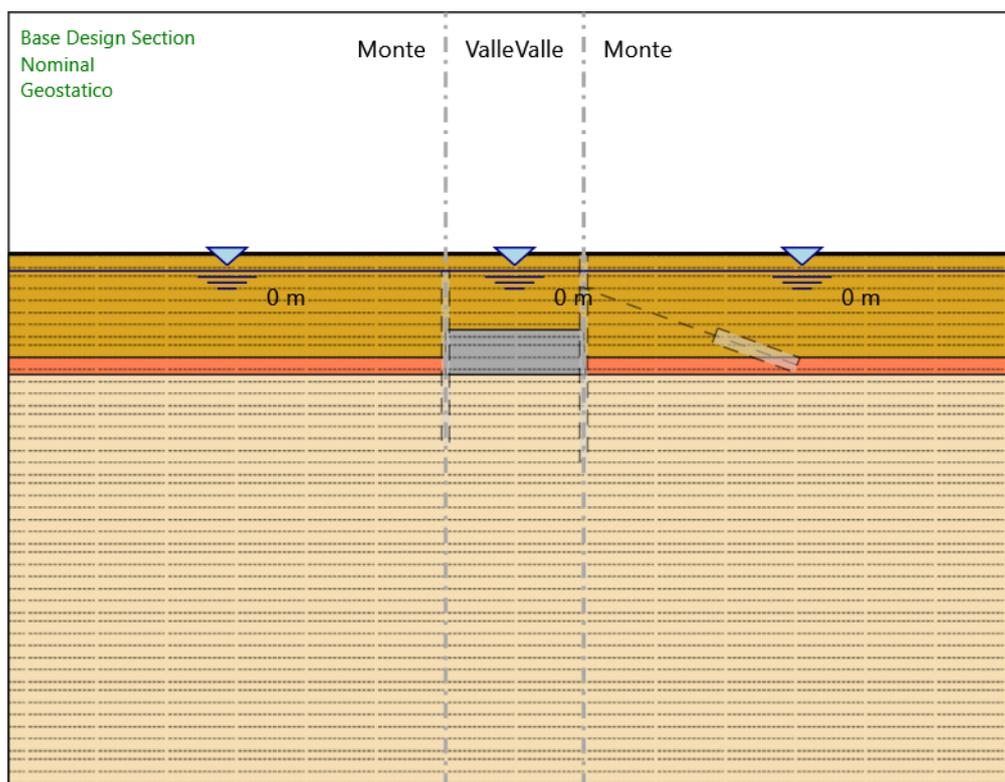
Area equivalente : 0.0242 m

Inerzia equivalente : 0.0007 m⁴/m

Profilo palancola : PU_32



Fasi di Calcolo Geostatico



Geostatico

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 1 m

Lato valle : 1 m

Muro di destra

Lato monte : 1 m

Lato valle : 1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

1 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

1 m



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	57 di 116

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

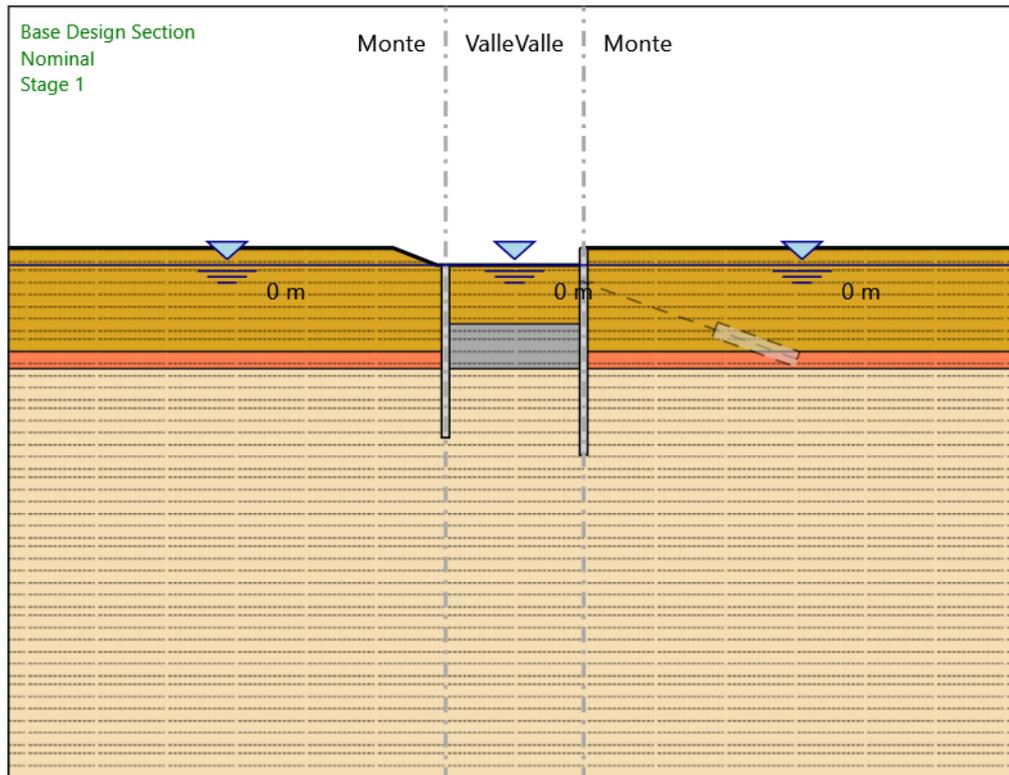
Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

Falda centrale : 0 m

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Muro di destra

Lato monte : 1 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;1)

(-3;1)

(-0.5;0)

(0;0)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	59 di 116

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

Falda centrale : 0 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Palancola PU32

Paratia : WallElement_New

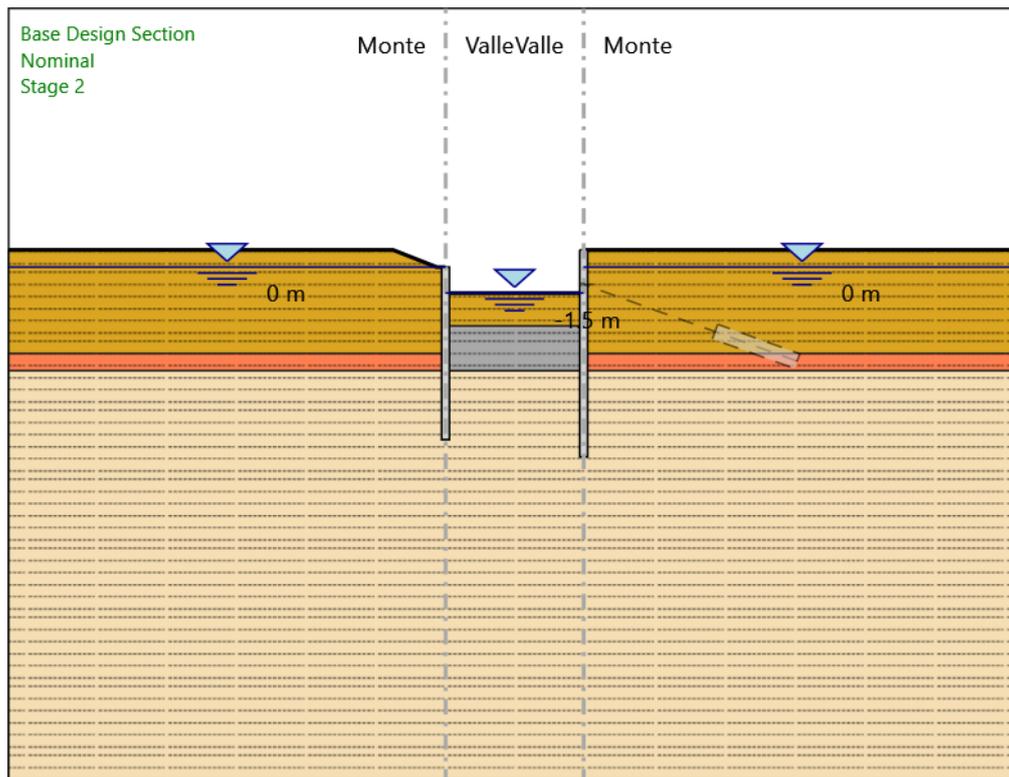
X : 7.9 m

Quota in alto : 1 m

Quota di fondo : -11 m

Sezione : Palancola PU32

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -1.5 m

Muro di destra

Lato monte : 1 m
Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;1)
(-3;1)
(-0.5;0)
(0;0)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	61 di 116

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-1.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

Falda centrale : -1.5 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Palanca PU32

Paratia : WallElement_New

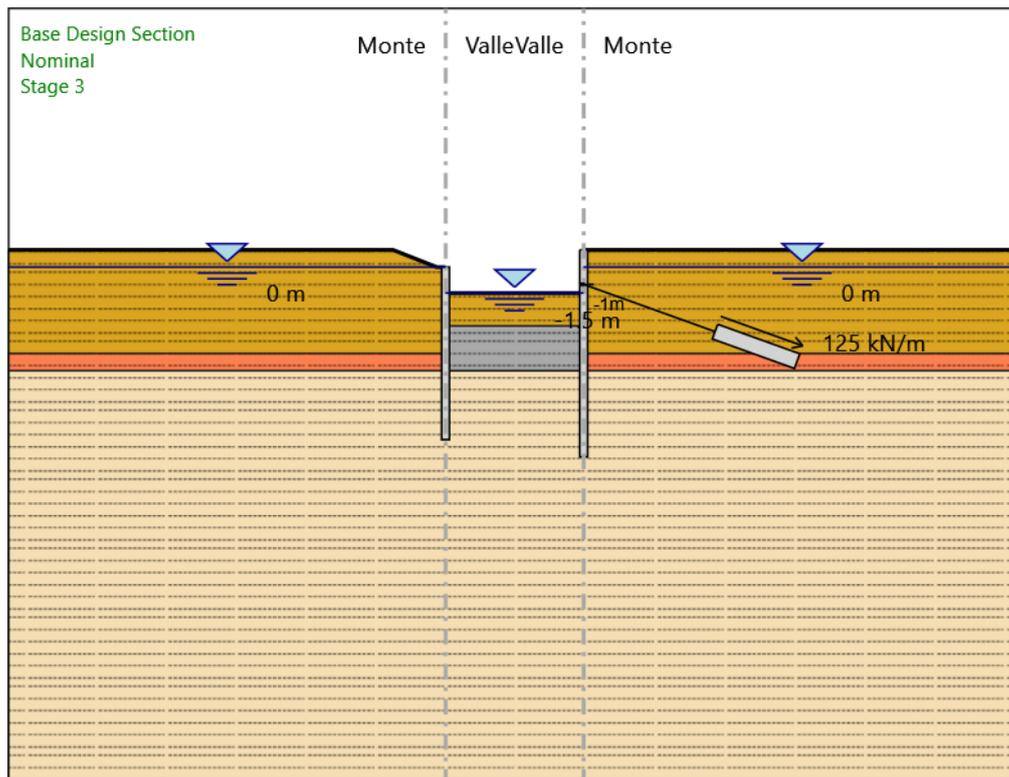
X : 7.9 m

Quota in alto : 1 m

Quota di fondo : -11 m

Sezione : Palanca PU32

Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -1.5 m

Muro di destra

Lato monte : 1 m
Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;1)
(-3;1)
(-0.5;0)
(0;0)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	63 di 116

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-1.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

Falda centrale : -1.5 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Palancola PU32

Paratia : WallElement_New

X : 7.9 m

Quota in alto : 1 m

Quota di fondo : -11 m

Sezione : Palancola PU32

Tirante : Tieback

X : 7.9 m

Z : -1 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.18 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2 m

Precarico : 250 kN

Angolo : 160 °

Sezione : 4 strands

Area : 0.000556 m²

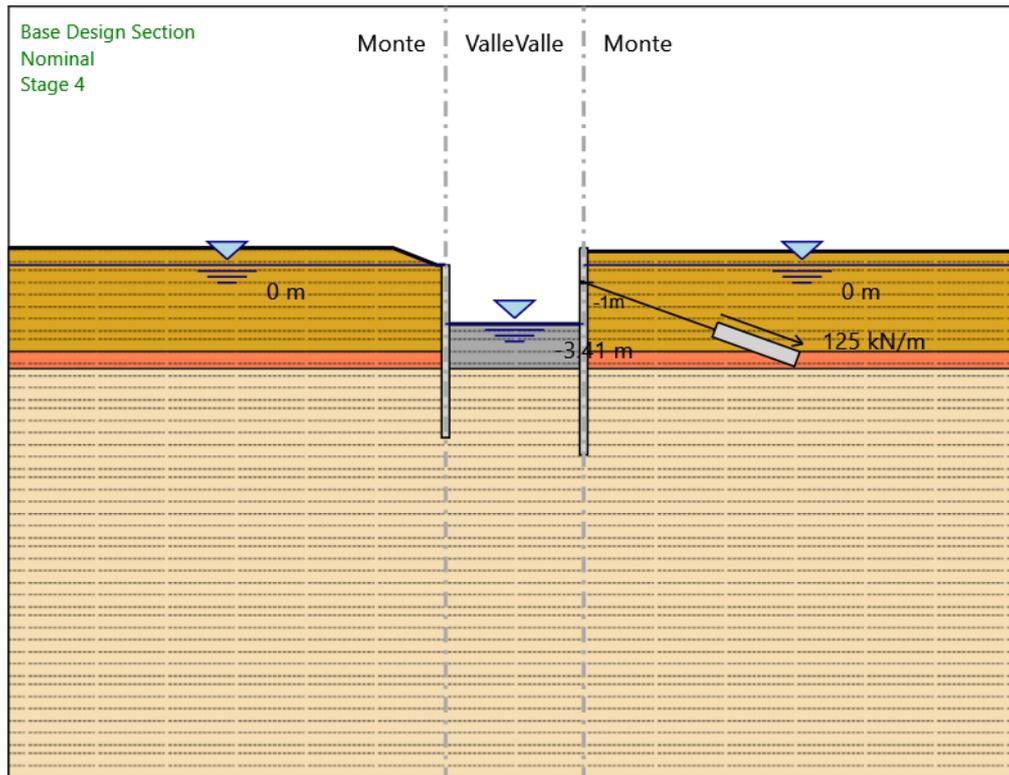
Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : 2 UPN 160

UPN 160

Materiale : S275

Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.41 m

Muro di destra

Lato monte : 0.8 m

Lato valle : -3.41 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;1)

(-3;1)

(-0.5;0)

(0;0)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	65 di 116

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-3.41 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0.8 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

Falda centrale : -3.41 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Palancola PU32

Paratia : WallElement_New

X : 7.9 m

Quota in alto : 1 m

Quota di fondo : -11 m

Sezione : Palancola PU32

Tirante : Tieback

X : 7.9 m

Z : -1 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.18 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2 m

Precarico : 250 kN

Angolo : 160 °

Sezione : 4 strands

Area : 0.000556 m²

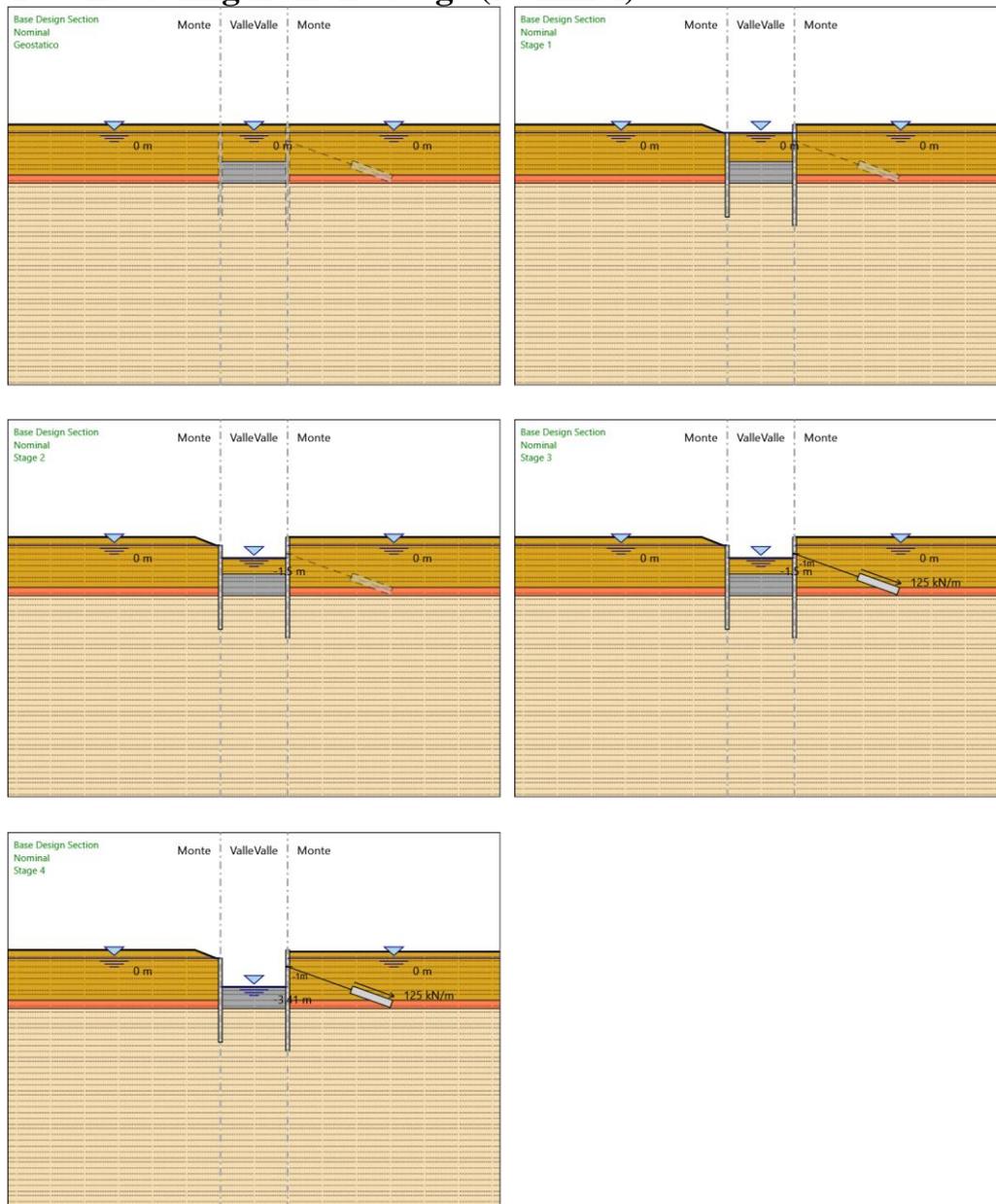
Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : 2 UPN 160

UPN 160

Materiale : S275

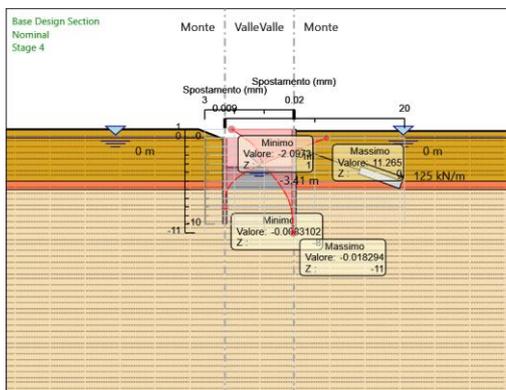
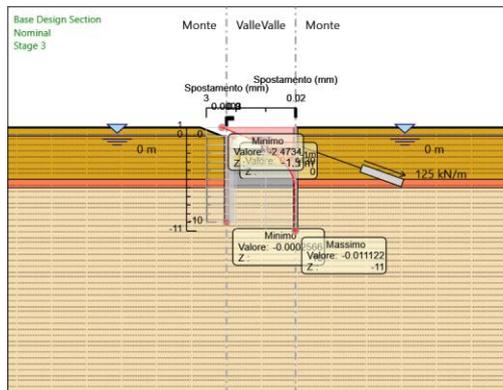
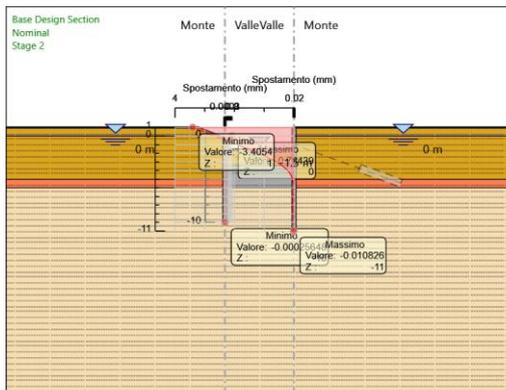
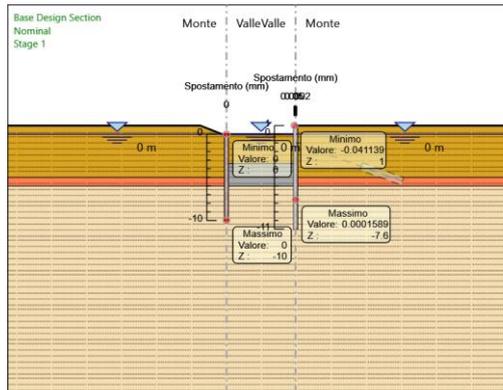
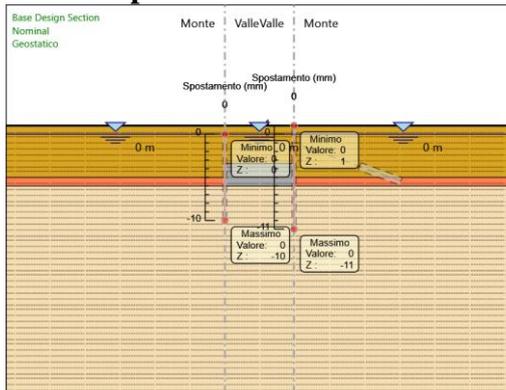
Tabella Configurazione Stage (Nominal)



Grafici dei Risultati

Design Assumption : Nominal

Grafici Spostamento in tabella





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	68 di 116

Inviluppi Spostamento Nominal

Grafico Taglio Nominal

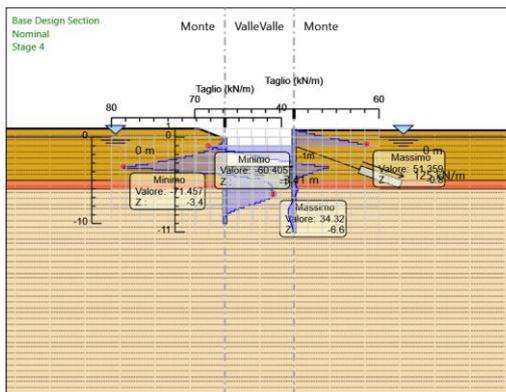
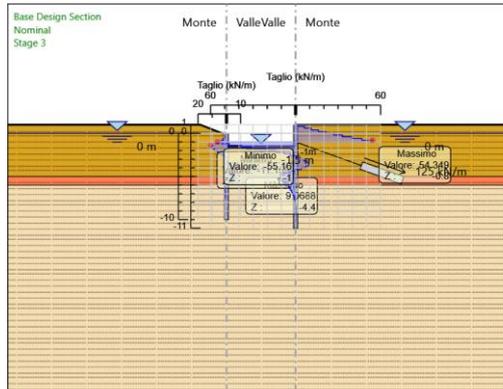
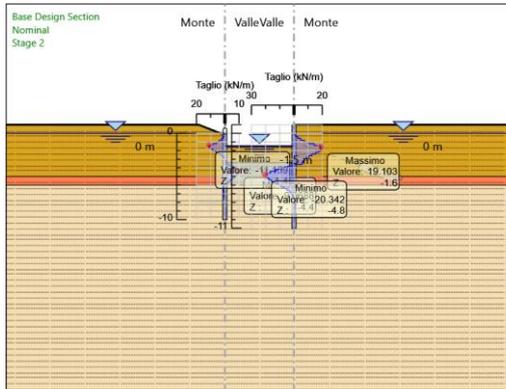
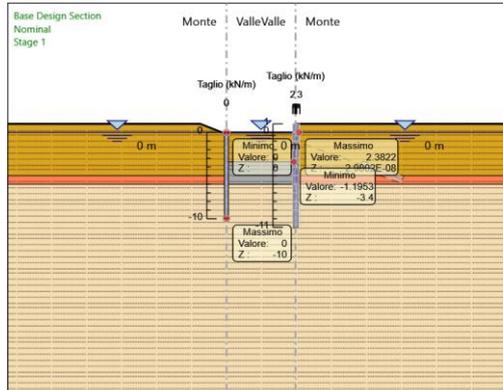
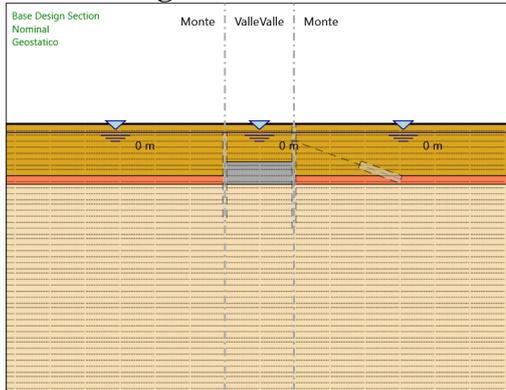
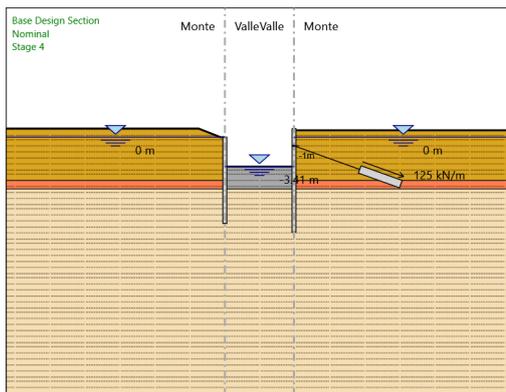
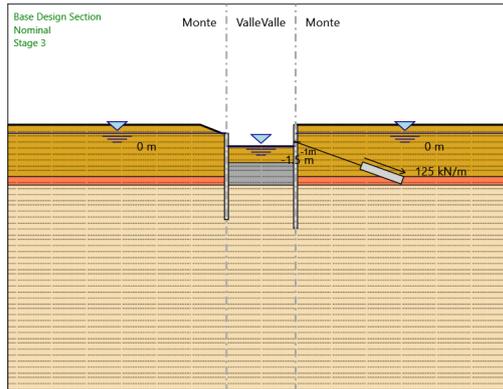
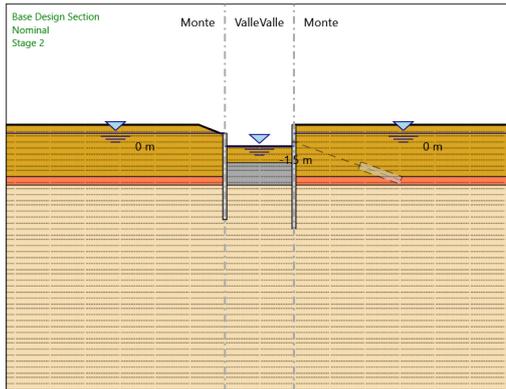
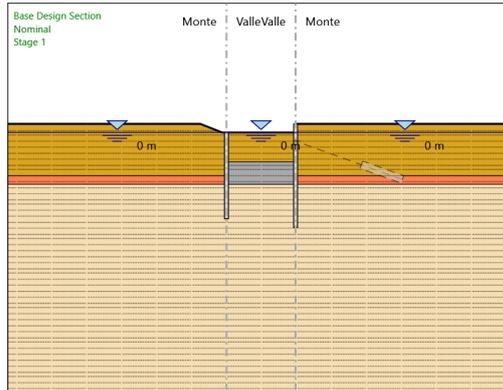
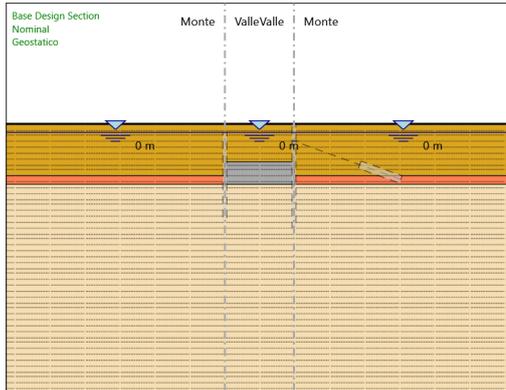


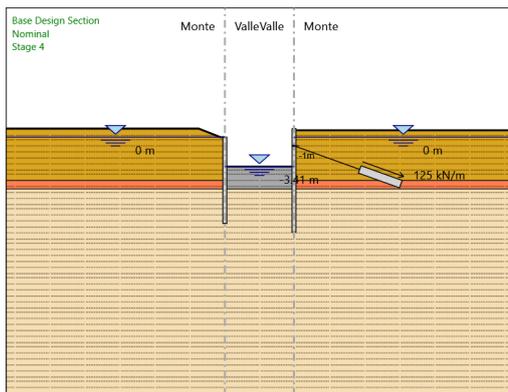
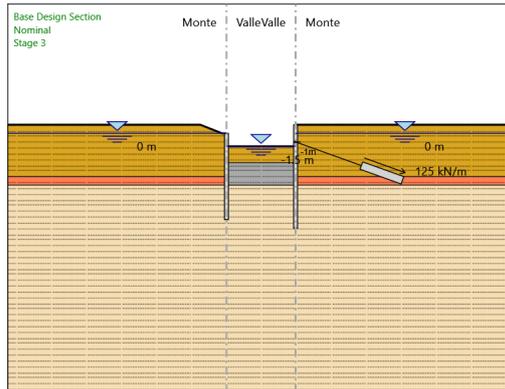
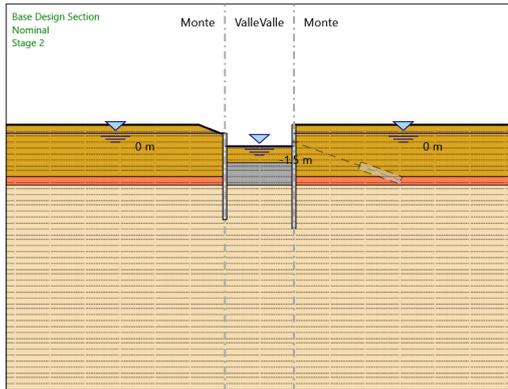
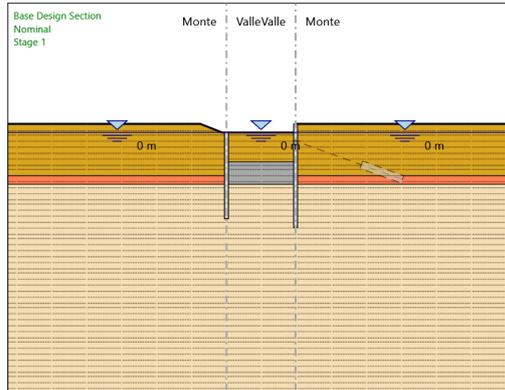
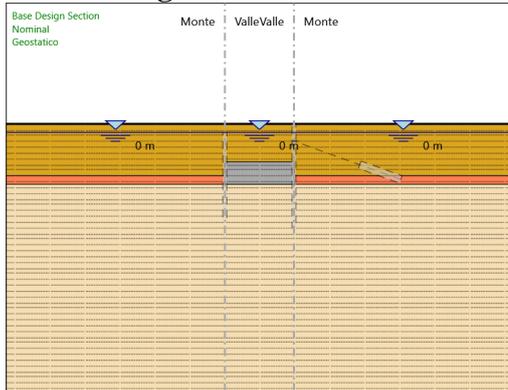
Grafico Momento Nominal



Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	72 di 116

Grafico Taglio Nominal





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	73 di 116

Inviluppi Risultati Paratia Nominal



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	74 di 116

Risultati Elementi strutturali

Design Assumption: Nominal Sollecitazione Tieback

Stage	Forza (kN/m)
Stage 3	125
Stage 4	125.6896



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	75 di 116

Risultati Terreno

Grafico Risultati Terreno Sigma V

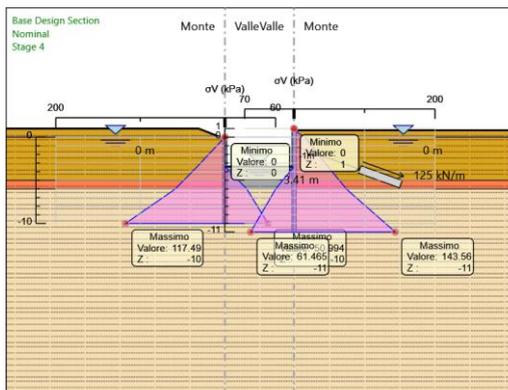
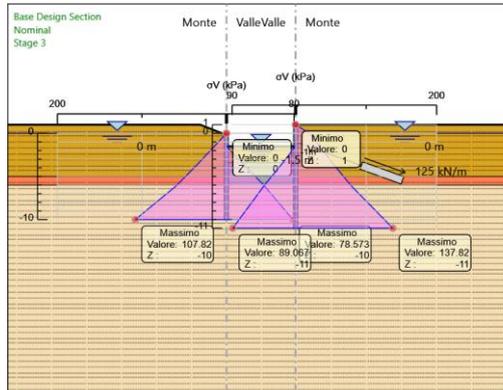
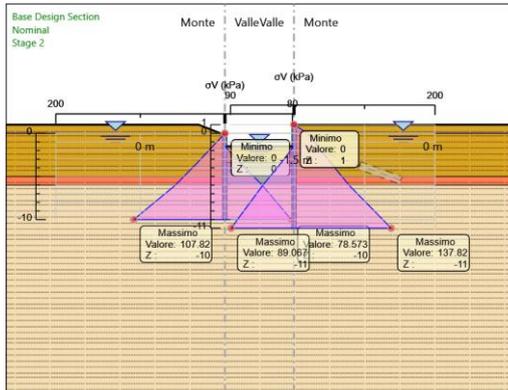
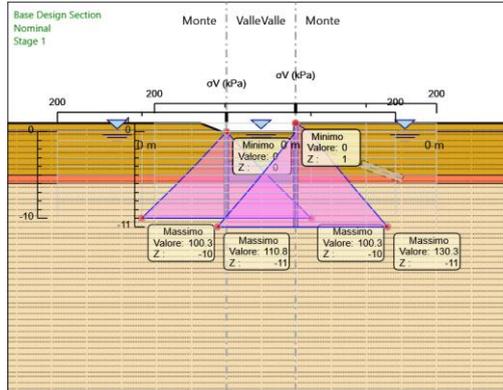
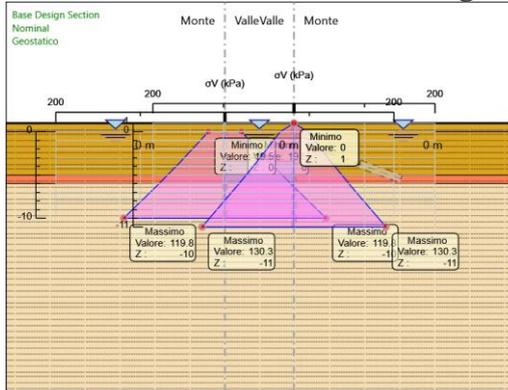


Grafico Risultati Terreno Sigma H

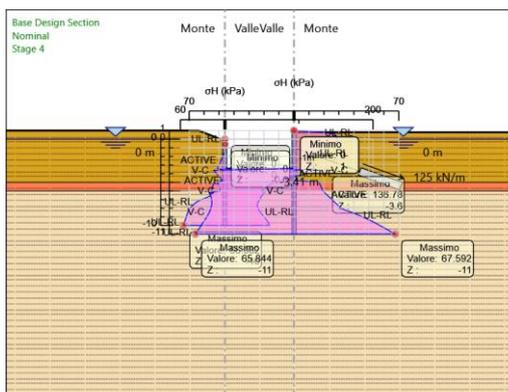
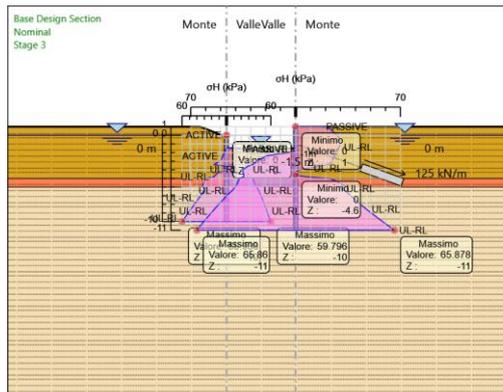
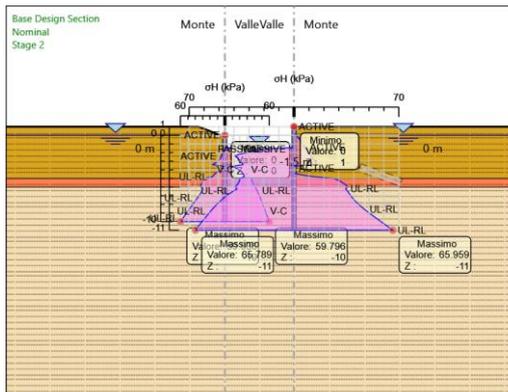
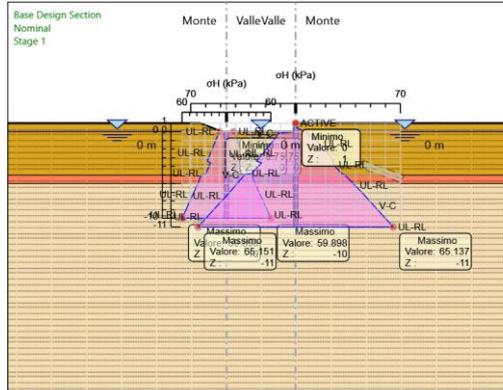
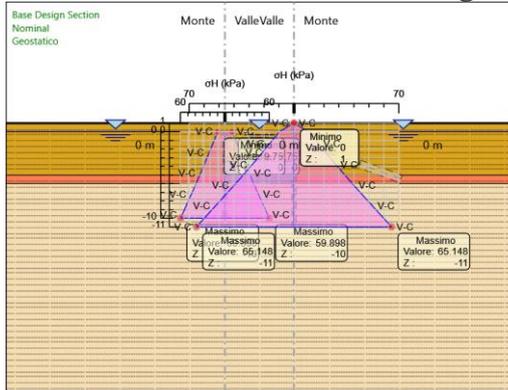


Grafico Risultati Terreno Pressione neutra

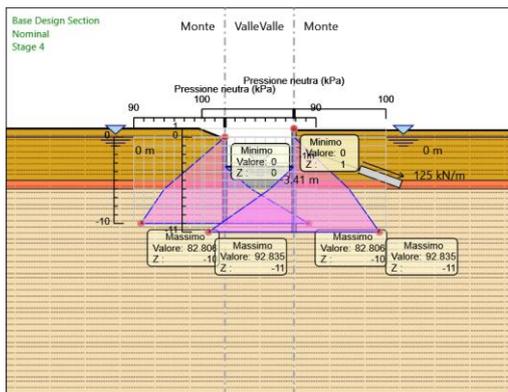
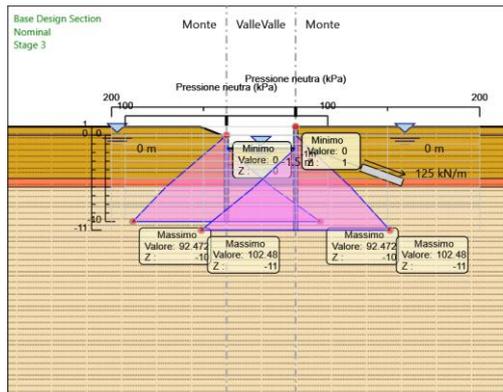
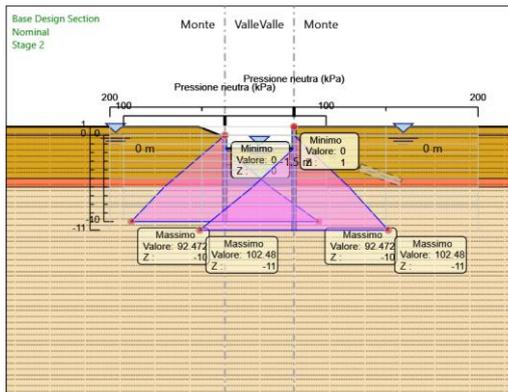
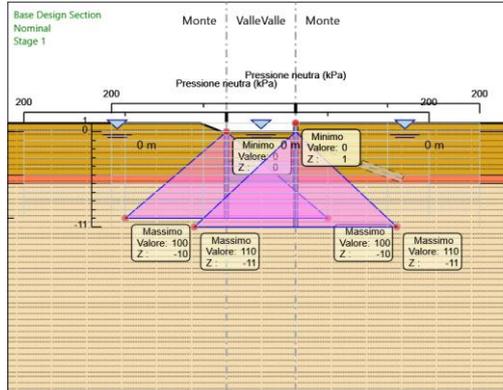
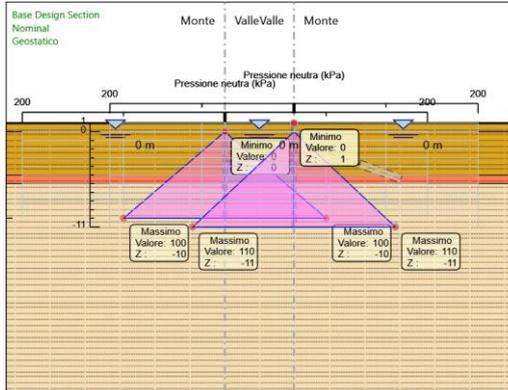


Grafico Risultati Terreno Gradiente idraulico

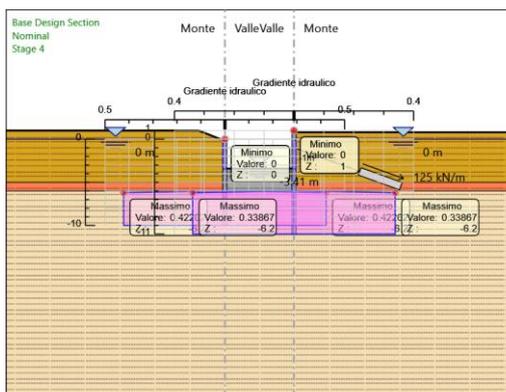
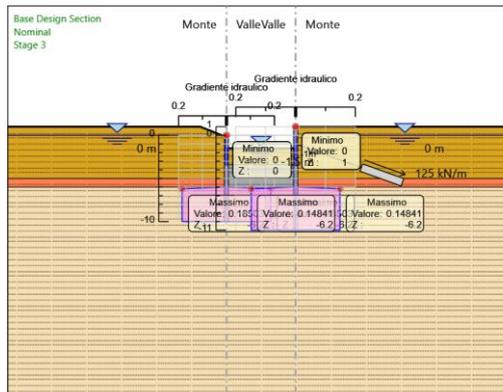
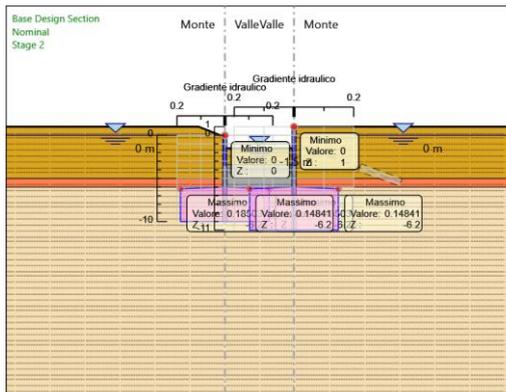
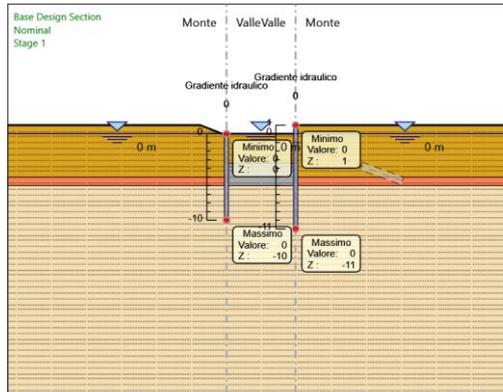
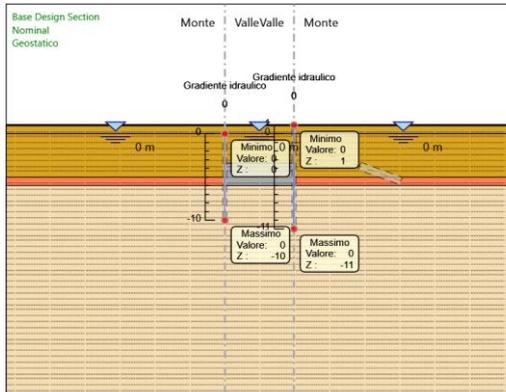
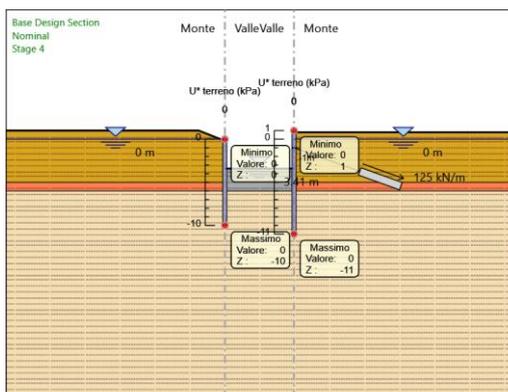
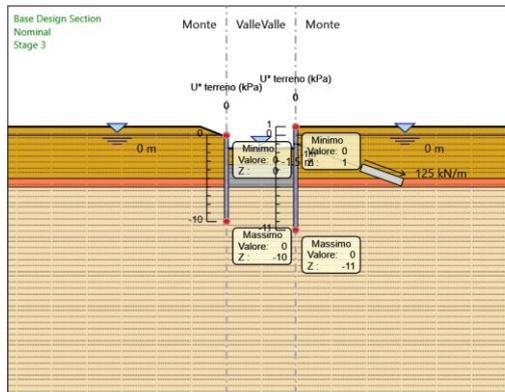
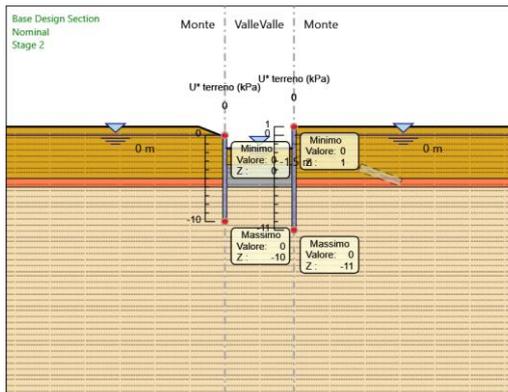
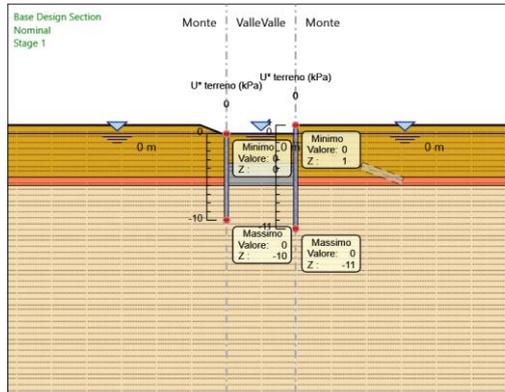
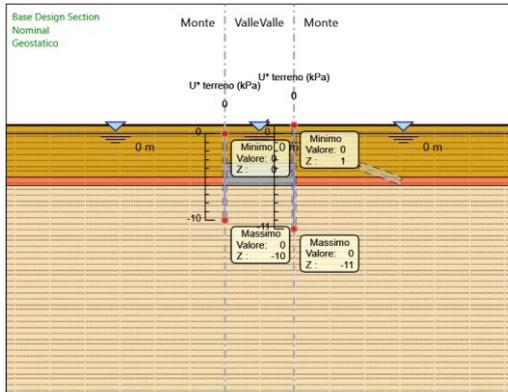


Grafico Risultati Terreno U* terreno



Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	81 di 116

Riepilogo spinte

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	LEFT		
Nominal	Riepilogo spinte						
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Geostatico	342.4	500	842.4	171.4	3212.2	10.66%	2
Stage 1	334.9	500	834.9	134.9	2967.8	11.28%	2.48
Stage 2	232.7	484.1	716.8	142.9	3019.9	7.71%	1.63
Stage 3	232.7	484.1	716.8	142.9	3019.9	7.71%	1.63
Stage 4	195	463.8	658.8	153.2	3086.8	6.32%	1.27

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal	Riepilogo spinte						
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Geostatico	342.4	500	842.4	171.4	3212.2	10.66%	2
Stage 1	334.9	500	834.9	108.4	2524	13.27%	3.09
Stage 2	340.2	376.6	716.8	66.2	1983.5	17.15%	5.14
Stage 3	340.2	376.6	716.8	66.2	1983.5	17.15%	5.14
Stage 4	407.8	251	658.8	21.6	1388.4	29.37%	18.88

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	82 di 116

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	RIGHT	Lato	LEFT		
Nominal	Riepilogo spinte						
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Geostatico	409.8	605	1014.8	213.1	3639.8	11.26%	1.92
Stage 1	399.3	605	1004.3	141.4	2849.8	14.01%	2.82
Stage 2	423.6	470.3	893.9	91.4	2261.1	18.73%	4.63
Stage 3	391.3	470.3	861.6	91.4	2261.1	17.31%	4.28
Stage 4	416.7	330.4	747.1	36.6	1601.9	26.01%	11.39

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	RIGHT	Lato	RIGHT		
Nominal	Riepilogo spinte						
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Geostatico	409.8	605	1014.8	213.1	3639.8	11.26%	1.92
Stage 1	399.3	605	1004.3	213.1	3639.8	10.97%	1.87
Stage 2	308.4	585.5	893.9	221.5	3694.9	8.35%	1.39
Stage 3	393.6	585.5	979.1	221.5	3694.9	10.65%	1.78
Stage 4	304.7	560.5	865.2	216.9	3605	8.45%	1.4



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisoria tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	83 di 116

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pressio	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seism_load)	ni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	ni Acqua Valle (F_WaterRes)	Permane Destabili (F_UPL_GDStab)	Perman Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Permane Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Permane Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

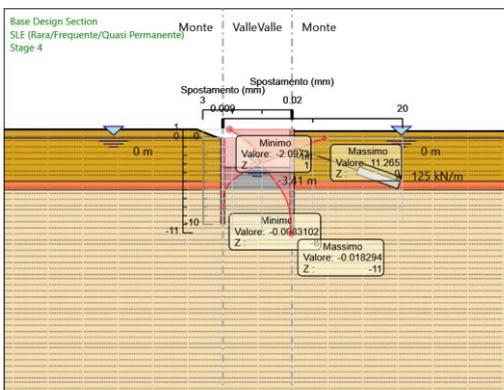
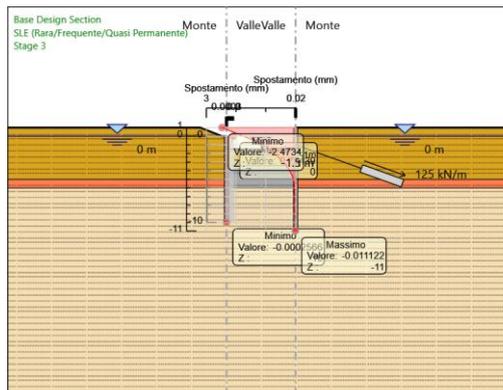
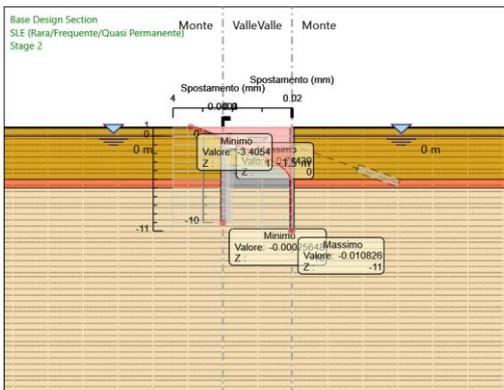
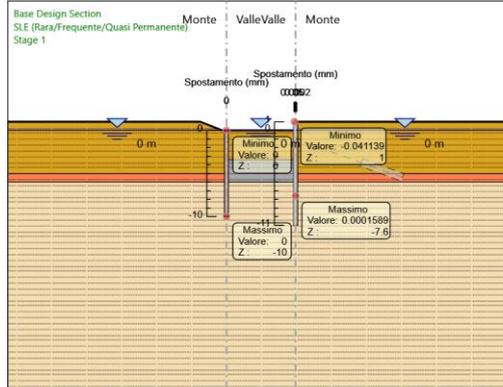
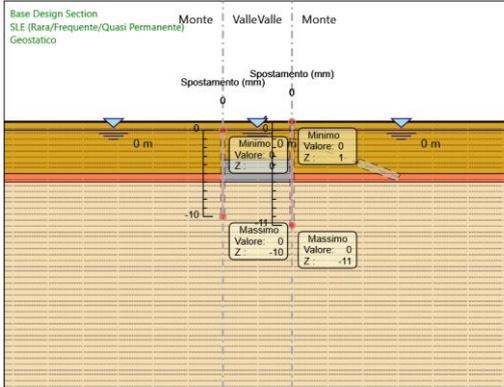
Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

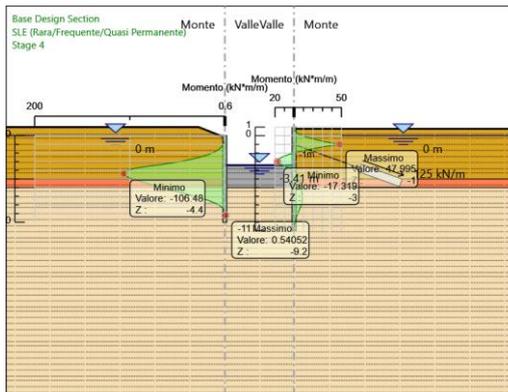
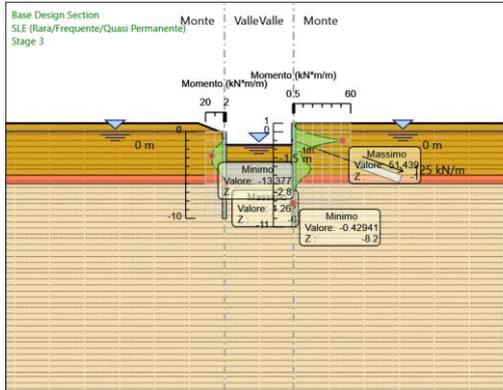
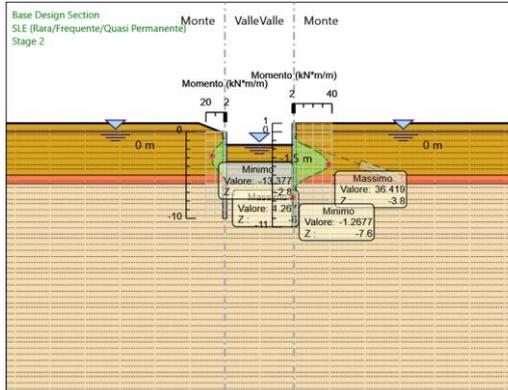
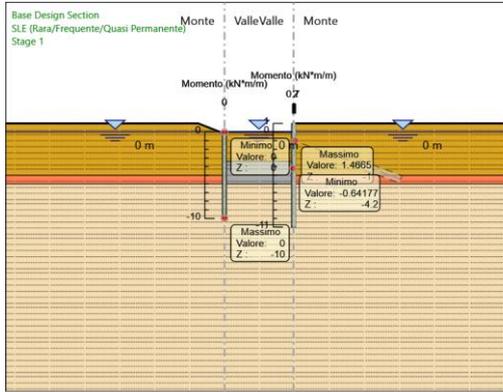
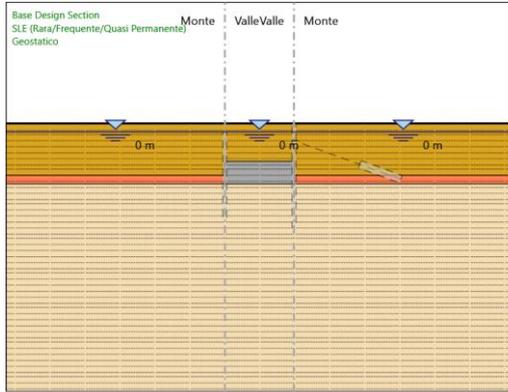
Coefficienti R

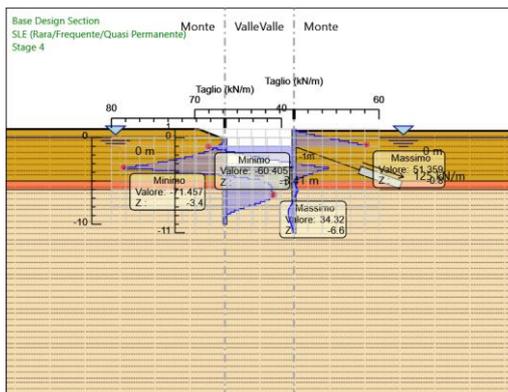
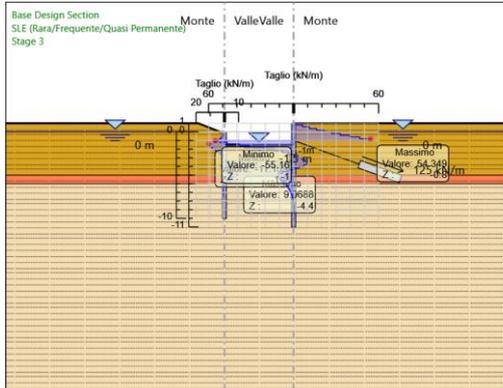
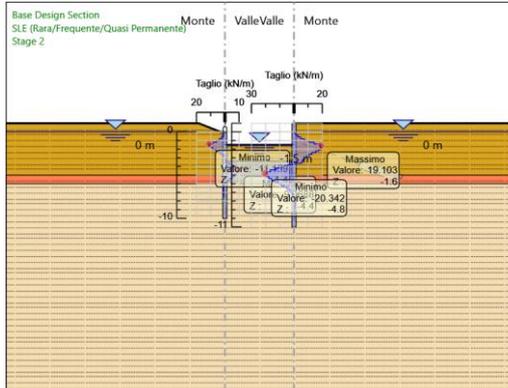
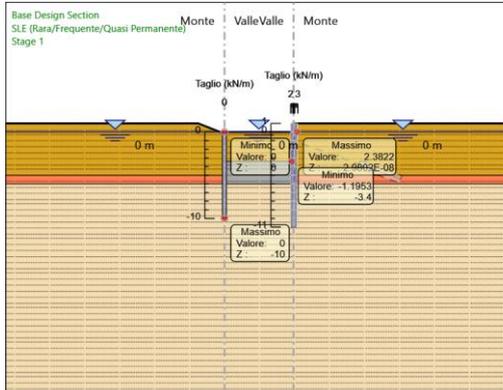
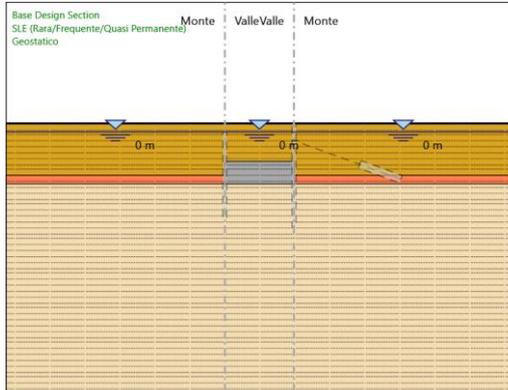
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Tabella Grafici dei Risultati

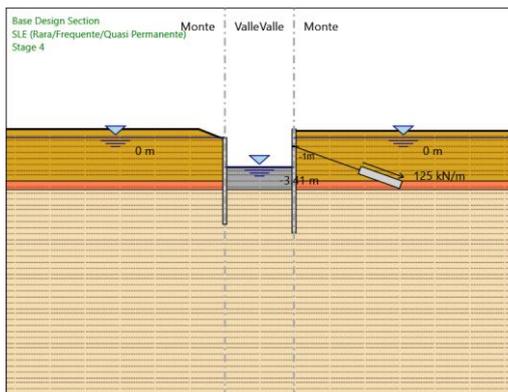
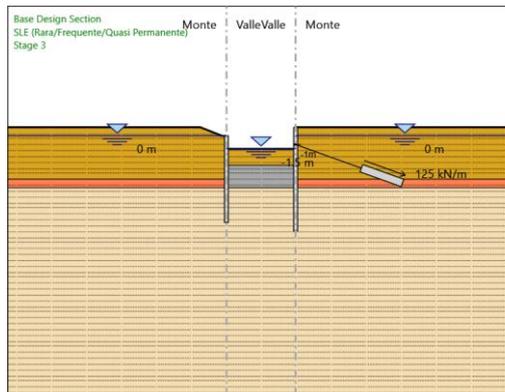
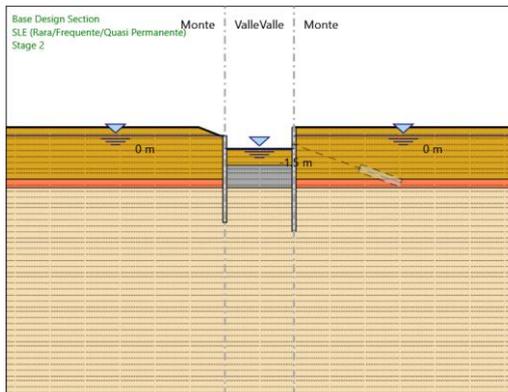
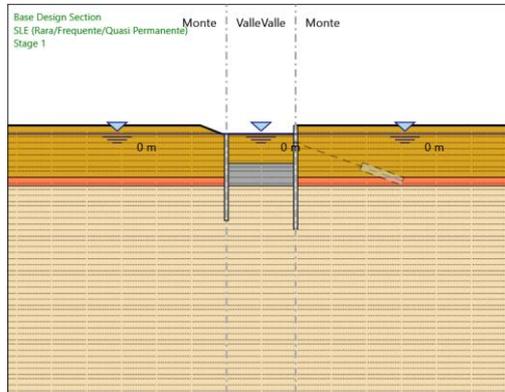
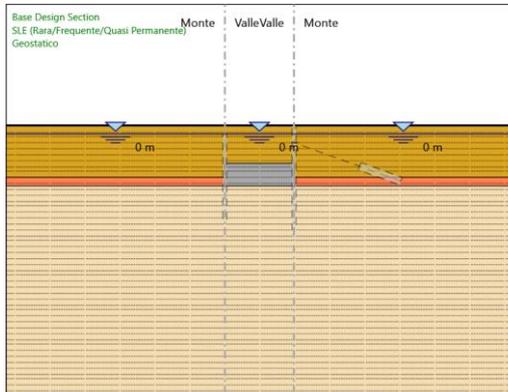


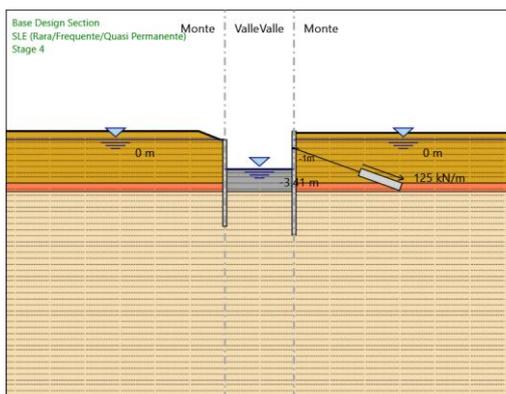
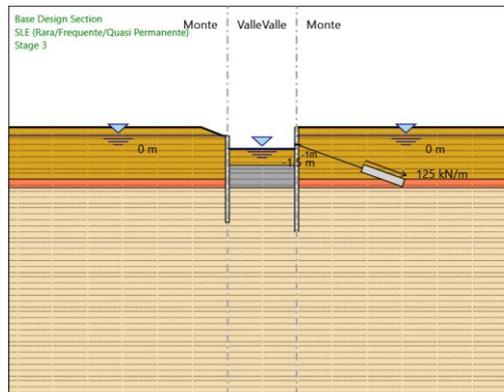
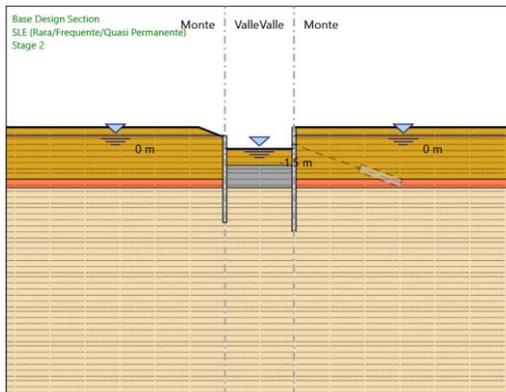
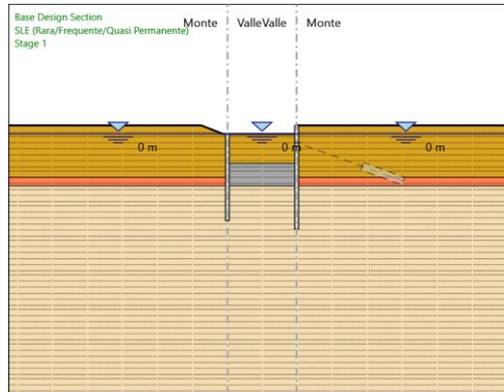
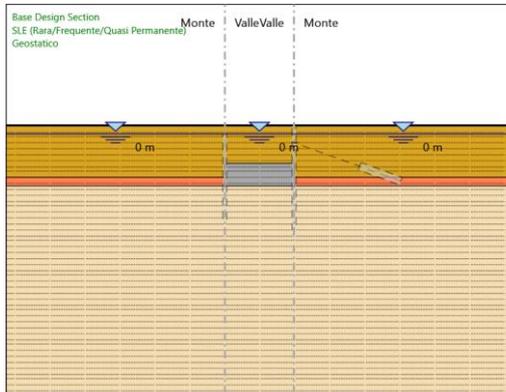




Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	87 di 116





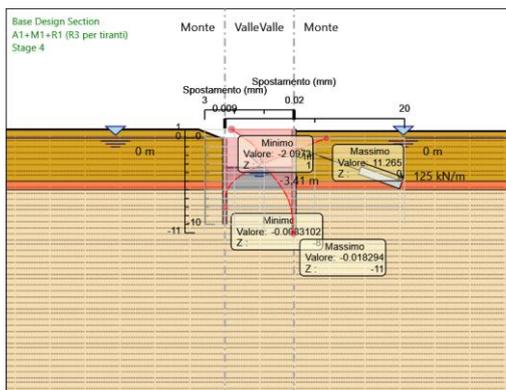
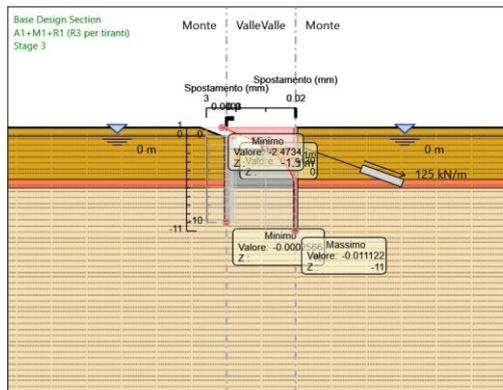
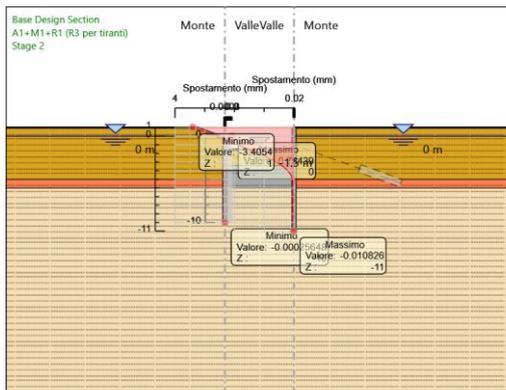
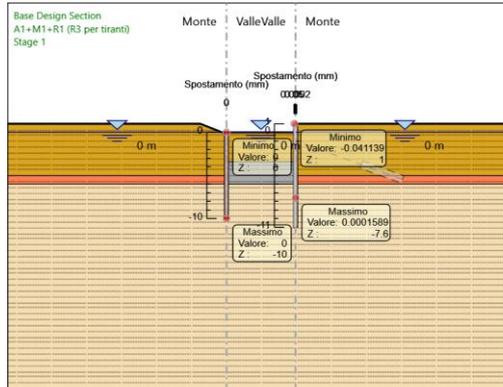
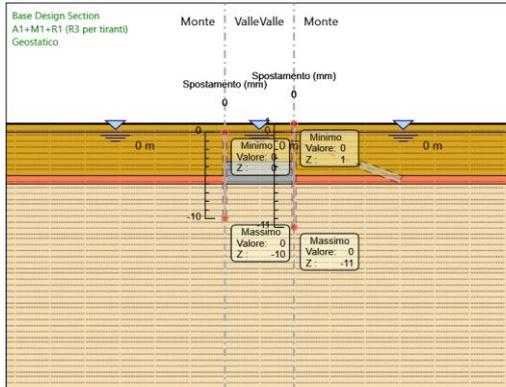
Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

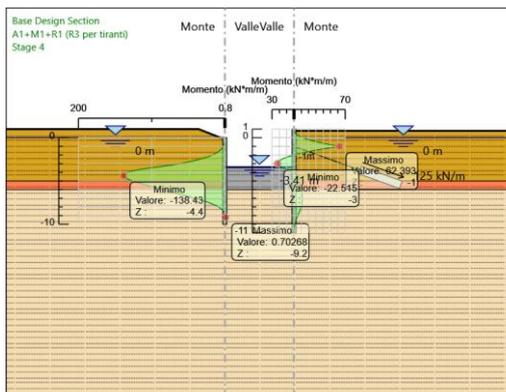
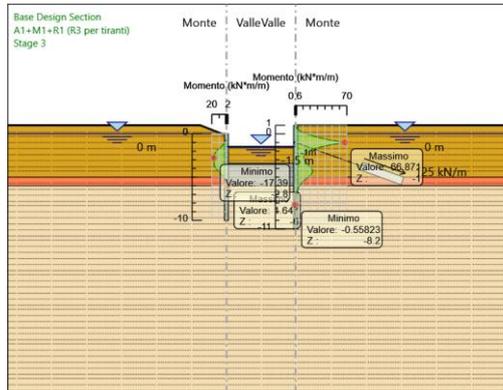
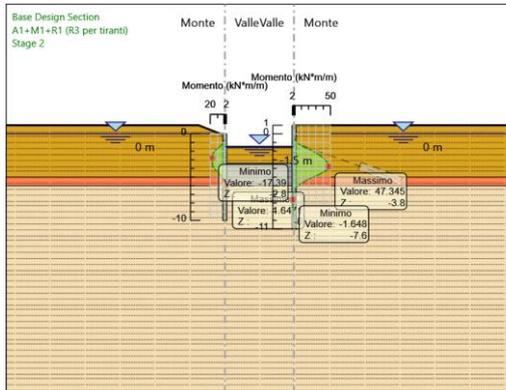
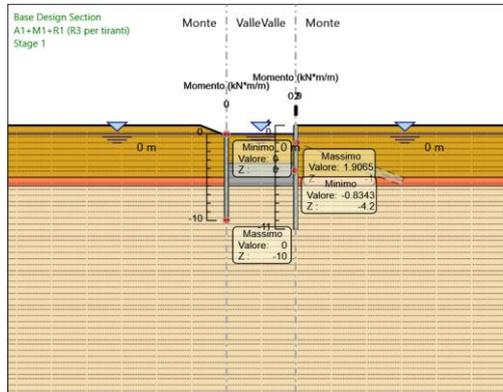
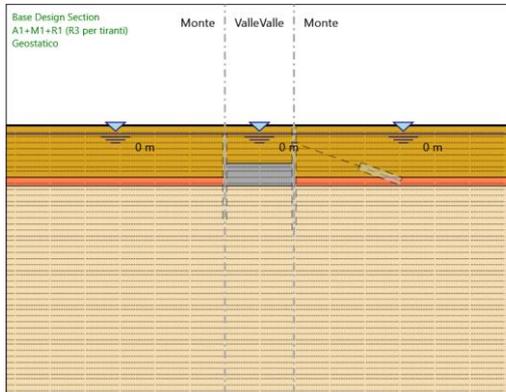
Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Tieback

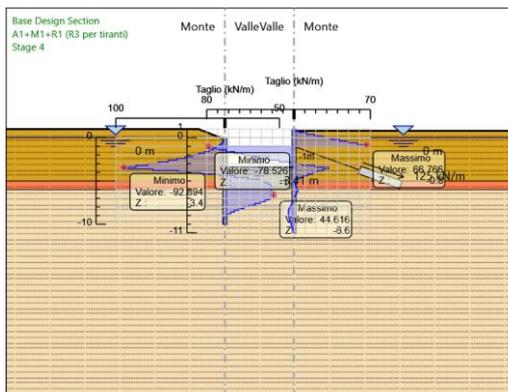
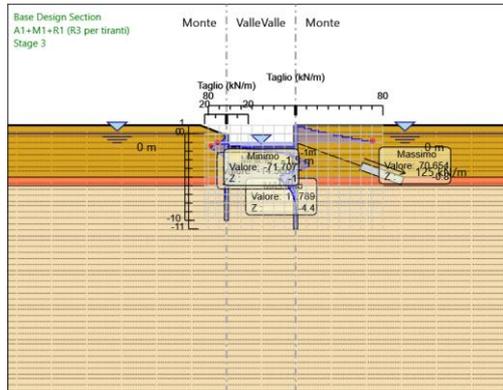
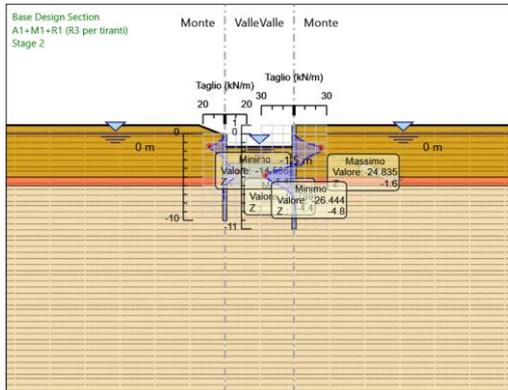
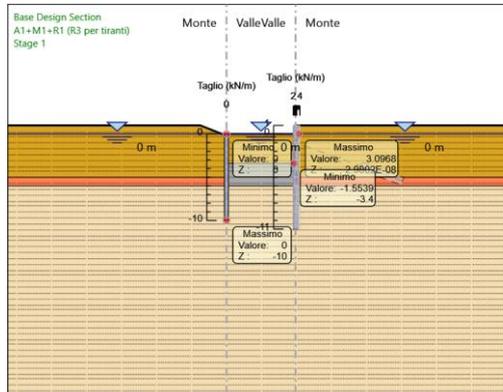
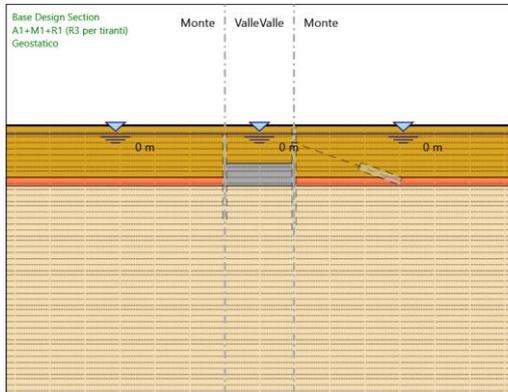
Stage	Forza (kN/m)
Stage 3	125
Stage 4	125.6896

Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Tabella Grafici dei Risultati

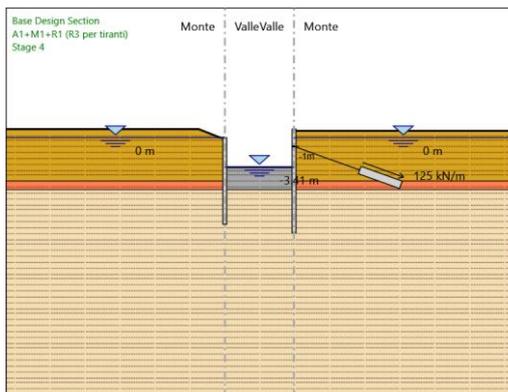
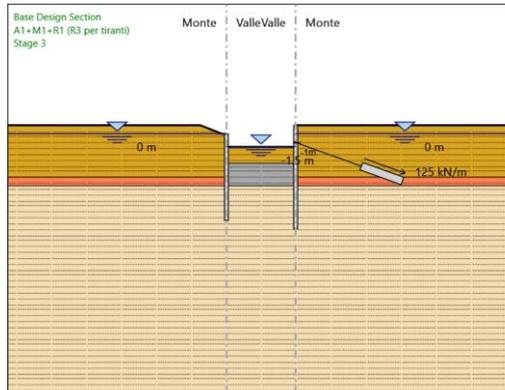
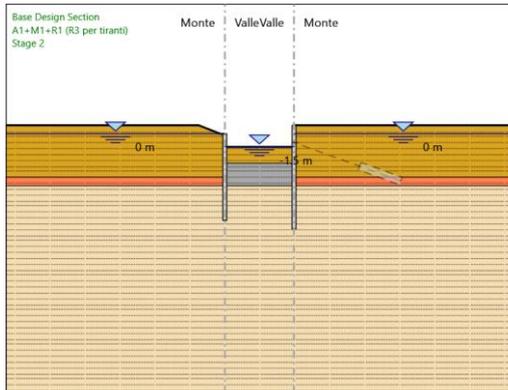
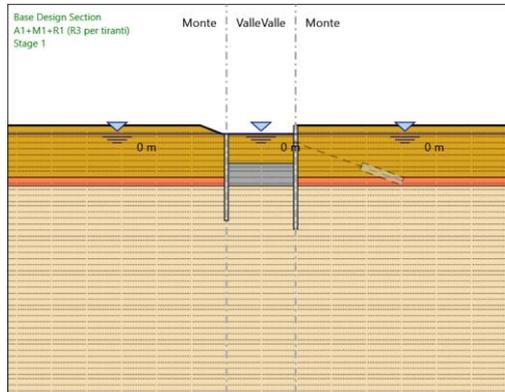
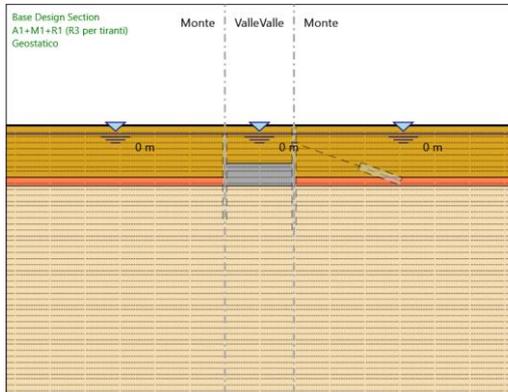






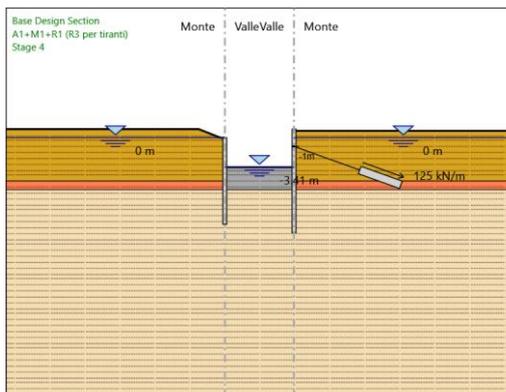
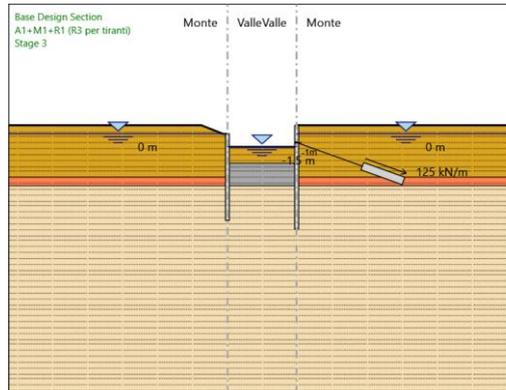
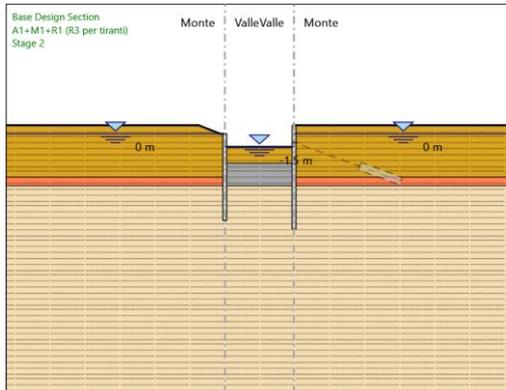
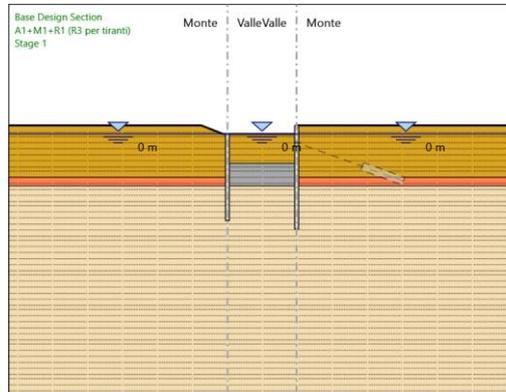
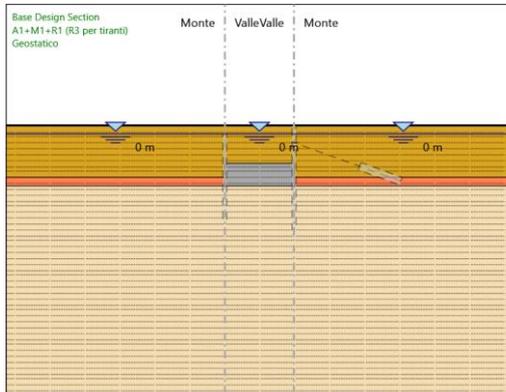
Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	92 di 116



Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	93 di 116



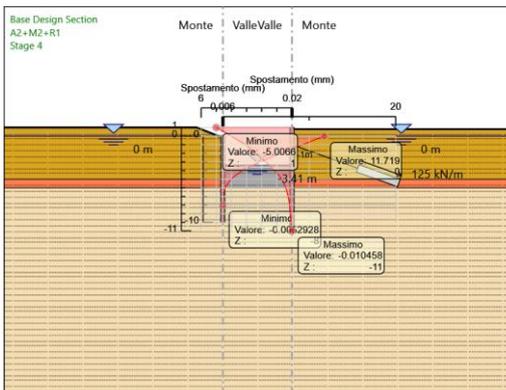
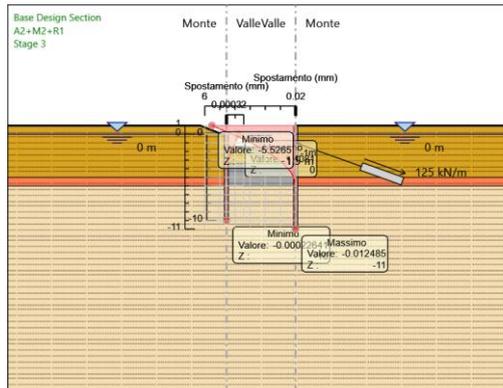
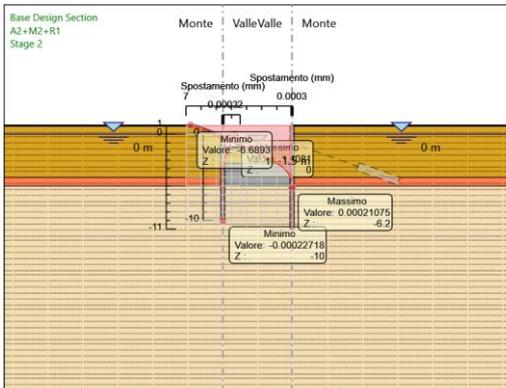
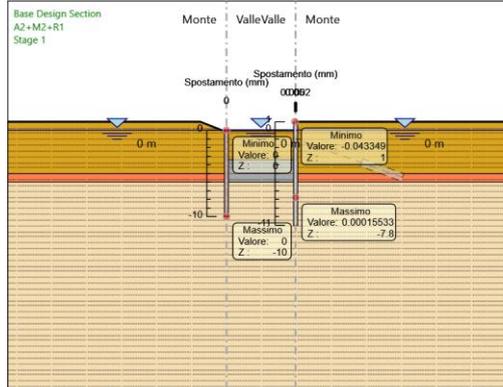
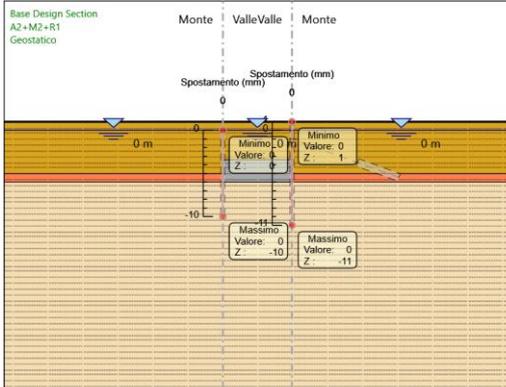
Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

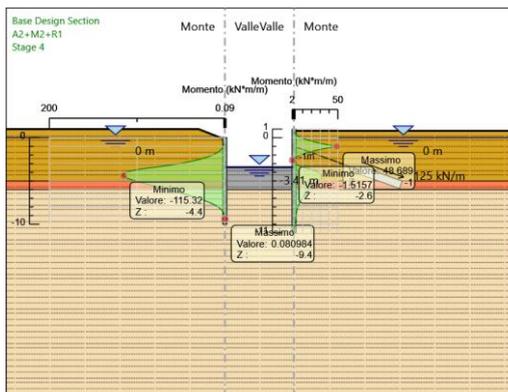
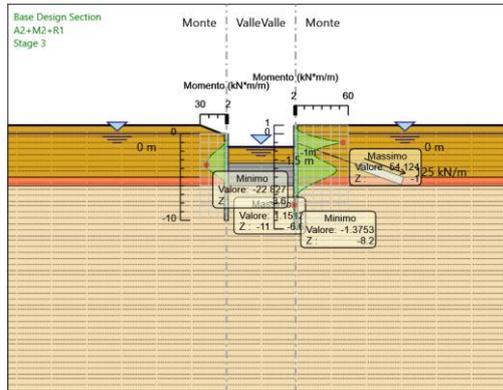
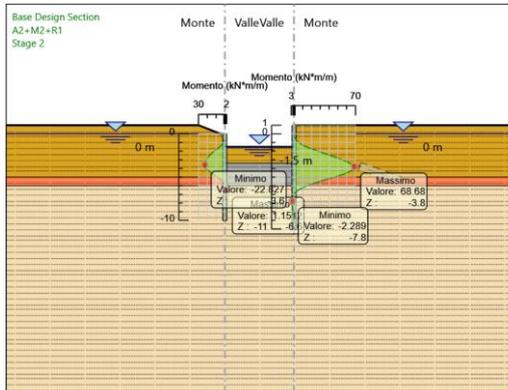
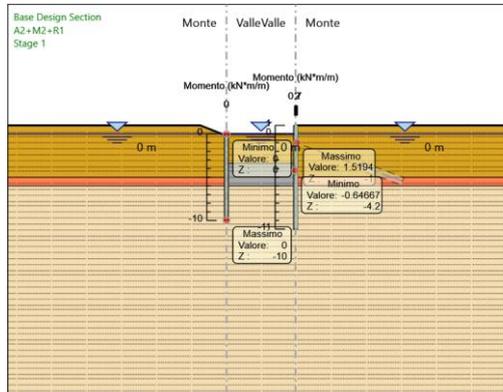
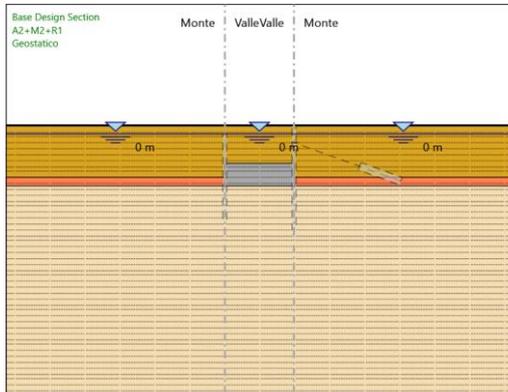
Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione Tieback

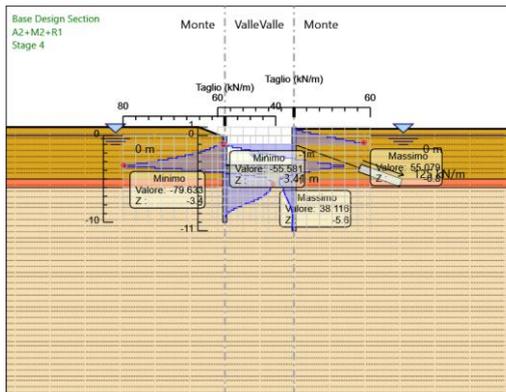
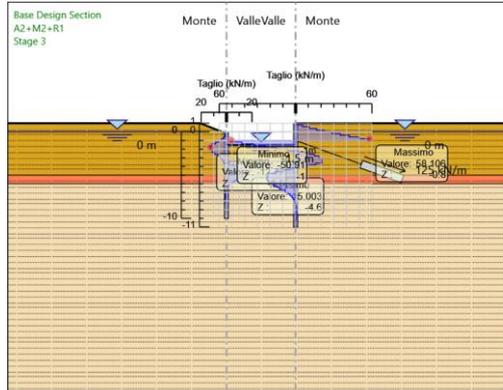
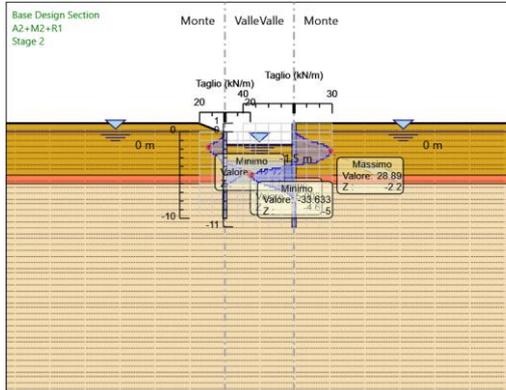
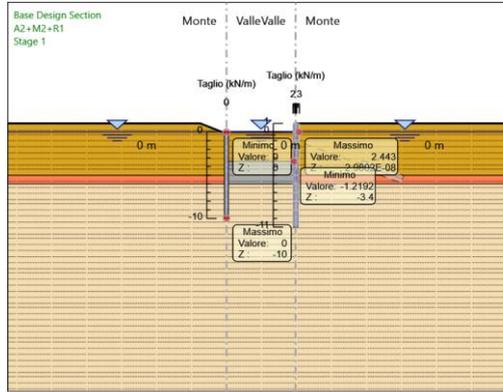
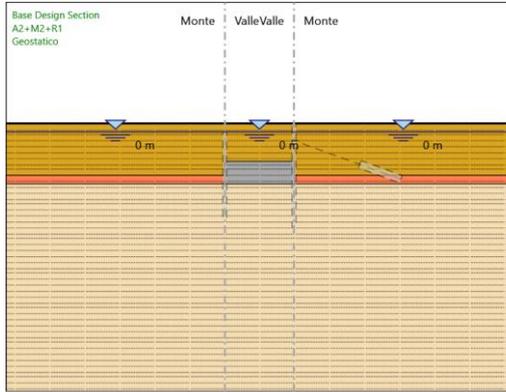
Stage	Forza (kN/m)
Stage 3	162.5
Stage 4	163.39648

Risultati A2+M2+R1

Tabella Grafici dei Risultati

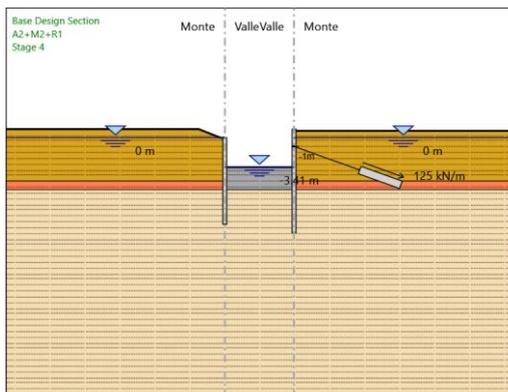
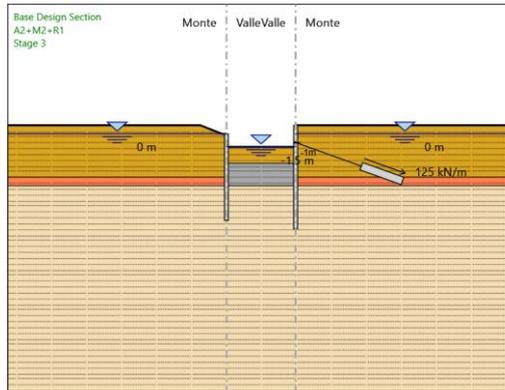
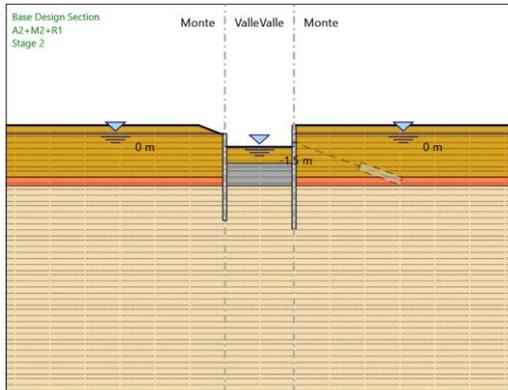
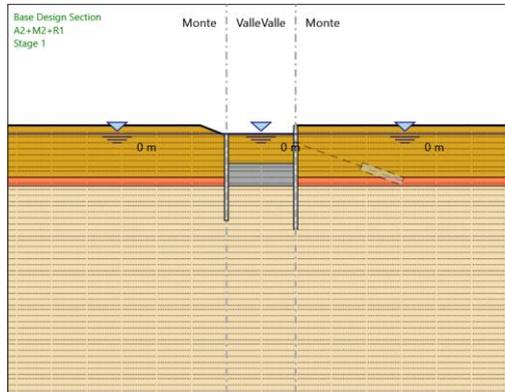
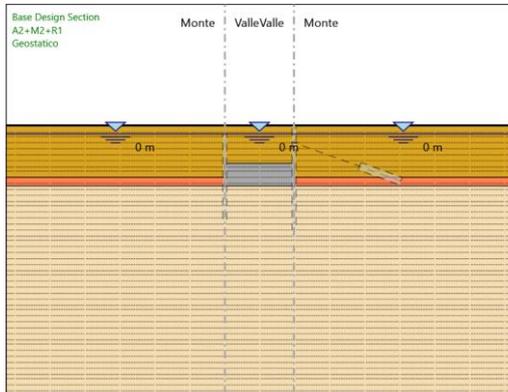


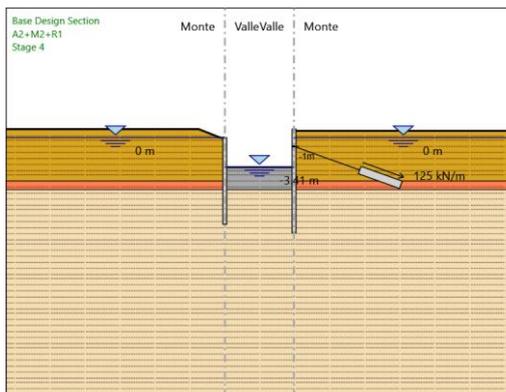
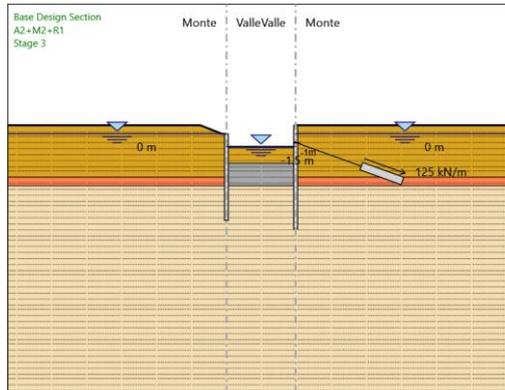
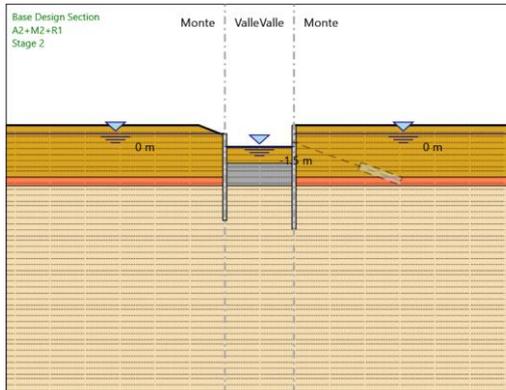
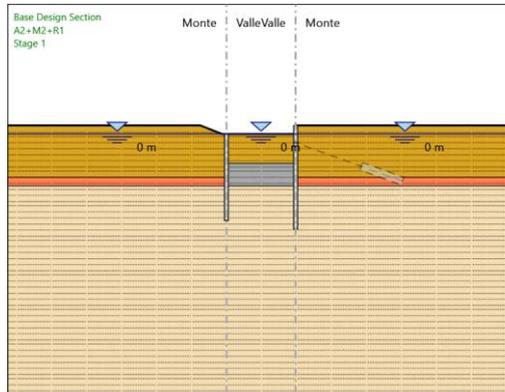
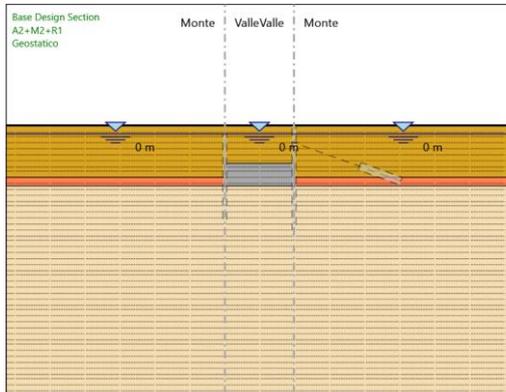




Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	97 di 116





Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione Tieback

Stage	Forza (kN/m)
Stage 3	125
Stage 4	125.5322



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	99 di 116

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	100 di 116

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Geostatico Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)				
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V
A2+M2+R1				

Risultati SteelWorld

Tabella Involupi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.6	0
-0.8	0.001
-1	0.002
-1.2	0.004
-1.4	0.006
-1.6	0.009
-1.8	0.013
-2	0.018
-2.2	0.024
-2.4	0.032
-2.6	0.041
-2.8	0.051
-3	0.064
-3.2	0.079
-3.4	0.096
-3.6	0.115
-3.8	0.129
-4	0.138
-4.2	0.142
-4.4	0.143
-4.6	0.141
-4.8	0.137
-5	0.13
-5.2	0.123
-5.4	0.115
-5.6	0.106
-5.8	0.097
-6	0.088
-6.2	0.079
-6.4	0.07
-6.6	0.061
-6.8	0.052
-7	0.043
-7.2	0.034
-7.4	0.026
-7.6	0.02
-7.8	0.014
-8	0.009
-8.2	0.006
-8.4	0.003
-8.6	0.001
-8.8	0
-9	0.001
-9.2	0.001
-9.4	0.001
-9.6	0
-9.8	0
-10	0

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : RIGHT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
1	0
0.8	0
0.6	0.002
0.4	0.005
0.2	0.009
0	0.015
-0.2	0.022
-0.4	0.031
-0.6	0.042
-0.8	0.055
-1	0.069
-1.2	0.054
-1.4	0.042
-1.6	0.031
-1.8	0.024
-2	0.026
-2.2	0.031
-2.4	0.035
-2.6	0.039
-2.8	0.041
-3	0.044
-3.2	0.046
-3.4	0.047
-3.6	0.049
-3.8	0.049
-4	0.048
-4.2	0.045
-4.4	0.042
-4.6	0.038
-4.8	0.032
-5	0.027
-5.2	0.022
-5.4	0.017
-5.6	0.013
-5.8	0.009
-6	0.01
-6.2	0.01
-6.4	0.011
-6.6	0.011
-6.8	0.012
-7	0.012
-7.2	0.012
-7.4	0.012
-7.6	0.011
-7.8	0.011
-8	0.01
-8.2	0.009
-8.4	0.009
-8.6	0.007
-8.8	0.006
-9	0.005
-9.2	0.004
-9.4	0.003
-9.6	0.003
-9.8	0.002
-10	0.001
-10.2	0.001



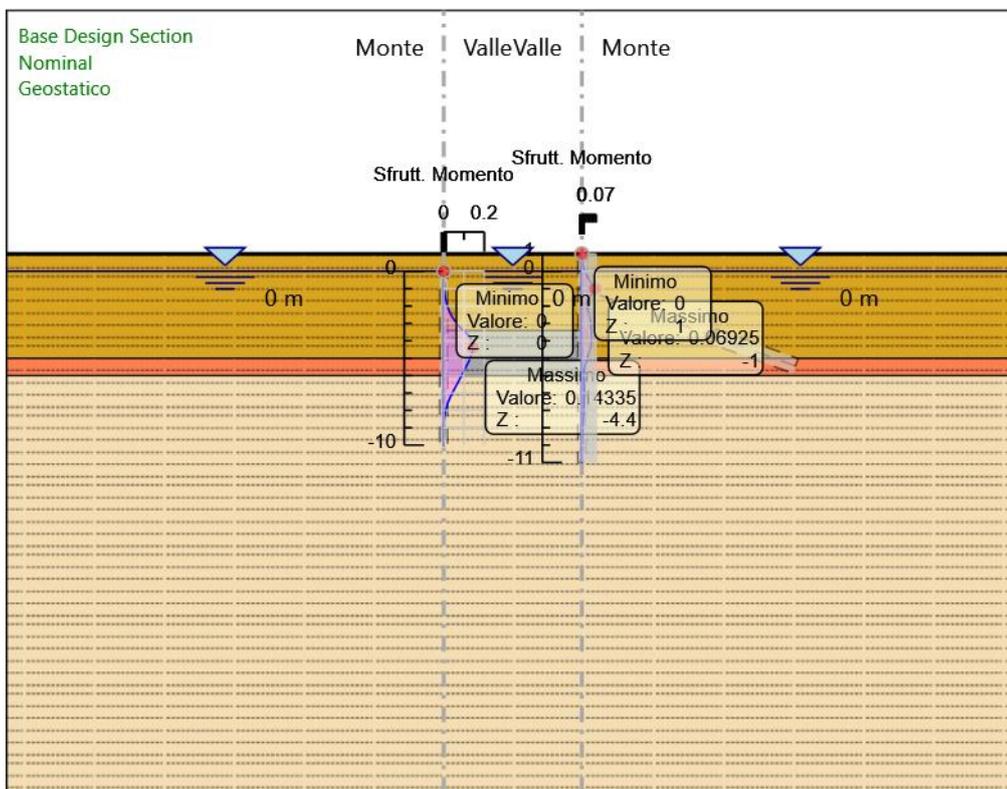
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	103 di 116

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	
-10.4	0	
-10.6	0	
-10.8	0	
-11	0	

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld



Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	105 di 116

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0.001	
-0.6	0.003	
-0.8	0.004	
-1	0.006	
-1.2	0.009	
-1.4	0.012	
-1.6	0.016	
-1.8	0.02	
-2	0.025	
-2.2	0.03	
-2.4	0.037	
-2.6	0.044	
-2.8	0.051	
-3	0.059	
-3.2	0.068	
-3.4	0.077	
-3.6	0.055	
-3.8	0.036	
-4	0.019	
-4.2	0.01	
-4.4	0.01	
-4.6	0.018	
-4.8	0.026	
-5	0.03	
-5.2	0.033	
-5.4	0.035	
-5.6	0.036	
-5.8	0.036	
-6	0.036	
-6.2	0.037	
-6.4	0.037	
-6.6	0.037	
-6.8	0.036	
-7	0.034	
-7.2	0.031	
-7.4	0.027	
-7.6	0.023	
-7.8	0.019	
-8	0.015	
-8.2	0.011	
-8.4	0.007	
-8.6	0.004	
-8.8	0.002	
-9	0.001	
-9.2	0.001	
-9.4	0.001	
-9.6	0.001	
-9.8	0	
-10	0	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	106 di 116

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : RIGHT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
1	0.002	
0.8	0.007	
0.6	0.012	
0.4	0.017	
0.2	0.023	
0	0.029	
-0.2	0.036	
-0.4	0.043	
-0.6	0.051	
-0.8	0.059	
-1	0.065	
-1.2	0.059	
-1.4	0.052	
-1.6	0.046	
-1.8	0.039	
-2	0.033	
-2.2	0.026	
-2.4	0.019	
-2.6	0.011	
-2.8	0.01	
-3	0.008	
-3.2	0.016	
-3.4	0.026	
-3.6	0.022	
-3.8	0.018	
-4	0.014	
-4.2	0.014	
-4.4	0.018	
-4.6	0.021	
-4.8	0.022	
-5	0.021	
-5.2	0.019	
-5.4	0.017	
-5.6	0.015	
-5.8	0.012	
-6	0.01	
-6.2	0.007	
-6.4	0.005	
-6.6	0.004	
-6.8	0.003	
-7	0.002	
-7.2	0.001	
-7.4	0.001	
-7.6	0.002	
-7.8	0.003	
-8	0.003	
-8.2	0.004	
-8.4	0.004	
-8.6	0.004	
-8.8	0.004	
-9	0.004	
-9.2	0.004	
-9.4	0.003	
-9.6	0.003	
-9.8	0.002	
-10	0.002	
-10.2	0.001	



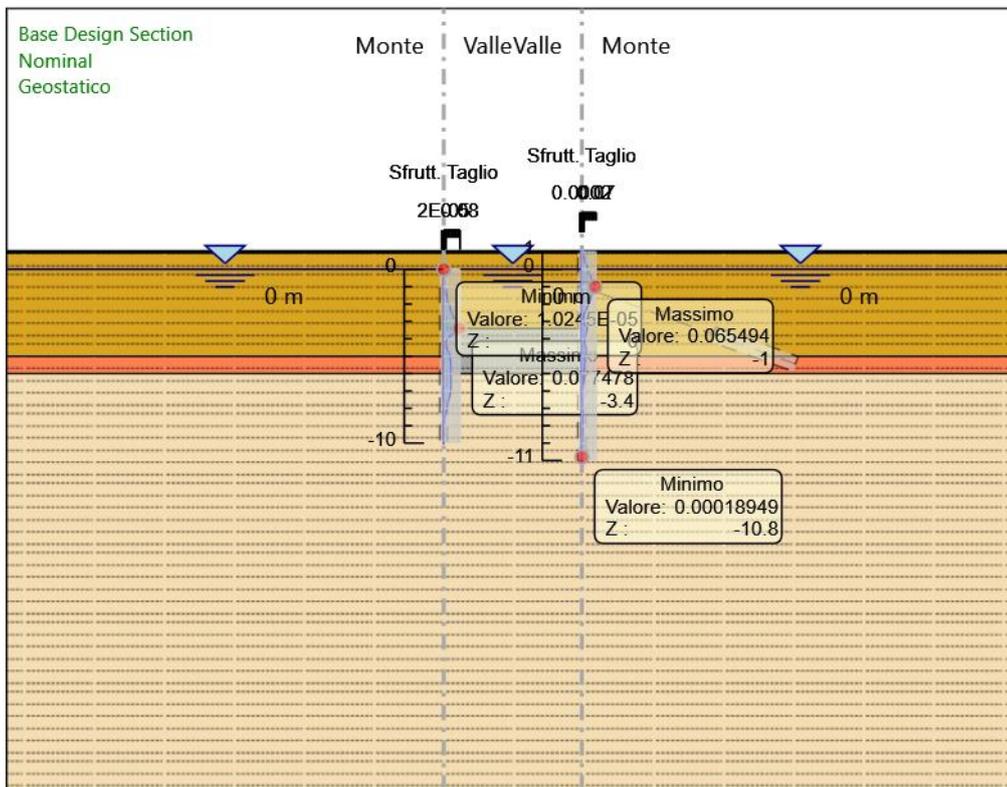
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
TOMBINI IDRAULICI
Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	107 di 116

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
-10.4		0.001
-10.6		0.001
-10.8		0
-11		0

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	109 di 116

Verifiche Tiranti SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2008 (ITA)								
		Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
		Tieback	Stage 3	250	823.175	807.409	0.304	0.31		NO
		Tieback	Stage 4	251.379	823.175	807.409	0.305	0.311		NO



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	110 di 116

Verifiche Tiranti A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti		NTC2008 (ITA)				Gerarchia delle Resistenze
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR		
Tieback	Stage 3	325	415.745	807.409	0.782	0.403		
Tieback	Stage 4	326.793	415.745	807.409	0.786	0.405		



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	111 di 116

Verifiche Tiranti A2+M2+R1

Design Assumption:	Tipo Risultato:	NTC2008						
A2+M2+R1	Verifiche Tiranti	(ITA)						
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	250	415.745	807.409	0.601	0.31		
Tieback	Stage 4	251.064	415.745	807.409	0.604	0.311		



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	112 di 116

Involuppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

Tipo Risultato:

Verifiche Tiranti

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
Tieback	Stage 4	326.793	415.745	807.409	0.786	0.405			A1+M1+R1 (R3 per tiranti)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	113 di 116

Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione									
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 3	125	0	0	0	0	
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 4	125.69	0	0	0	0	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	114 di 116

Verifiche Travi di Ripartizione SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2008 (ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 3	125	0	0.678	0.185	0
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 4	125.69	0	0.682	0.186	0



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	115 di 116

Verifiche Travi di Ripartizione A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 Tipo Risultato: Verifiche Travi NTC2008

(R3 per tiranti)		di Ripartizione		NTC2008						
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiali	Stage	Carico distribuito	Assiale	Ratio	Ratio	Instabilità	
					(kN/m)	(kN)	momento	taglio		
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 3	162.5	0	0.882	0.24	0	
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 4	163.396	0	0.887	0.241	0	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TOMBINI IDRAULICI
 Tombini ferroviari

Relazione di calcolo opere provvisionali tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN0000 001	A	116 di 116

Verifiche Travi di Ripartizione A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2008 (ITA)								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 3	125	0	0.678	0.185	0	
Default Waler	Tieback	UPN 160	S275	Stage 4	125.532	0	0.681	0.185	0	