

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

GEOTECNICA

Elaborati Generali

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 RH GE0000 004 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Feb-2020	A.Di Costanzo <i>A. Di Costanzo</i>	Feb-2020	A.Barreca <i>A. Barreca</i>	Feb-2020	D.Tiberti Mar-2021
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	A.Di Costanzo <i>A. Di Costanzo</i>	Apr-2020	A.Barreca <i>A. Barreca</i>	Apr-2020	
C	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Mar-2021	A.Di Costanzo <i>A. Di Costanzo</i>	Mar-2021	A.Barreca <i>A. Barreca</i>	Mar-2021	

ITAFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Dipartimento Messina
UO Infrastrutture Sud
Dist. Lercara - Xirbi - T. Xirbi
Ordine degli Ingegneri Prov. di Trapani n. 1187/8

File: RS3T.3.0.D.78.RH.GE.00.0.0.004.C

n. Elab.: 78_169

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.3	PROGRAMMI DI CALCOLO	4
3	CONDIZIONI GEOTECNICHE: STRATIGRAFIA E FALDA	5
3.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE	5
3.2	SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	5
3.3	RILEVATO STRADALE	7
4	VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI	8
4.1	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI	8
4.1.1	<i>Terreni sabbiosi</i>	8
4.1.2	<i>Terreni argillosi e/o stratificati</i>	9
4.2	SEZIONI DI CALCOLO	13
4.3	RISULTATI	15
4.3.1	<i>Rilevato H=6.00 m - NV62a (pk 1+150.00 km)</i>	15
4.3.2	<i>Rilevato H=7.50 m - NV53A (pk 2+050 km)</i>	21
4.3.3	<i>Analisi di stabilità</i>	27
4.4	METODOLOGIE DI CALCOLO	27
4.5	ANALISI DEI CARICHI	27
4.5.1	<i>Trincee</i>	27
4.5.2	<i>Rilevati stradali</i>	27
4.5.3	<i>Azioni sismiche</i>	27
4.6	COMBINAZIONI DI CALCOLO E VERIFICHE	28

4.7	SEZIONI DI CALCOLO	30
4.8	RISULTATI	32
4.8.1	Rilevato A – NV53A H=6.0m	32
4.8.2	Rilevato B – NV53A H=7.5m	35
4.8.3	Rilevato C – NV59B H=6.0m	38
4.8.4	Rilevato D – NV59B H=8.0m	40
4.8.5	Rilevato E – NV62A H=6.0m	42
4.8.6	Rilevato F – NV62A H=8.5m	45
4.8.7	Rilevato G – NV56 H=4.0m	47
4.8.8	Trincea A – NV53A H=6.0m	50
4.8.9	Modello 1: NV58	53
4.8.10	Modello 2: NV63	56
4.8.11	Modello 3: NV65	59
5	PIANO DI POSA RILEVATI	62

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 3 di 62

1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano i dimensionamenti e le verifiche geotecniche relative a rilevati e trincee stradali nell'ambito del Progetto Definitivo della Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo Collegamento Palermo – Catania, Tratta Lercara Dir. – Caltanissetta Xirbi (Lotto 3) dalla progressiva chilometrica 18+636 alla 46+703 (lotto 3b).

In particolare, nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo;
- Verifiche di stabilità delle scarpate di rilevati e trincee;
- Verifiche di stabilità rilevato di altezza H=4m, sezione rappresentativa della massima altezza in zona di esondazione;
- Piano di posa rilavati.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 4 di 62

2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. 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;
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili (21-12-2018);

2.2 **Documenti di riferimento**

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti:

- RS3T.3.0.D.78.GE.GE.00.0.0.002: Relazione geotecnica generale – lotto 3B;
- RS3T.3.0.D.78F6.GE.00.0.0.029 ÷ RS3T.3.0.D.78.F6.GE.00.0.0.053 - Profili geotecnici viabilità.

2.3 **Programmi di calcolo**

Nella redazione del presente documento sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

- Paratie Plus – Software dedicato al calcolo e alla progettazione delle opere di sostegno flessibili e alle analisi di stabilità.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

3 CONDIZIONI GEOTECNICHE: STRATIGRAFIA E FALDA

La successione stratigrafica è stata desunta sulla base delle indagini eseguite e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici. Nel seguito vengono definite le unità geotecniche presenti in corrispondenza dei rilevati di progetto.

3.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto.

Unità geotecniche:

- **Unità a2 – Depositi alluvionali:** limi e limi argillosi con subordinate sabbie e sabbie limose di colore marrone, grigio e giallastro, a stratificazione più o meno ben definita, talora con laminazione incrociata;
- **Unità TRV – Formazione di Terravecchia:** argille limose e argille marnose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, marrone per alterazione, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, con frequenti livelli millimetrici di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; localmente si rinvengono passaggi di marne, marne argillose e argilliti di colore grigio-verdastro;
- **Unità FYN4 – Unità di Nicosia - Flysch Numidico - Membro di Nicosia:** prevalenti argille e argille siltose di colore bruno, con interstrati siltitici di spessore da decimetrico a centimetrico e di quarzoareniti torbiditiche bruno-giallastre e conglomerati giallo-marroni in strati spessi 1-2 m;
- **Unità AV – Unità di Nicosia - Argille Variegate:** argille grigio-verdi e rosse scagliettate e debolmente stratificate, a struttura caotica, con intercalazioni decimetriche di radiolariti grigio-verdi e rossastre a frattura prismatica, silt micacei, quarzareniti fini, calcisiltiti e calcareniti grigie e nocciola con patine manganesifere e interstrati di micro conglomerati;
- **Unità GLTL3 – Formazione di Cattolica - Membro salifero:** evaporiti principalmente costituite da NaCl (salgemma) e K-MgCl .

3.2 Sintesi parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche, in accordo a quanto definito nella relazione geotecnica generale, a cui si rimanda per i dettagli.

Unità a2 – Depositi alluvionali

- $\gamma = 18\div 20$ kN/m³ peso di volume naturale
- $c' = 10\div 25$ kPa coesione drenata
- $c_u = 50\div 100$ kPa coesione non drenata
- $\varphi' = 18.5\div 30$ ° angolo di resistenza al taglio

- $E_0 = 100\div 600$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Unità TRV – Formazione di Terravecchia

- $\gamma = 20\div 22$ kN/m³ peso di volume naturale
- $c' = 13\div 45$ kPa coesione drenata
- $c_u = 100\div 300$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\varphi' = 18\div 28$ ° angolo di resistenza al taglio
- $E_{op} = 30\div 300$ MPa modulo di deformazione elastico operativo

Unità FYN4 – Flysch Numidico

- $\gamma = 20$ kN/m³ peso di volume naturale
- $c' = 12\div 41$ kPa coesione drenata
- $c_u = 50\div 300$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\varphi' = 17.5\div 31$ ° angolo di resistenza al taglio
- $E_{op} = 40\div 600$ MPa modulo di deformazione elastico operativo

Unità AV – Argille Variegate

- $\gamma = 19\div 21$ kN/m³ peso di volume naturale
- $c' = 11\div 38$ kPa coesione drenata
- $c_u = 50\div 200$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\varphi' = 17\div 25$ ° angolo di resistenza al taglio
- $E_{op} = 20\div 400$ MPa modulo di deformazione elastico operativo

Unità GTL3 – Salgamma

- $\gamma = 21$ kN/m³ peso di volume naturale
- $c' = 10\div 25$ kPa coesione drenata
- $\varphi' = 23\div 30$ ° angolo di resistenza al taglio
- $E_{op} = 50\div 200$ MPa modulo di deformazione elastico operativo

3.3 Rilevato stradale

Per il rilevato stradale sono stati considerati i seguenti parametri:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\phi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio

	Alluvioni (facies argillosa)	Membro pelitico	Flysch Numidico	Argille Variegate	Salgamma
GRUPPO GEOTECNICO	a2	TRV (facies argillosa)	FYN4	AV	GTL3
$\gamma(\text{kN/m}^3)$	18-20	20-22	20	19-21	21
$c' \text{ (kPa)}$	10-25	13-45	12-41	11-38	10-25
$\phi'(^{\circ})\text{picco}$	18,5 -30	18-28	17.5-31	17-25	23-30
$Cu \text{ (kPa)}$	50-100	100-300	50-300	50-300	
$E0 \text{ (MPa)}$ (modulo dinamico)	100-600	100-3000	100-2000	50-2000	250-3000
$E'_{op} \text{ (MPa)}$		30-300	40-600	20-40	50-200
$E_{ed}(\text{MPa})$	2-50	2-60	2-60	4-60	5-40
Cc	0,16-0,25	0,1-0,22	0,1-0,25	0,06-0,13	0,2
Cs	0,03-0,06	0,02-0,07	0,035-0,06	0,04-0,06	0,05
Cv	5e-9-5e-7				

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 8 di 62

4 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI

Di seguito si riporta la valutazione dei cedimenti dei rilevati ferroviari per la tratta in esame.

4.1 Criteri di valutazione dei cedimenti

Il comportamento dei terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie) risulta macroscopicamente diverso da quello dei terreni a grana fine (limi e argille), in virtù della marcata differenza esistente tra i valori del coefficiente di permeabilità.

4.1.1 Terreni sabbiosi

I terreni a grana grossa, avendo elevata permeabilità, si comportano come un sistema aperto con libero flusso dell'acqua e l'eventuale sovrappressione dell'acqua interstiziale, generata da una qualunque causa che ne disturbi l'equilibrio originario, si dissipa in tempi estremamente brevi. Ne consegue che, ai fini pratici, si può trascurare il moto di filtrazione transitorio e fare riferimento direttamente alle condizioni di equilibrio finale.

Il decorso del cedimento nel tempo può essere pertanto considerato rapido, praticamente contemporaneo alla costruzione dell'opera.

Il cedimento dei rilevati poggianti su terreni sabbiosi può essere determinato ricorrendo alla teoria dell'elasticità ed alla seguente espressione:

$$s_t = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

essendo:

s_t = cedimento totale;

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$ = tensioni indotte dal carico;

h_i = altezza dello strato i-esimo;

n = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile (H_c);

E_i' = modulo di deformazione elastico drenato dello strato i-esimo;

ν' = rapporto di Poisson = 0.3.

4.1.2 Terreni argillosi e/o stratificati

Nel presente paragrafo vengono illustrati i criteri utilizzati per la valutazione dei cedimenti di rilevati su terreni costituiti prevalentemente da materiali argillosi saturi e su terreni stratificati, ovvero costituiti da materiali argillosi intercalati da lenti sabbiose.

L'applicazione di un carico di dimensioni finite su un deposito costituito da materiali argillosi saturi comporta un processo deformativo nel terreno che tradizionalmente viene schematizzato come segue (Figura 1):

- data la bassa permeabilità k del terreno, la fase di carico avviene in condizioni non drenate con generazione di sovrappressioni interstiziali Δu ; i materiali argillosi si deformano allora a volume costante ed il cedimento che ne consegue è indicato come cedimento immediato;
- il trasferimento del carico dall'acqua allo scheletro solido comporta ulteriori cedimenti, la cui velocità nel tempo è legata principalmente alle caratteristiche di permeabilità dell'argilla e alle condizioni di drenaggio. Il processo è noto come consolidazione primaria ed il cedimento conseguente a tale processo è indicato come cedimento di consolidazione primaria;
- ultimato il processo di consolidazione primaria, anche quando le sovrappressioni nell'acqua risultano nulle, possono continuare a svilupparsi nel tempo assestamenti dovuti a fenomeni di natura plastico-viscosa che avvengono in condizioni drenate; il cedimento conseguente è noto come cedimento secondario.

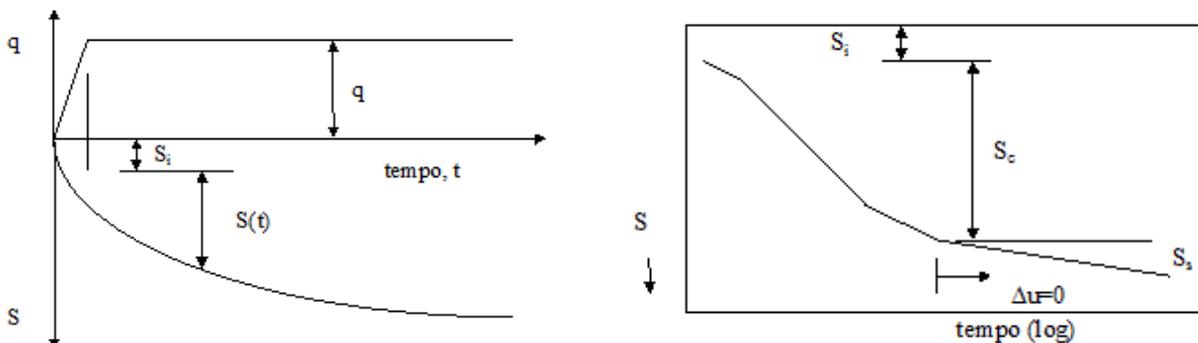


Figura 1: Cedimenti totali, immediati e di consolidazione.

4.1.2.1 Cedimento immediato

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato in argille viene stimato con la seguente espressione:

$$s_i = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu_u \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_{ui}}$$

essendo:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA</p>					
<p>Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30</p>	<p>CODIFICA D 78 RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 004</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 10 di 62</p>

s_i = cedimento immediato;

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$ = tensioni indotte dal carico;

h_i = altezza dello strato i-esimo;

n = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile (H_c);

E_{ui} = modulo di deformazione non drenato dello strato i-esimo;

ν_u = rapporto di Poisson = 0.5.

4.1.2.2 Cedimento totale (immediato e di consolidazione primaria)

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato e di consolidazione primaria nei terreni coesivi viene stimato con la seguente espressione (in analogia a quanto già indicato per i depositi incoerenti):

$$s_t = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

essendo:

s_t = cedimento immediato e di consolidazione primaria;

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$ = tensioni indotte dal carico;

h_i = altezza dello strato i-esimo;

n = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile (H_c);

E_i' = modulo di deformazione elastico drenato dello strato i-esimo;

ν' = rapporto di Poisson = 0.3.

Per definizione il cedimento di consolidazione primaria è dato dalla differenza tra s_t e s_i .

4.1.2.3 Determinazione dell'andamento nel tempo dei cedimenti di consolidazione primaria

L'analisi del processo di consolidazione consiste nella previsione del decorso nel tempo della dissipazione della sovrappressione interstiziale e quindi del cedimento.

Si tratta di un problema molto complesso del quale esistono in letteratura delle soluzioni relative a schemi semplificati che possono comunque fornire indicazioni per i problemi pratici.

La prima soluzione al problema monodimensionale è stata ottenuta da Terzaghi (1923) nell'ambito delle seguenti ipotesi:

- terreno omogeneo e completamente saturo, con legge sforzi-deformazione di tipo lineare;
- i parametri di compressibilità e di permeabilità sono costanti durante il processo di consolidazione;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 11 di 62

- incompressibilità dell'acqua e dello scheletro solido del terreno;
- deformazioni piccole e comportamento del terreno non viscoso;
- il carico è supposto applicato istantaneamente;
- validità della legge di Darcy.

L'equazione differenziale che regola il fenomeno in regime transitorio è:

$$c_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

dove:

c_v = coefficiente di consolidazione verticale;

u = sovrappressione interstiziale: $u(z,t)$;

z = dimensione (verticale);

t = tempo;

d = simbolo per derivata parziale.

La soluzione dell'equazione dipende dalle condizioni iniziali:

- distribuzione delle sovrappressioni interstiziali all'atto dell'applicazione del carico;
- condizioni di drenaggio al contorno.

La soluzione è generalmente espressa in termini del parametro adimensionale "grado di consolidazione" U_v definito dal rapporto fra la sovrappressione dissipata e quella iniziale:

$$U_v(z,t) = \frac{u_0 - u(z,t)}{u_0} = 1 - \frac{u(z,t)}{u_0} = \frac{s_c(t)}{s_c}$$

dove:

u_0 = sovrappressione iniziale;

$u(z,t)$ = sovrappressione durante il transitorio;

$s_c(t)$ = cedimento (per consolidazione) nel generico istante t ;

s_c = cedimento al termine del processo.

Una funzione che approssima la soluzione dell'equazione differenziale è stata proposta da Sivaram e Swamee - 1977 (vedasi "Geotecnica" di R. Lancellotta).

$$U_m = \frac{(4 \cdot T_v / \pi)^{0.5}}{\left[1 + \left(\frac{4T_v}{\pi} \right)^{2.8} \right]^{0.179}}$$

dove:

$T_v = c_v \cdot t / L_v^2$ = fattore di tempo adimensionale;

$c_v = k_v \cdot E_d / \gamma_w$ = coefficiente di consolidazione verticale;

k_v = coefficiente di permeabilità verticale;

E_d = modulo di compressibilità edometrica;

γ_w = peso di volume dell'acqua;

t = istante di tempo generico;

L_v = massimo percorso di drenaggio.

4.1.2.4 Cedimento secondario

Il cedimento secondario nei terreni coesivi è convenzionalmente calcolato facendo riferimento alla seguente equazione:

$$s_s = \sum_1^n \log \left(\frac{t}{t_{100,i}} \right) \cdot c_{ci} \cdot h_i$$

essendo:

s_s = cedimento secondario;

t = tempo generico a partire dall'applicazione del carico;

$t_{100,i}$ = tempo necessario all'esaurimento della consolidazione primaria nello strato argilloso i-esimo, separato da altri strati argillosi da lenti sabbiose continue;

h_i = altezza dello strato argilloso i-esimo separato da altri strati argillosi da lenti sabbiose continue;

n = numero di strati argillosi separati tra loro da lenti sabbiose continue;

c_{ci} = coefficiente di consolidazione secondaria nello strato i-esimo misurato da prove edometriche di laboratorio.

Nell'impiego della relazione sono implicite le seguenti ipotesi:

- monodimensionalità del problema;
- il cedimento secondario inizia dopo l'esaurimento del cedimento di consolidazione primaria;

- il valore di c_{α} è costante durante l'evolversi del cedimento secondario;
- il valore di c_{α} è indipendente dal valore dello spessore dello strato i -esimo h_i , anche se tale spessore influenza l'entità del t_{100} ;
- il valore di c_{α} è indipendente dal rapporto $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$.

Nel caso di profili caratterizzati da più strati argillosi separati da lenti sabbiose non continue, il calcolo del cedimento secondario viene eseguito con riferimento al monostrato e ad un coefficiente di consolidazione secondaria medio pesato tra quelli relativi ai singoli strati.

4.2 Sezioni di calcolo

La stima dei cedimenti e del loro decorso nel tempo, è stata fatta considerando due sezioni rappresentative delle nuove viabilità caratterizzate dall'altezza massima con e senza berma. I rilevati infatti presentano una banca di larghezza 2 m per altezze superiori ai 6 m; la pendenza delle scarpate è 2 (verticale)/3 (orizzontale). In particolare, sono state analizzate le seguenti sezioni:

- Rilevato di altezza $H = 6$ m, al km 1+100 della viabilità NV62A;
- Rilevato di altezza $H = 7.50$ m, al km 2+050 della viabilità NV53A.

Le caratteristiche del terreno di fondazione sono riportate nelle Tabella 1 e Tabella 2 rispettivamente per NV62A e NV53A.

La falda è stata considerata cautelativamente a piano campagna.

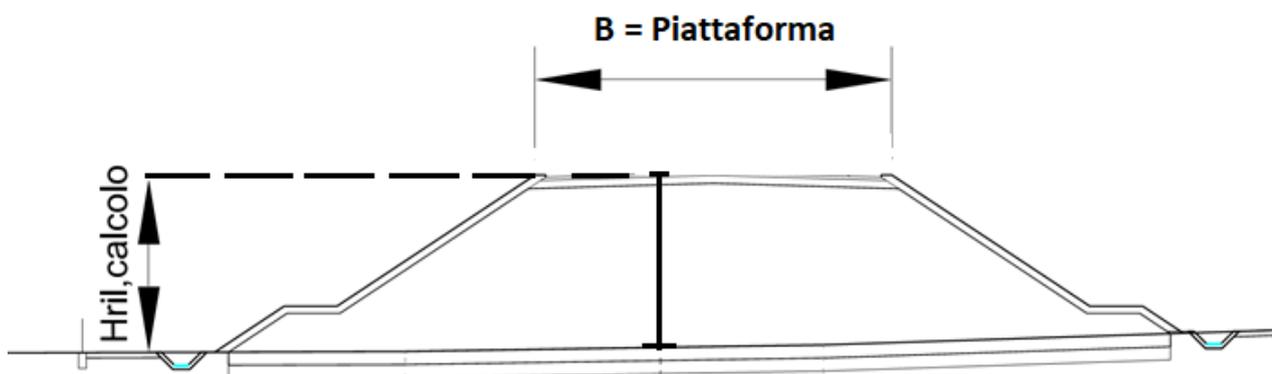


Figura 2: Schema di calcolo.

Il modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati (E') è stato valutato a partire dal modulo di deformazione elastico iniziale (E_0) a piccole deformazioni, in particolare si è assunto $E' = E_0/10$. Per il valore del modulo di deformazione elastico iniziale (E_0) è stato considerato l'andamento con la profondità sulla base delle indagini disponibili.

Il valore del modulo di deformazione in condizioni non drenate (E_u), in accordo a quanto indicato nella relazione geotecnica generale, è stato stimato con la correlazione di Duncan & Buchigani (1976): $E_u = k c_u$, dove c_u è la resistenza al taglio non drenata e k è stato assunto pari a 400 per tutte le formazioni coesive presenti.

Nelle tabelle seguenti si sintetizzano i parametri di calcolo utilizzati per il calcolo dei cedimenti.

NV62A - Stratigrafia e parametri di calcolo					
Profondità da p.c.[m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	E' [MPa]	c_u [kPa]	E_u [MPa]
0.0÷7.0	a2	19.0	10	75	30
7.0÷20.0	FYN4	20.0	50	85	34
20.0÷30.0	FYN4	20.0	70	150	60
Falda a p.c.					

Tabella 1: NV62A - stratigrafia e parametri di calcolo.

NV53A - Stratigrafia e parametri di calcolo					
Profondità da p.c.[m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	E' [MPa]	c_u [kPa]	E_u [MPa]
0.0÷7.0	a2	19.0	10	75	30
7.0÷20.0	TRV	21.0	40	150	60
20.0÷30.0	TRV	21.0	60	250	100
30.0÷35.0	TRV	21.0	80	300	120
Falda a p.c.					

Tabella 2: NV53A - stratigrafia e parametri di calcolo.

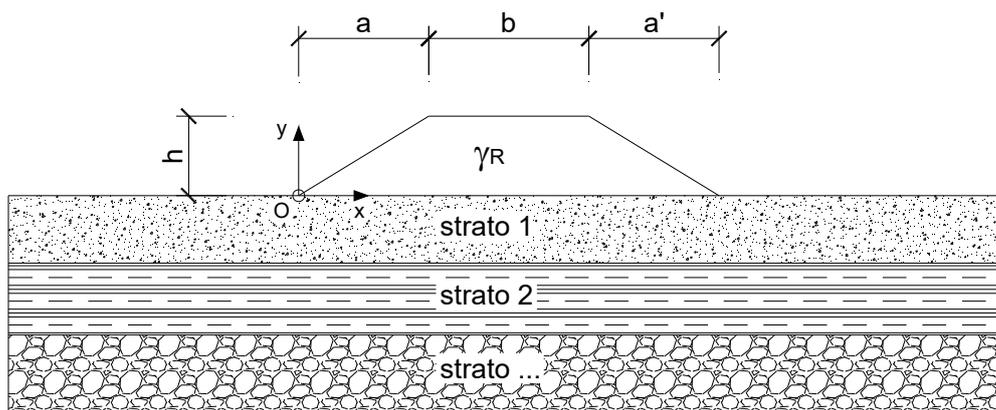
4.3 Risultati

A seguire si riportano, per tutte le sezioni di calcolo, i risultati ottenuti in termini di cedimento totale, immediato e di consolidazione primaria e l'andamento dei cedimenti nel tempo in asse al rilevato.

La valutazione del decorso del cedimento nel tempo è stata eseguita considerando il periodo compreso tra la fine della realizzazione del rilevato (considerato cautelativamente pari a 2 mesi) e la vita di riferimento dell'opera (150 anni). Il cedimento residuo calcolato in tale intervallo temporale è inferiore a 5 cm.

4.3.1 Rilevato $H=6.00$ m - NV62a (pk 1+150.00 km)

4.3.1.1 Cedimento immediato



CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	6.00	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	9.00	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	9.00	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	11.60	(m)
γ_R (peso di unità di volume del rilevato):	19.00	(kN/m ³)

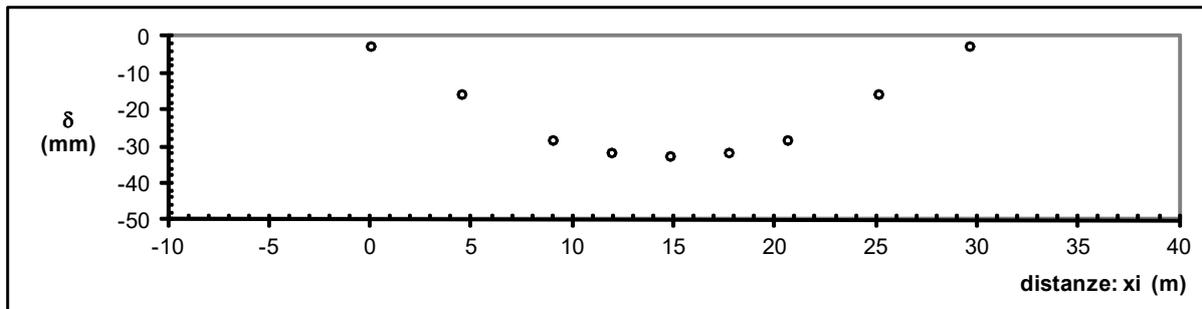
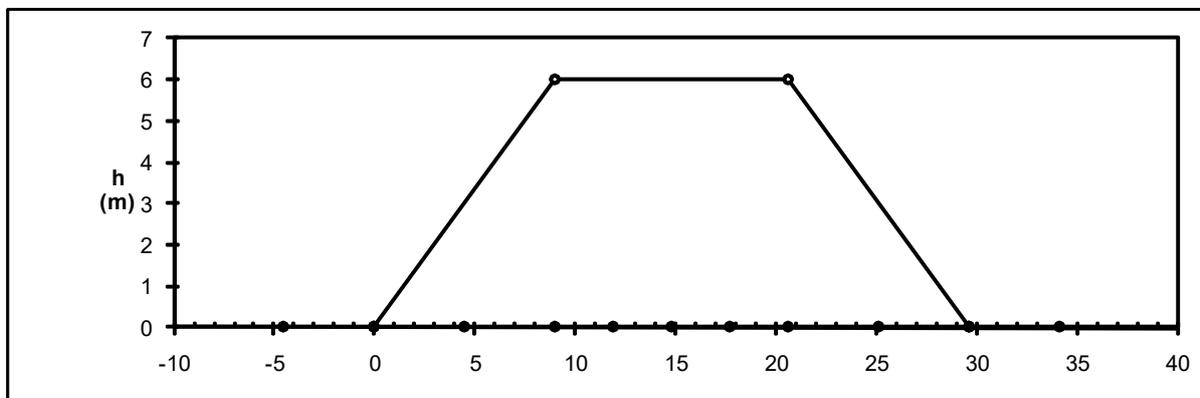
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	3	(-)
$\Delta\sigma_{\text{m}}/\sigma_{\text{m0}}$: (Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)	10	(%)
Zw (Profondità della falda):	0.00	(m)

Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	16 di 62

Strato (n)	Z _{iniziale} (m)	Z _{finale} (m)	Spessore (m)	Δz_i (m)	E (Mpa)	ν (-)	ϕ' (°)	γ (kN/m ³)	terreno
1	0.00	7.00	7.00	1.0	30.0	0.50	25.0	19.00	a2
2	7.00	20.00	13.00	1.0	34.0	0.50	20.0	20.00	FYN4
3	20.00	30.00	10.00	1.0	60.0	0.50	20.0	20.00	FYN4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



ASCISSE DI CALCOLO

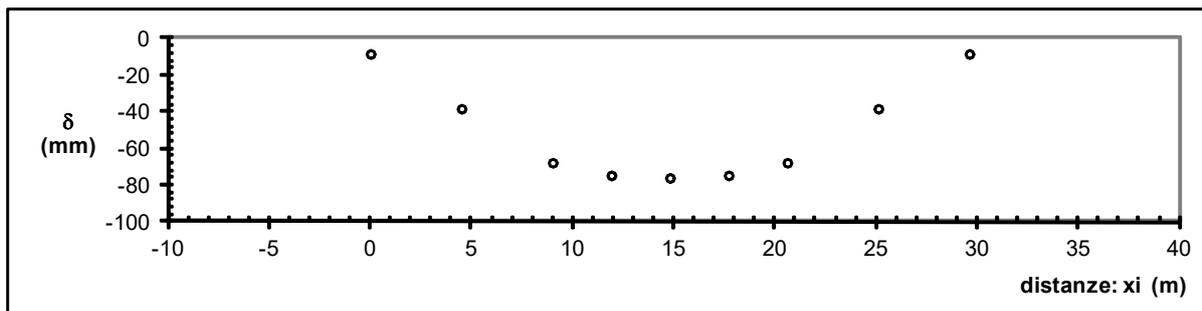
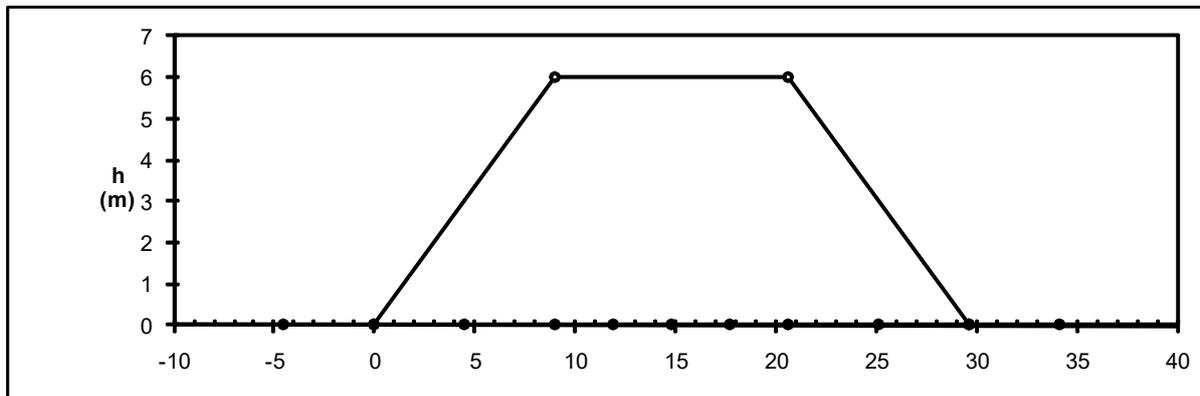
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-4.50	0.00	4.50	9.00	11.90	14.80	17.70	20.60	25.10	29.60	34.10

CEDIMENTI

δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7	δ_8	δ_9	δ_{10}	δ_{11}
(cm)	(cm)									
0.31	-0.25	-1.56	-2.81	-3.15	-3.24	-3.15	-2.81	-1.56	-0.25	0.31

Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e
calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	18 di 62



ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-4.50	0.00	4.50	9.00	11.90	14.80	17.70	20.60	25.10	29.60	34.10

CEDIMENTI

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)									
0.03	-0.84	-3.82	-6.76	-7.45	-7.59	-7.45	-6.76	-3.82	-0.84	0.03

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 19 di 62

4.3.1.3 Andamento nel tempo

Il calcolo dell'andamento nel tempo dei cedimenti dipende dalla lunghezza del percorso di filtrazione L_c , che a favore di sicurezza è stato assunto pari alla distanza tra la quota della falda e uno strato di terreno molto rigido tale da poter essere considerato virtualmente incompressibile. Poiché tale unità stratigrafica non viene individuata il contorno rigido è stato fissato in corrispondenza della profondità alla quale gli incrementi di tensione verticale indotti (che decrescono con z) risultino sufficientemente modesti da indurre incrementi di deformazione praticamente trascurabili. Poiché la rigidità dei terreni naturali (in percorsi di carico che non portano a rottura) aumenta con lo stato tensionale corrente, di solito un tale limite per l'incremento di tensione verticale viene fissato in percentuale allo stato tensionale litostatico. Si ritiene cioè trascurabile la deformazione prodotta, alla profondità $z = H$, da un incremento di tensione $\Delta\sigma'_z(H)$ tale che:

$$\frac{\Delta\sigma'_z(H)}{\sigma'_{z0}(H)} \leq 0.05 \div 0.10$$

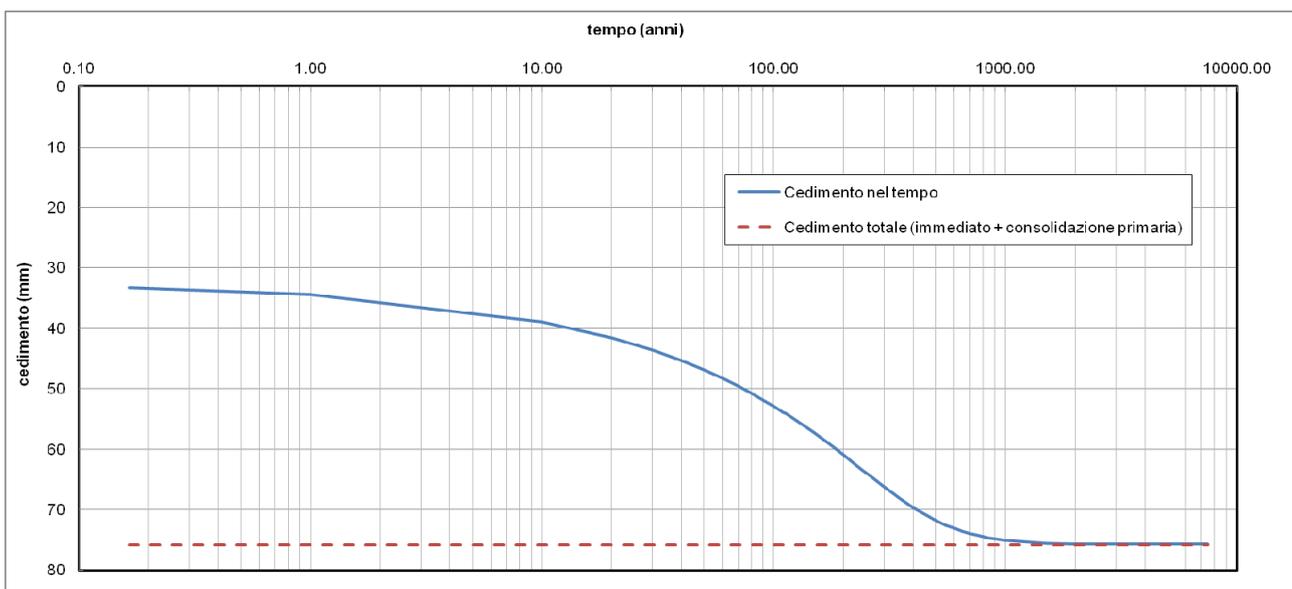
In tal caso $L_c=30.00$ m.

Il valore del coefficiente di consolidazione primaria verticale (c_v) è stato stimato mediando i risultati ottenuti dalle prove edometriche di laboratorio riportate precedentemente, da cui si assume un valore del coefficiente di consolidazione verticale per i terreni coesivi in esame: $c_v = 5 \cdot E-08$ m²/s.

Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

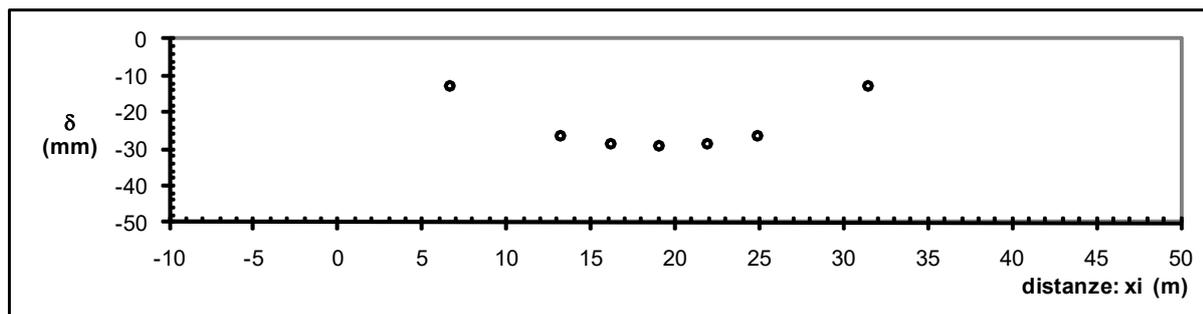
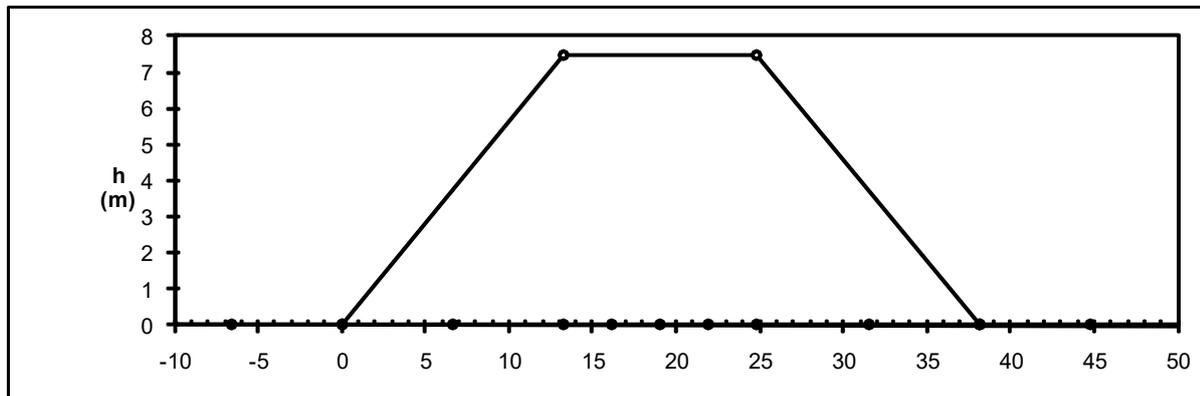
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	20 di 62

Cedimento totale	w_{tot}	75.9 mm
Cedimento immediato	w_i	32.4 mm
Cedimento di consolidazione	w_c	43.5 mm
Cedimento residuo ammissibile	w_{ra}	50 mm
Coefficiente di consolidazione	c_v	5.00E-08 m ² /s
Percorso di filtrazione	L_c	30.00 m
Cedimento a 2 mesi		
	t	0.16 anni
	T_v	2.88E-04 -
	U_m	1.92E-02 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	1 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	33 mm
Cedimento a 150 anni		
	t	150.00 anni
	T_v	2.63E-01 -
	U_m	5.74E-01 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	25 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	57 mm
Cedimento da 0.16 a 150 anni		
	w_r	24 mm OK



Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	22 di 62



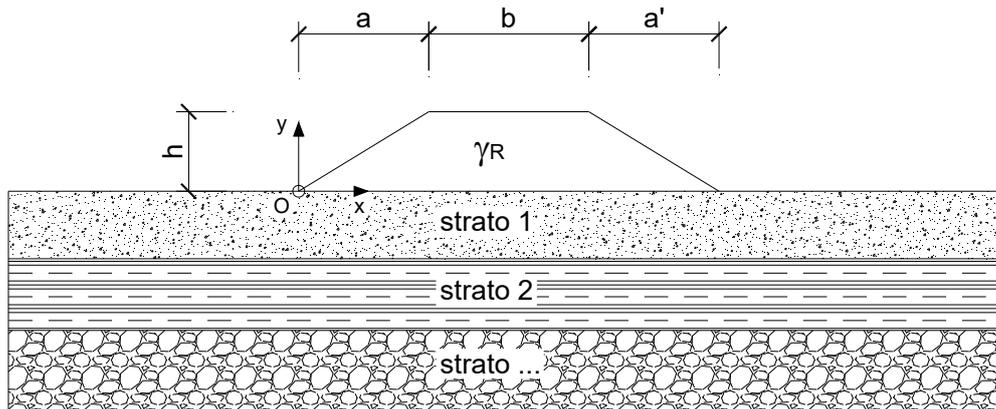
ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-6.63	0.00	6.63	13.25	16.15	19.05	21.95	24.85	31.48	38.10	44.73

CEDIMENTI

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)									
0.45	0.10	-1.30	-2.66	-2.86	-2.91	-2.86	-2.66	-1.30	0.10	0.45

4.3.2.2 Cedimento totale



CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	7.50	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	13.25	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	13.25	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	11.60	(m)
γ_R (peso di unità di volume del rilevato):	19.00	(kN/m ³)

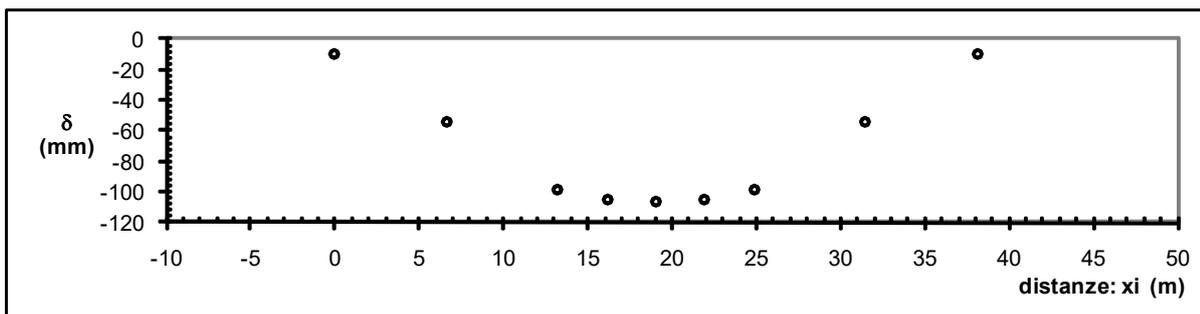
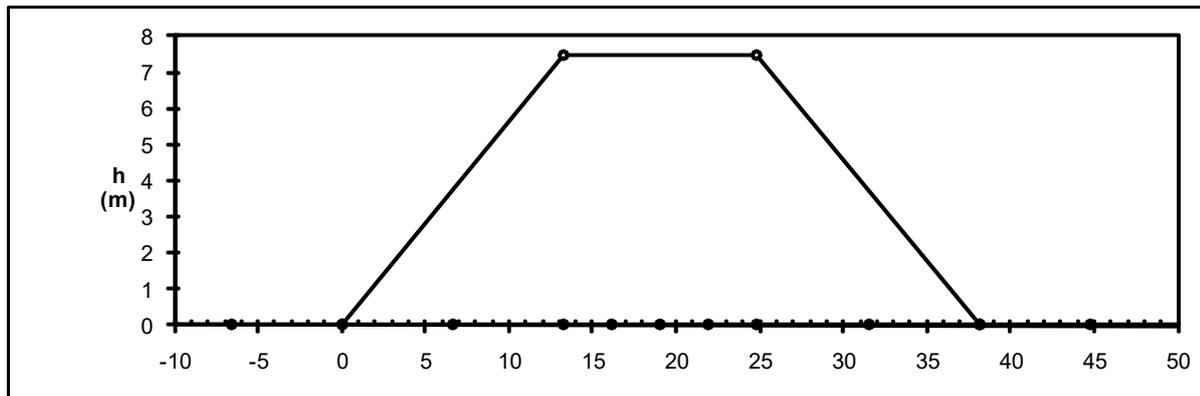
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	4	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$: (Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)	10	(%)
Zw (Profondità della falda):	0.00	(m)

Strato (n)	Z _{iniziale} (m)	Z _{finale} (m)	Spessore (m)	Δz_i (m)	E (Mpa)	ν (-)	φ' (°)	γ (kN/m ³)	terreno
1	0.00	7.00	7.00	1.0	10.0	0.30	25.0	19.00	a2
2	7.00	20.00	13.00	1.0	40.0	0.30	20.0	21.00	TRV
3	20.00	30.00	10.00	1.0	60.0	0.30	20.0	21.00	TRV
4	30.00	35.00	5.00	1.0	80.0	0.30	20.0	21.00	TRV
-	-		-						

Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	24 di 62



ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-6.63	0.00	6.63	13.25	16.15	19.05	21.95	24.85	31.48	38.10	44.73

CEDIMENTI

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)									
0.16	-0.97	-5.47	-9.84	-10.54	-10.68	-10.54	-9.84	-5.47	-0.97	0.16

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 25 di 62

4.3.2.3 Andamento nel tempo

Il calcolo dell'andamento nel tempo dei cedimenti dipende dalla lunghezza del percorso di filtrazione L_c , che a favore di sicurezza è stato assunto pari alla distanza tra la quota della falda e uno strato di terreno molto rigido tale da poter essere considerato virtualmente incompressibile. Poiché tale unità stratigrafica non viene individuata il contorno rigido è stato fissato in corrispondenza della profondità alla quale gli incrementi di tensione verticale indotti (che decrescono con z) risultino sufficientemente modesti da indurre incrementi di deformazione praticamente trascurabili. Poiché la rigidità dei terreni naturali (in percorsi di carico che non portano a rottura) aumenta con lo stato tensionale corrente, di solito un tale limite per l'incremento di tensione verticale viene fissato in percentuale allo stato tensionale litostatico. Si ritiene cioè trascurabile la deformazione prodotta, alla profondità $z = H$, da un incremento di tensione $\Delta\sigma'_z(H)$ tale che:

$$\frac{\Delta\sigma'_z(H)}{\sigma'_{z0}(H)} \leq 0.05 \div 0.10$$

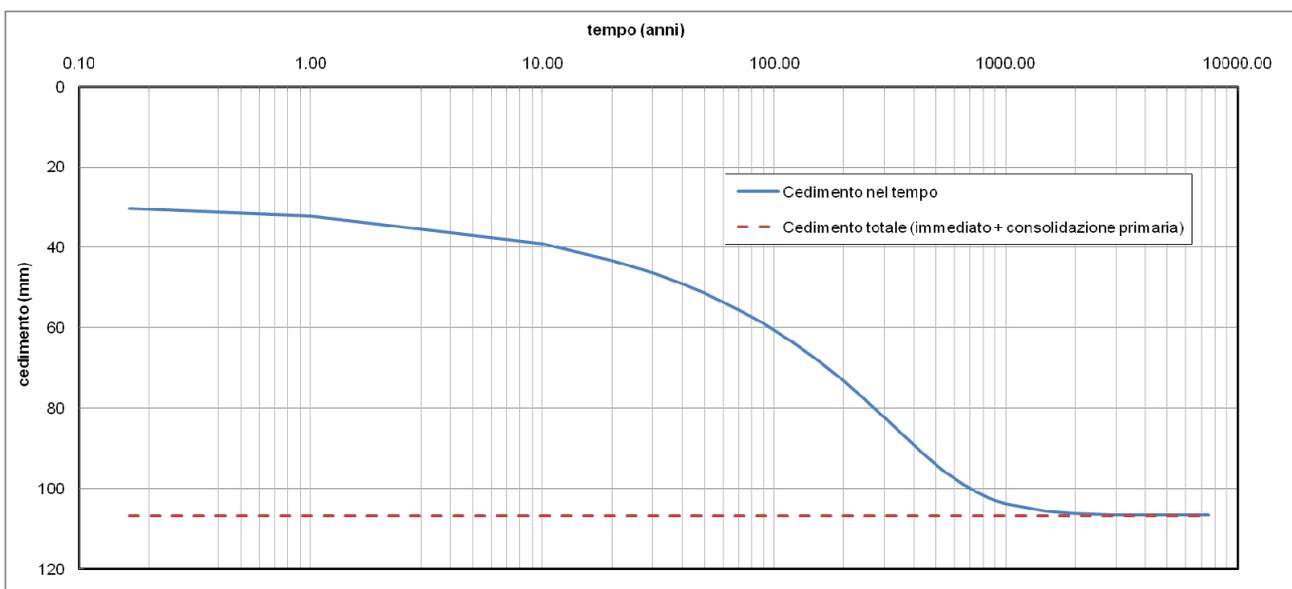
In tal caso $L_c=35.00$ m.

Il valore del coefficiente di consolidazione primaria verticale (c_v) è stato stimato mediando i risultati ottenuti dalle prove edometriche di laboratorio da cui si assume a favore di sicurezza un valore del coefficiente di consolidazione verticale per i terreni coesivi in esame: $c_v = 5 \cdot E-08$ m²/s.

Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	26 di 62

Cedimento totale	w_{tot}	106.8 mm
Cedimento immediato	w_i	29.1 mm
Cedimento di consolidazione	w_c	77.7 mm
Cedimento residuo ammissibile	w_{ra}	50 mm
Coefficiente di consolidazione	c_v	5.00E-08 m ² /s
Percorso di filtrazione	L_c	35.00 m
Cedimento a 2 mesi		
	t	0.16 anni
	T_v	2.12E-04 -
	U_m	1.64E-02 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	1 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	30 mm
Cedimento a 150 anni		
	t	150.00 anni
	T_v	1.93E-01 -
	U_m	4.94E-01 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	38 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	68 mm
Cedimento da 0.16 a 150 anni		
	w_r	37 mm OK



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.3.3 Analisi di stabilità

4.4 Metodologie di calcolo

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il software Paratie Plus in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie.

4.5 Analisi dei carichi

4.5.1 Trincee

Cautelativamente si considera agente a monte un sovraccarico accidentale di 10 kPa.

4.5.2 Rilevati stradali

Le analisi di stabilità dei rilevati ferroviari sono state svolte considerando i carichi permanenti ed accidentali in accordo a quanto riportato nelle NTC2018.

In particolare è stato considerato un carico permanente dovuto alla sovrastruttura stradale pari a 7.0 kN/m² (= 20 kN/m³ * 0.35 m) e un sovraccarico variabile pari a 20 kN/m².

4.5.3 Azioni sismiche

Con riferimento al par. 7.11.4 delle NTC18, la verifica di stabilità in condizioni sismiche dei rilevati e dei fronti di scavo può essere condotta mediante metodi pseudo statici per i quali l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso del volume W di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W \text{ dove:}$$

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \text{ (con } \beta_s = 0.38 \text{ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

e $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$.

Per le viabilità in esame allo SLV si ha:

Viabilità	V_N	C_U	V_R	a_g	S_S	S_T	a_{max}	k_h	k_v
NV53A- NV53C- NV61	100	1.5	150	0.12 g	1.50	1.00	0.18	0.068	± 0.034
viabilità di accesso ai piazzi	75	1.5	112.5	0.11 g	1.50	1.00	0.165	0.063	± 0.031
altre viabilità	50	1.5	75	0.10 g	1.50	1.00	0.15	0+057	± 0.029

4.6 Combinazioni di calcolo e verifiche

Ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi statici e sismici si riportano le combinazioni delle azioni riportate nelle NTC18:

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

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

-Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ sono riportati a seguire.

		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.

Figura 3: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU (Tab. 2.6.1 - NTC2018).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

Per le combinazioni sismiche si considera Ψ pari a 0.00 per i carichi variabili da traffico.

La verifica allo stato limite ultimo richiesta dalle NTC18 per la stabilità dei fronti di scavo e rilevati in condizioni statiche, paragrafo 6.8.2, prevede l'utilizzo della combinazione 2 A2+M2+R2 dell'approccio 1.

I coefficienti da utilizzare sono riportati nelle tabelle che seguono.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Figura 4: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Figura 5: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

La verifica di stabilità in condizioni sismiche è condotta mediante l'applicazione del metodo cosiddetto pseudo-statico. Anche in questo caso deve verificarsi che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, impiegando lo stesso approccio mostrato per le condizioni statiche, ma applicando coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici pari all'unità e riducendo le resistenze tramite un coefficiente parziale $\gamma_R = 1.2$ (paragrafo 7.11.4 delle NTC18).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.7 Sezioni di calcolo

Per la valutazione della stabilità di rilevati sono state analizzate alcune tra le sezioni ritenute più significative, ovvero:

	VIABILITÀ	SEZIONE	V_R	ALTEZZA MASSIMA	BANCA	TERRENO DI FONDAZIONE
A	NV53A	39 (1+900)	150	6.0 m	no	a2
B	NV53A	42 (2+050)	150	7.5 m	si	a2
C	NV59B	5 (0+200)	112.5	6.0 m	no	GTL3
D	NV59B	12 (0+550)	112.5	8.0 m	si	GTL3
E	NV62A	23 (1+100)	75	6.0 m	no	FYN4
F	NV62A	26 (1+250)	75	8.5 m	no	FYN4
G	NV56	(1+200)	-	4.0 m	No	a2

Per le trincee invece sono state analizzate le seguenti sezioni:

	VIABILITÀ	SEZIONE	V_R	ALTEZZA MASSIMA	TERRENO DI FONDAZIONE
A	NV53A	53 (2+600)	150	6.00 m	a2

Nelle analisi di stabilità per le varie unità geotecniche sono stati considerati i seguenti parametri:

Unità R – Rilevato stradale $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata $\Phi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio	Unità a2 – Depositi alluvionali coesivi $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale $c' = 10 \text{ kPa}$ coesione drenata $\Phi' = 25^\circ$ angolo di resistenza al taglio $c_u = 75 \text{ kPa}$ coesione non drenata
Unità TRV – Formazione Terravecchia $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale $c' = 15 \text{ kPa}$ coesione drenata $\Phi' = 20^\circ$ angolo di resistenza al taglio $c_u = 100 \text{ kPa}$ coesione non drenata	Unità FYN4 – Flysch numidico $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale $c' = 15 \text{ kPa}$ coesione drenata $\Phi' = 21^\circ$ angolo di resistenza al taglio $c_u = 75 \text{ kPa}$ coesione non drenata
Unità GTL3 – Salgemma $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale $c' = 12 \text{ kPa}$ coesione drenata $\Phi' = 23^\circ$ angolo di resistenza al taglio	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 31 di 62

La falda è stata considerata cautelativamente a piano campagna per le analisi dei rilevati e a fondo scavo nell'analisi delle trincee.

Essendo il terreno in sito un terreno coesivo, le verifiche statiche sono state condotte considerando il terreno sotto falda sia in condizioni drenate che non drenate mentre nelle analisi sismiche per il terreno sotto falda sono stati considerati solo i parametri non drenati.

Inoltre è stata svolta una disamina delle viabilità che si sviluppano nei pendii più acclivi che sono risultate le viabilità NV58, NV63 e NV65. Sono state svolte delle verifiche di stabilità globali denominate rispettivamente modello 1, modello 2 e modello 3.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8 Risultati

4.8.1 Rilevato A – NV53A H=6.0m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS ≥ 1.1)	1.121	1.399
Analisi sismica (FS ≥ 1.2)	-	1.7

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="15 m"/>	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="35.6 m"/>
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="24.6 m"/>	Estremo finale destra	<input type="text" value="55 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="30 m"/>	Numero Raggi	<input type="text" value="20"/>

Figura 6: Rilevato A – definizione superfici da analizzare.

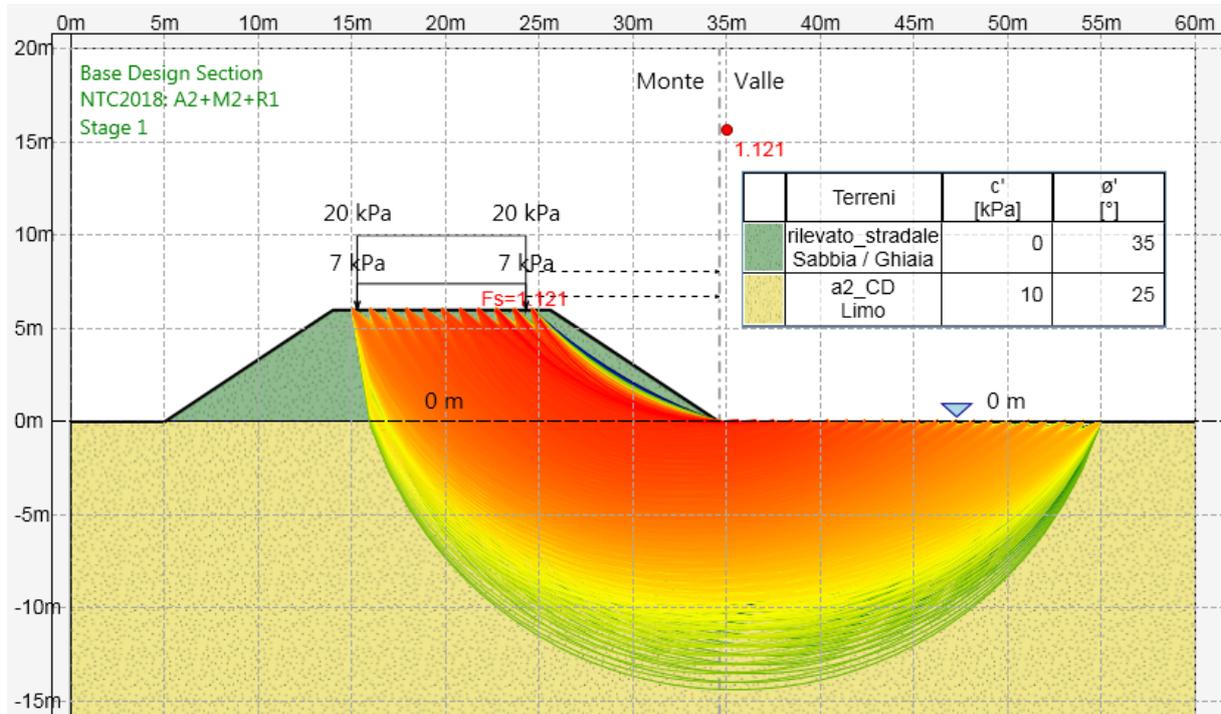


Figura 7: Rilevato A – analisi statica in condizioni drenate.

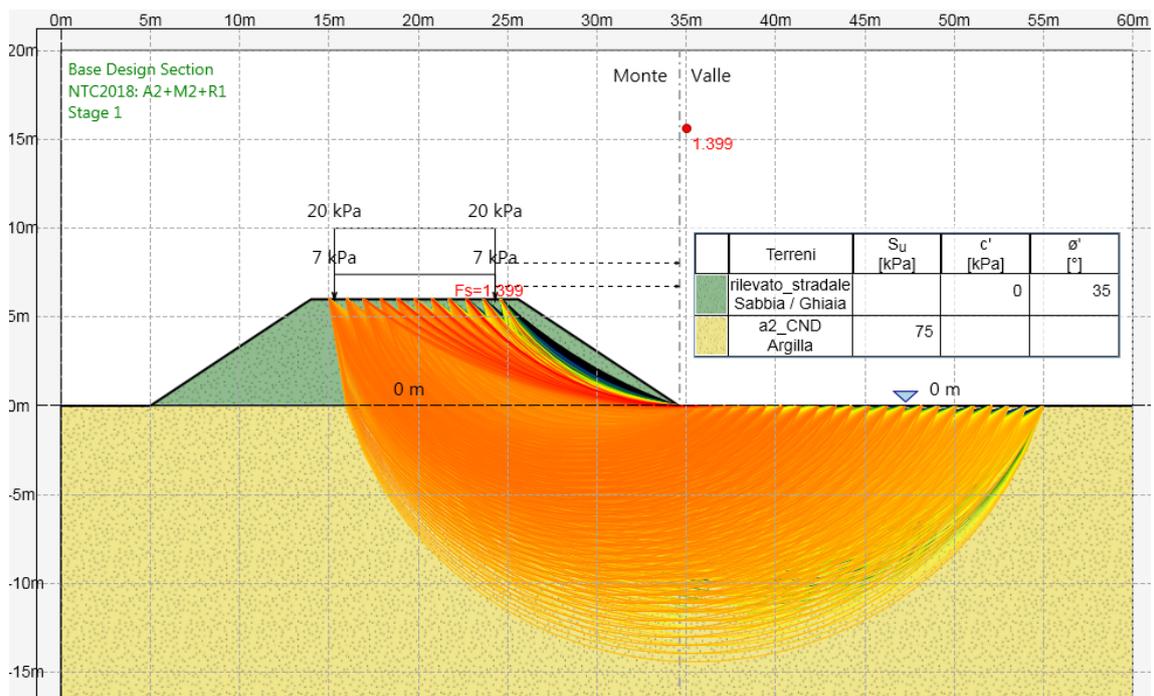


Figura 8: Rilevato A – analisi statica in condizioni non drenate.

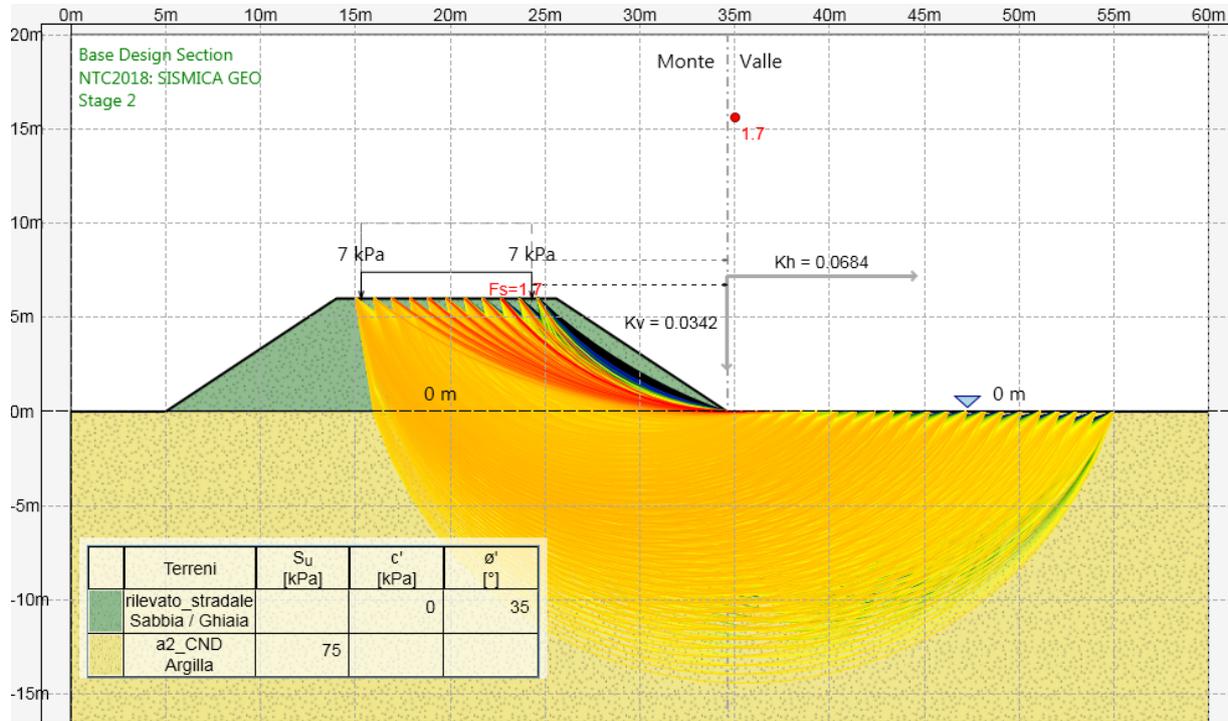


Figura 9: Rilevato A – analisi sismica in condizioni non drenate.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8.2 Rilevato B – NV53A H=7.5m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.172	1.426
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	-	1.673

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="14.25 m"/>	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="39.1 m"/>
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="23.85 m"/>	Estremo finale destra	<input type="text" value="60 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="40 m"/>	Numero Raggi	<input type="text" value="20"/>

Figura 10: Rilevato B – definizione superfici da analizzare.

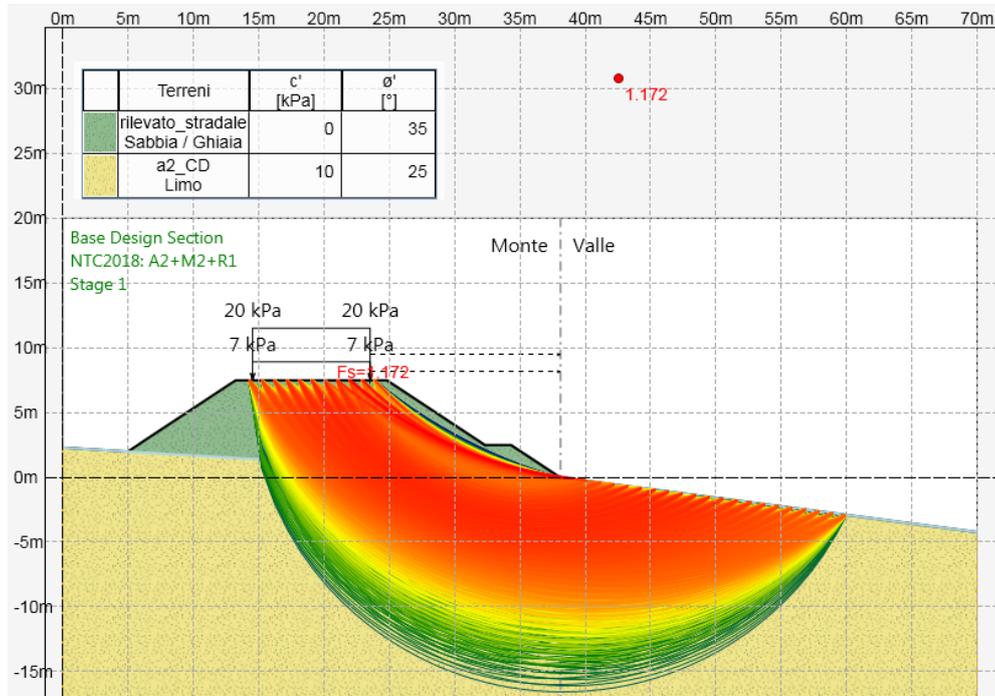


Figura 11: Rilevato B – analisi statica in condizioni drenate.

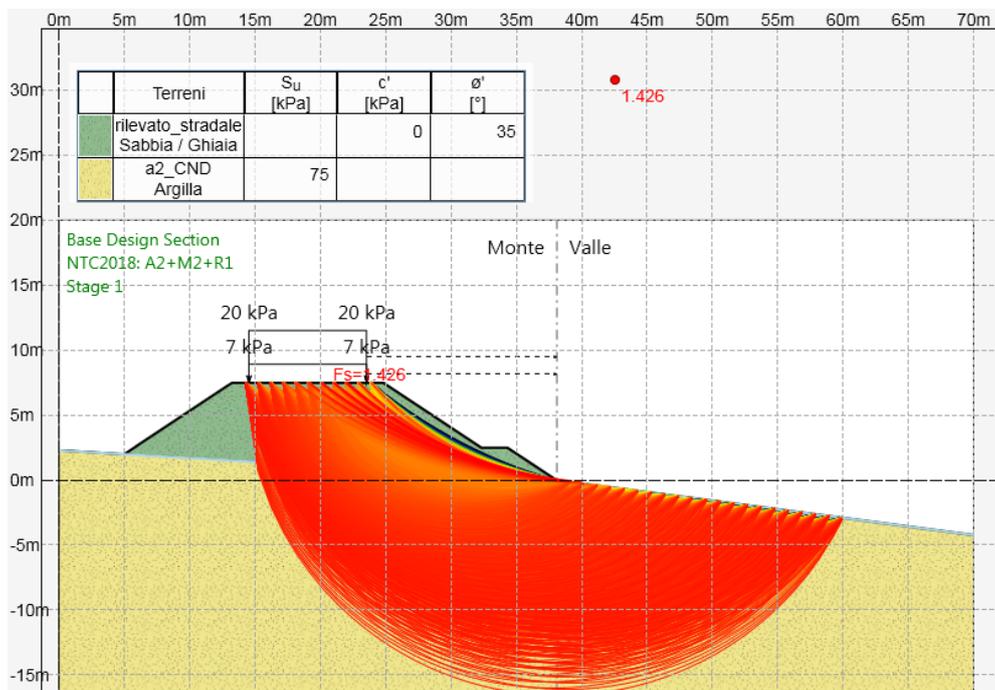


Figura 12: Rilevato B – analisi statica in condizioni non drenate.

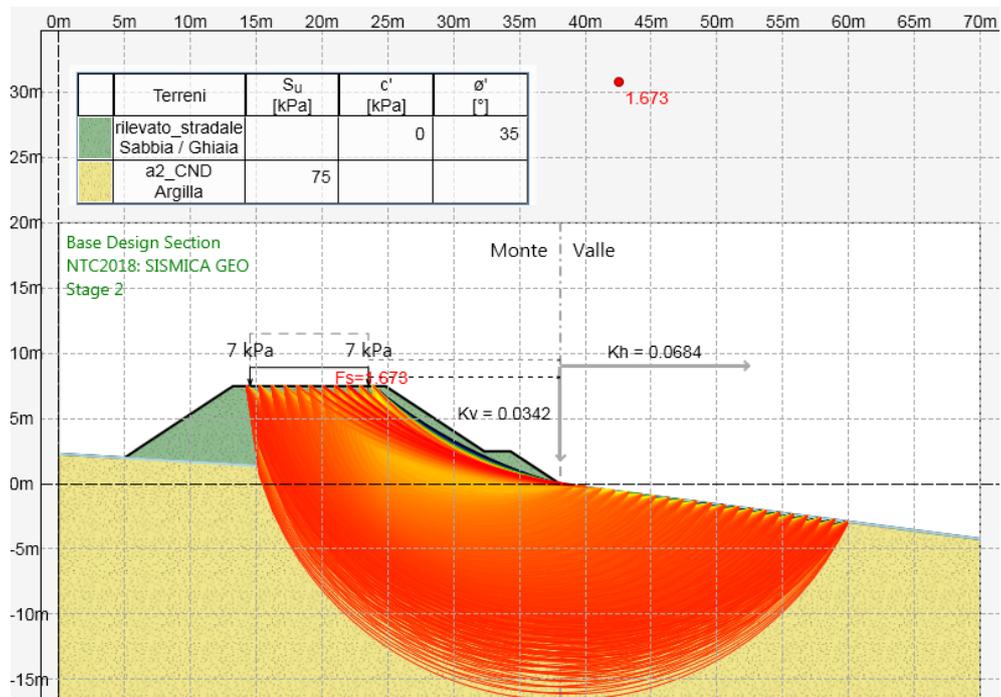


Figura 13: Rilevato B – analisi sismica in condizioni non drenate.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8.3 Rilevato C – NV59B H=6.0m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

	Fattori di Sicurezza
Analisi statica (FS ≥ 1.1)	1.121
Analisi sismica (FS ≥ 1.2)	1.279

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. Base Design Section Fase Stage 1 Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop

Definizione Superficie Critica 

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra Estremo iniziale destra

Estremo finale sinistra Estremo finale destra

Suddivisioni intervallo s Suddivisioni intervallo d

Raggio Massimo Numero Raggi

Figura 14: Rilevato C – definizione superfici da analizzare.

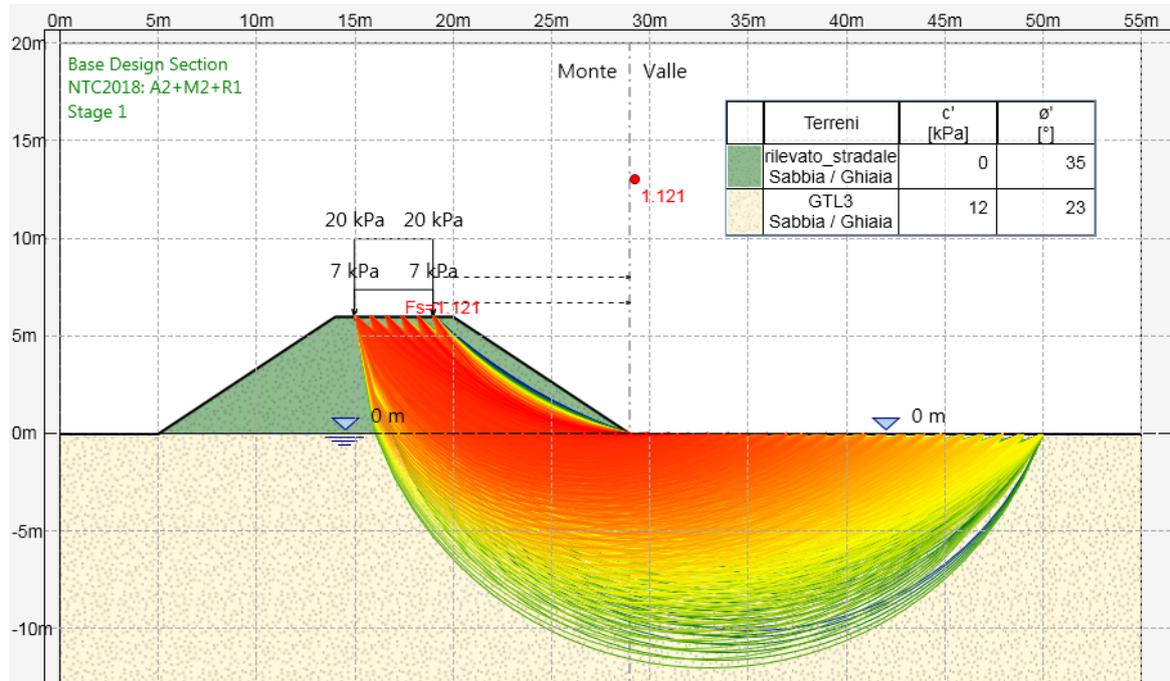


Figura 15: Rilevato C – analisi statica.

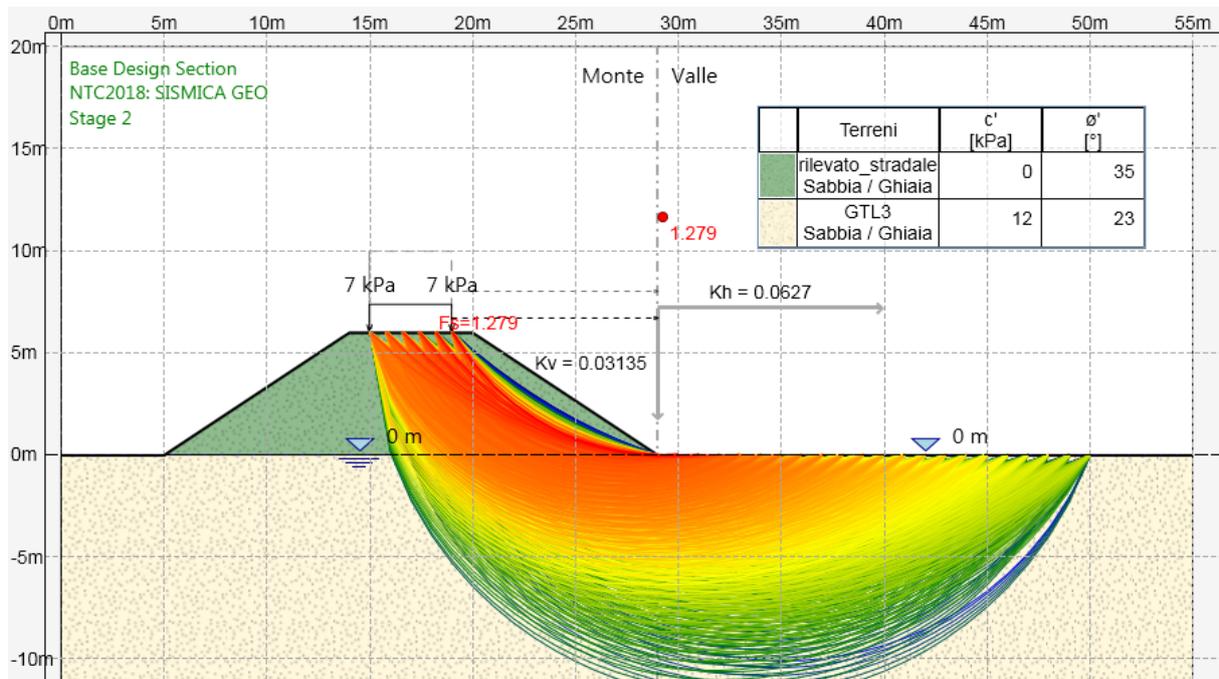


Figura 16: Rilevato C – analisi sismica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8.4 Rilevato D – NV59B H=8.0m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

	Fattori di Sicurezza
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.27
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	1.42

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. Fase Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo

Metodo di stabilità del pendio

Definizione Superficie Critica 

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="15 m"/>	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="35 m"/>
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="19 m"/>	Estremo finale destra	<input type="text" value="55 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="5"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="40 m"/>	Numero Raggi	<input type="text" value="20"/>

Figura 17: Rilevato D – definizione superfici da analizzare.

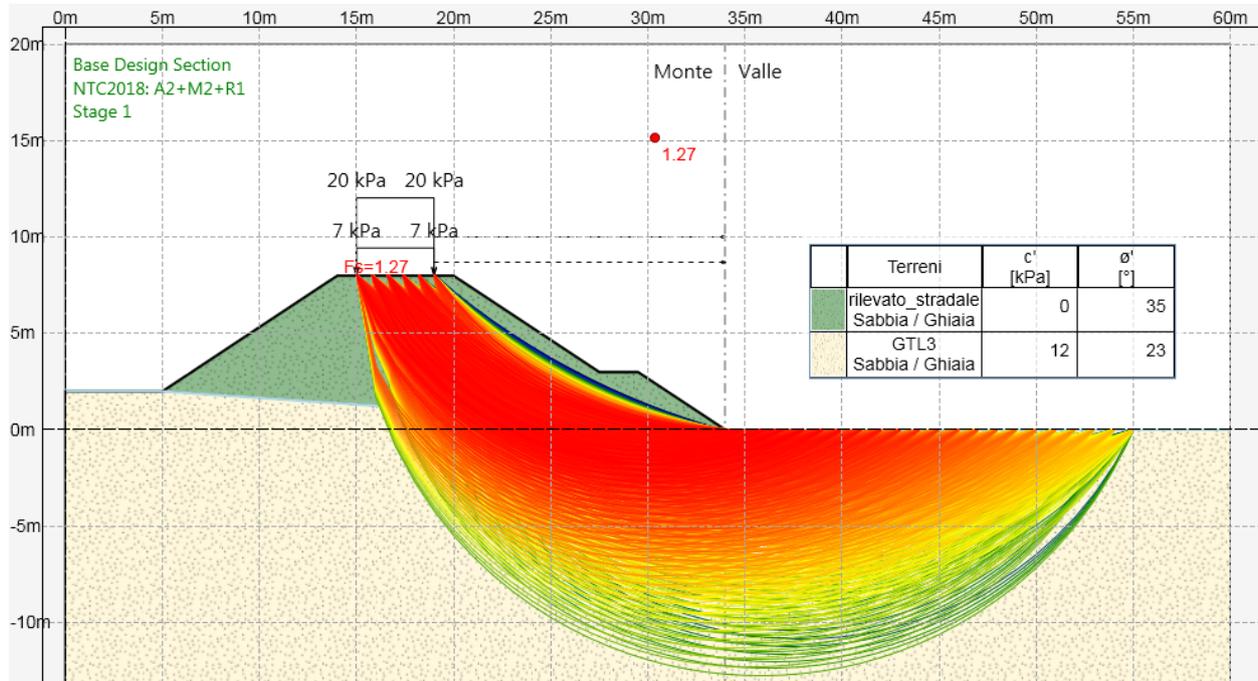


Figura 18: Rilevato D – analisi statica.

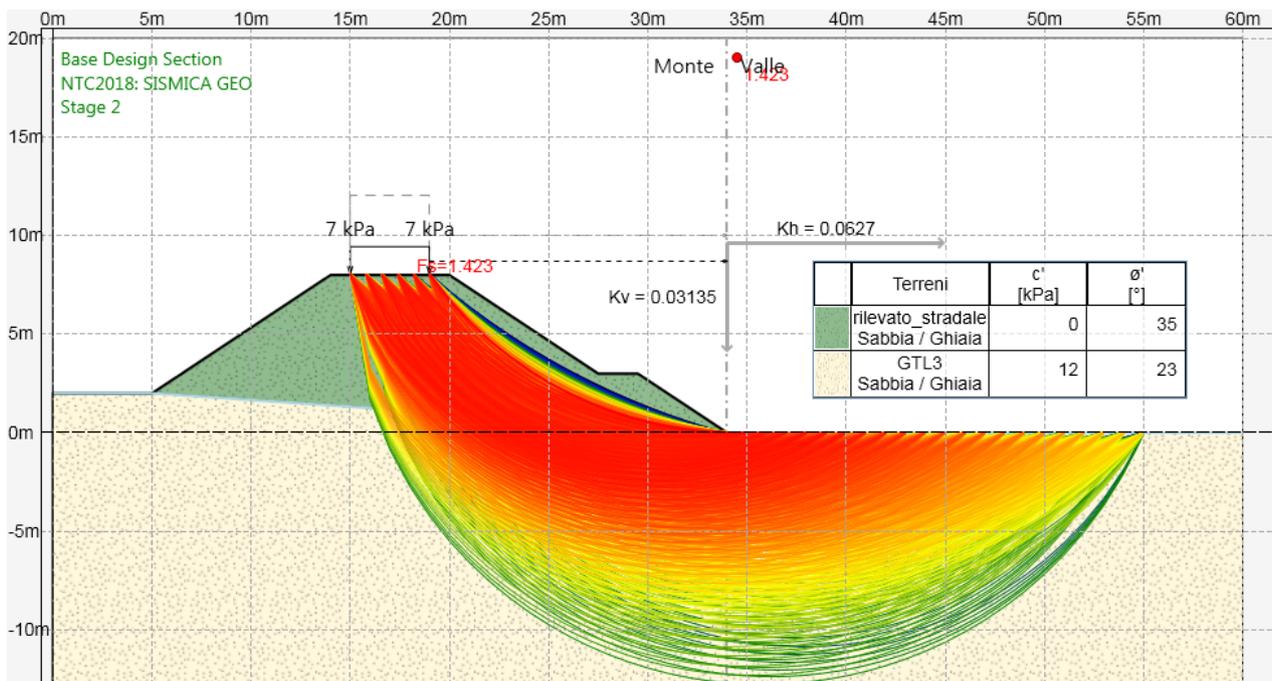


Figura 19: Rilevato D – analisi sismica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8.5 Rilevato E – NV62A H=6.0m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.146	1.399
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	-	1.736

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica
 ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input style="width: 50px;" type="text" value="15 m"/>	Estremo iniziale destra	<input style="width: 50px;" type="text" value="35.6 m"/>
Estremo finale sinistra	<input style="width: 50px;" type="text" value="24.6 m"/>	Estremo finale destra	<input style="width: 50px;" type="text" value="55 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input style="width: 50px;" type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input style="width: 50px;" type="text" value="30 m"/>	Numero Raggi	<input style="width: 50px;" type="text" value="20"/>

Figura 20: Rilevato E – definizione superfici da analizzare.

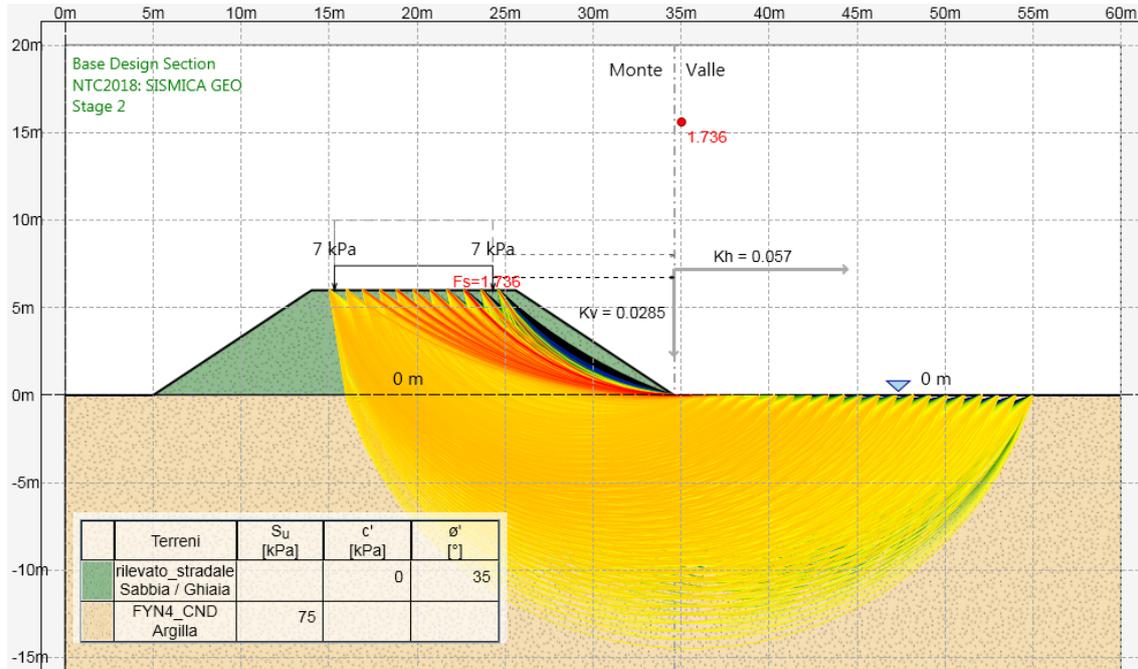


Figura 23: Rilevato E – analisi sismica in condizioni non drenate.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8.6 Rilevato F– NV62A H=8.5m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.17	1.534
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	-	2.06

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. Fase Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo

Metodo di stabilità del pendio

Definizione Superficie Critica 

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci m

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="9.9"/> m	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="36.25"/> m
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="19.5"/> m	Estremo finale destra	<input type="text" value="60"/> m
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="40"/> m	Numero Raggi	<input type="text" value="20"/>

Figura 24: Rilevato F – definizione superfici da analizzare.

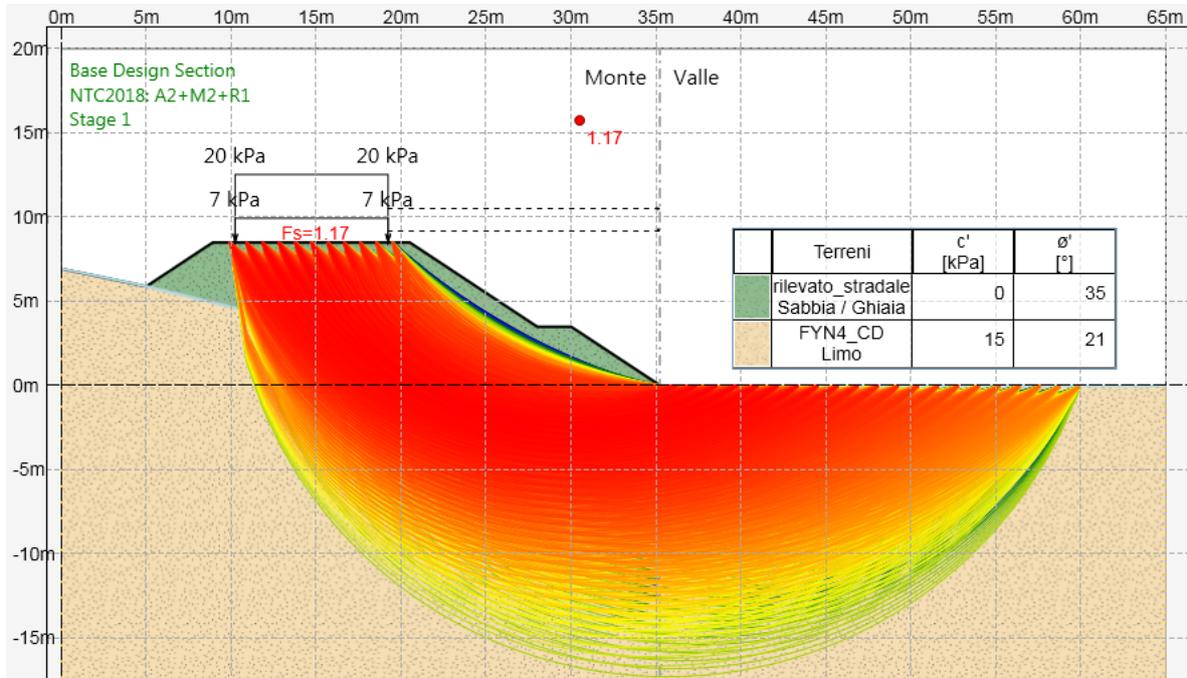


Figura 25: Rilevato F – analisi statica in condizioni drenate.

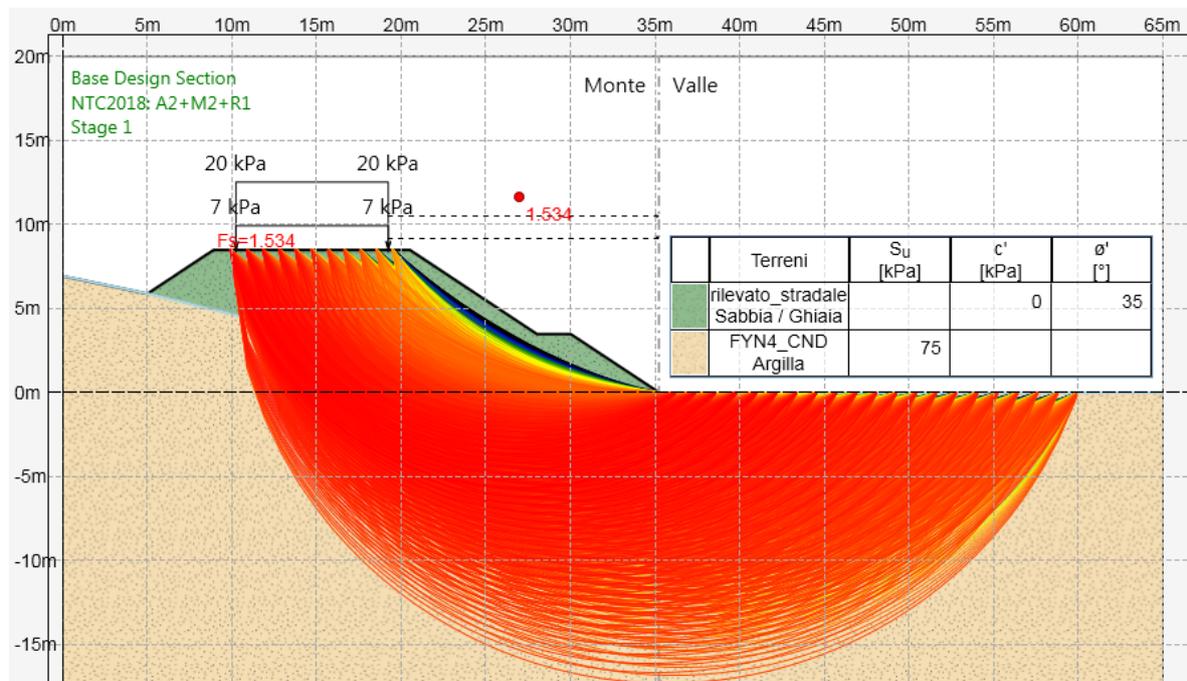


Figura 26: Rilevato F – analisi statica in condizioni non drenate.

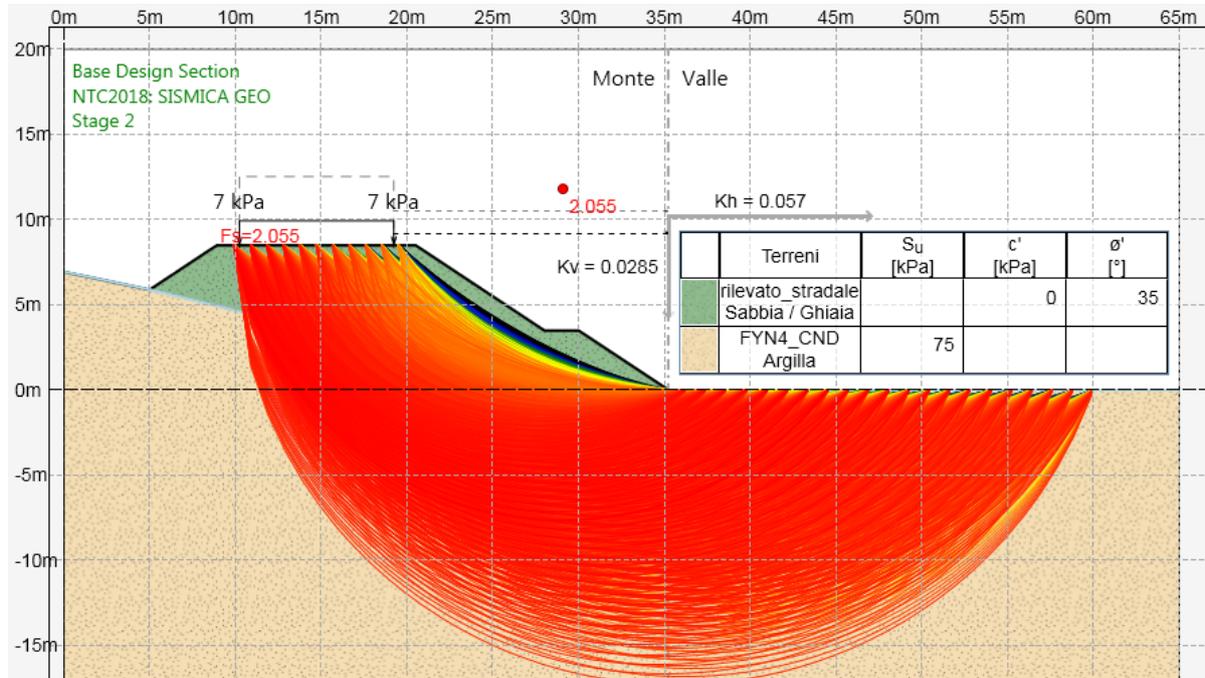


Figura 27: Rilevato F – analisi sismica in condizioni non drenate.

4.8.7 Rilevato G - NV56 H=4.0m

Sono state svolte ulteriori due verifiche di stabilità previste dal manuale di progettazione: verifica in presenza di moto di filtrazione indotto nel corpo del rilevato in presenza di differenza di battente idrico tra i due lati del rilevato e condizione di rilevato saturo e assenza di battente idrico, in fase statica.

Tale verifica è stata eseguita tenendo conto dei livelli idrici che si raggiungono in corrispondenza del rilevato pari a 1.0 m.

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche.

Fattori di Sicurezza	
	Condizioni drenate
Analisi in assenza battente idrico (FS ≥ 1.1)	1.14
Analisi con differenza di battente idrico (FS ≥ 1.1)	1.15

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

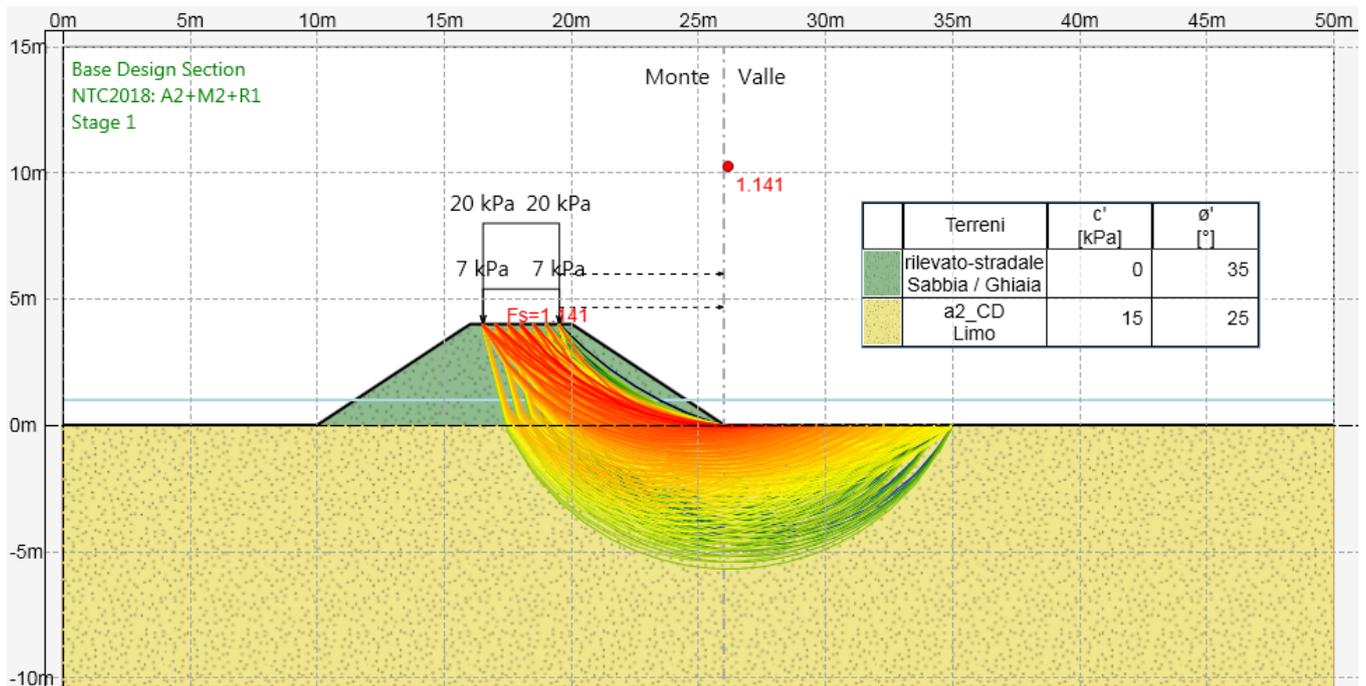


Figura 28: Rilevato G H=4m – analisi statica in assenza di battente idrico.

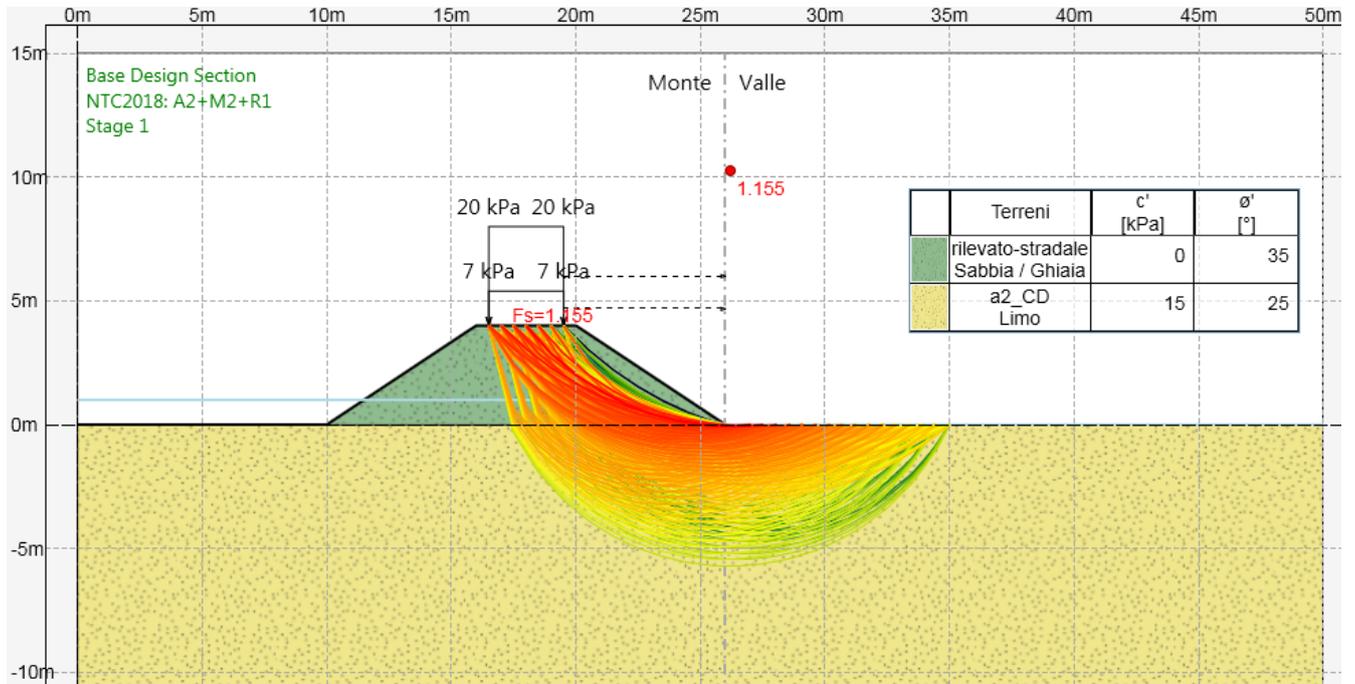


Figura 29: Rilevato G H=4m – analisi con differenza di battente idrico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

4.8.8 Trincea A – NV53A H=6.0m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.295	1.609
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	-	1.908

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. Base Design Section Fase Stage 1 Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop

Definizione Superficie Critica 

Massimo numero di iterazioni 100

Passo Conci 1 m

Tolleranza FS 0.0001

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

- Intervalli

Estremo iniziale sinistra	4 m	Estremo iniziale destra	25 m
Estremo finale sinistra	14 m	Estremo finale destra	35 m
Suddivisioni intervallo s	10	Suddivisioni intervallo d	20
Raggio Massimo	20 m	Numero Raggi	20

Figura 30: Trincea A – definizione superfici da analizzare.

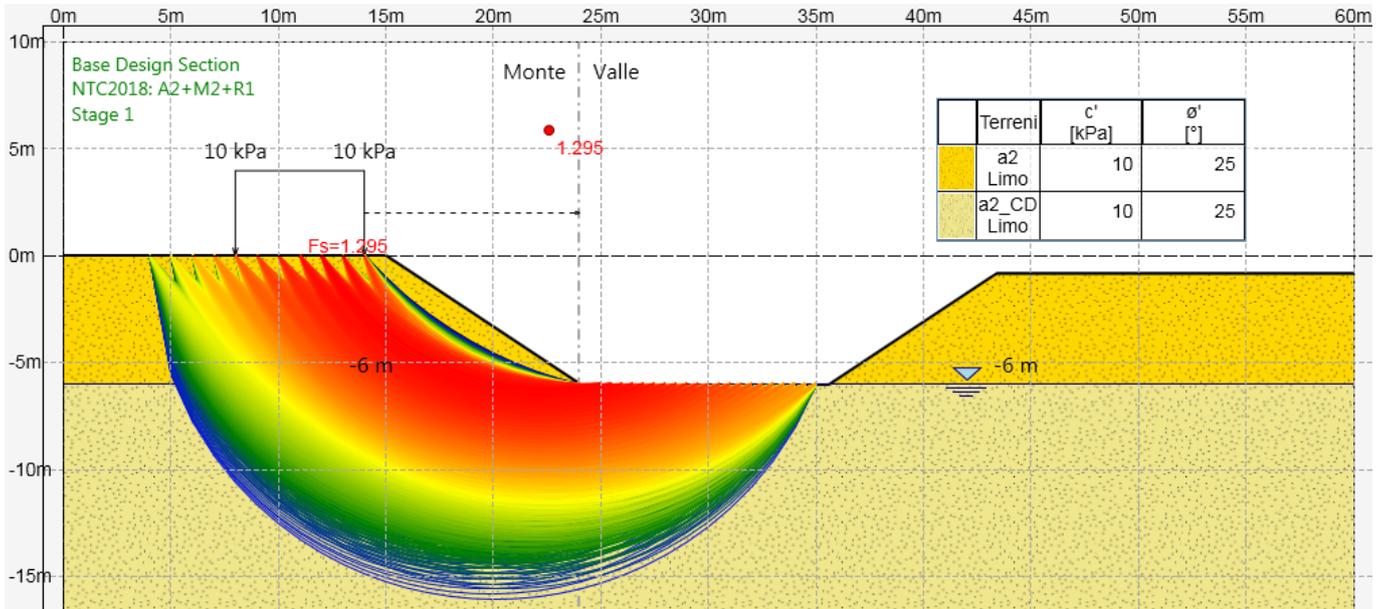


Figura 31: Trincea A – analisi statica in condizioni drenate.

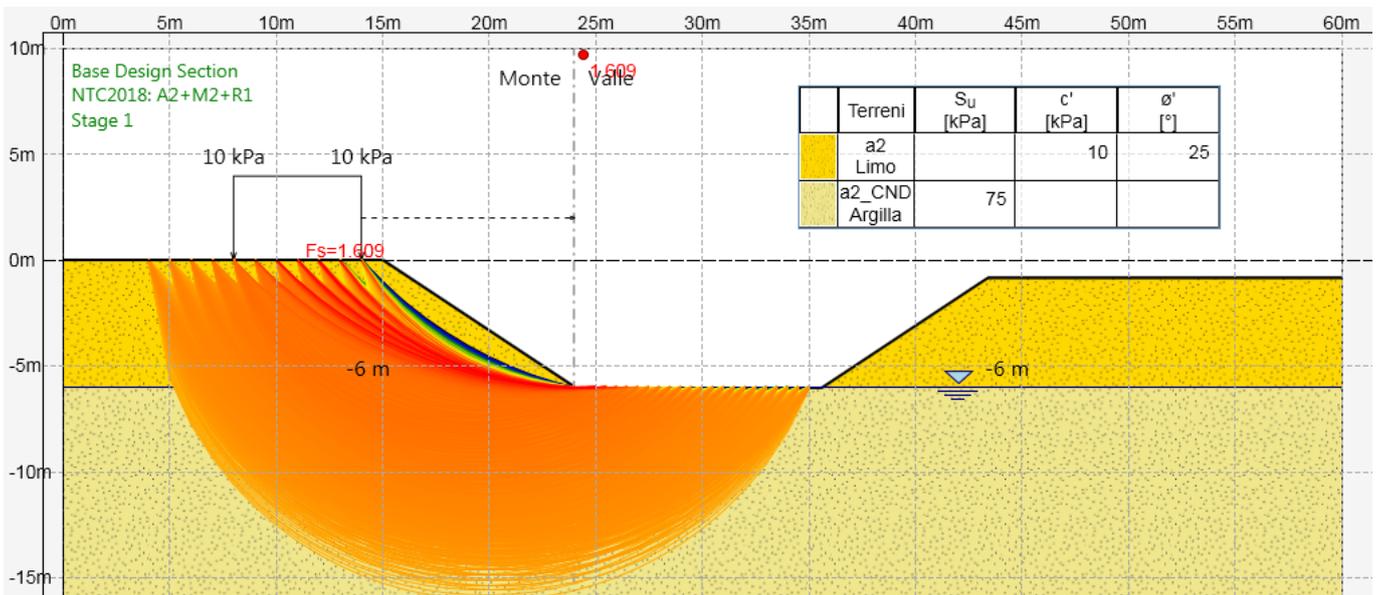


Figura 32: Trincea A – analisi statica in condizioni non drenate.

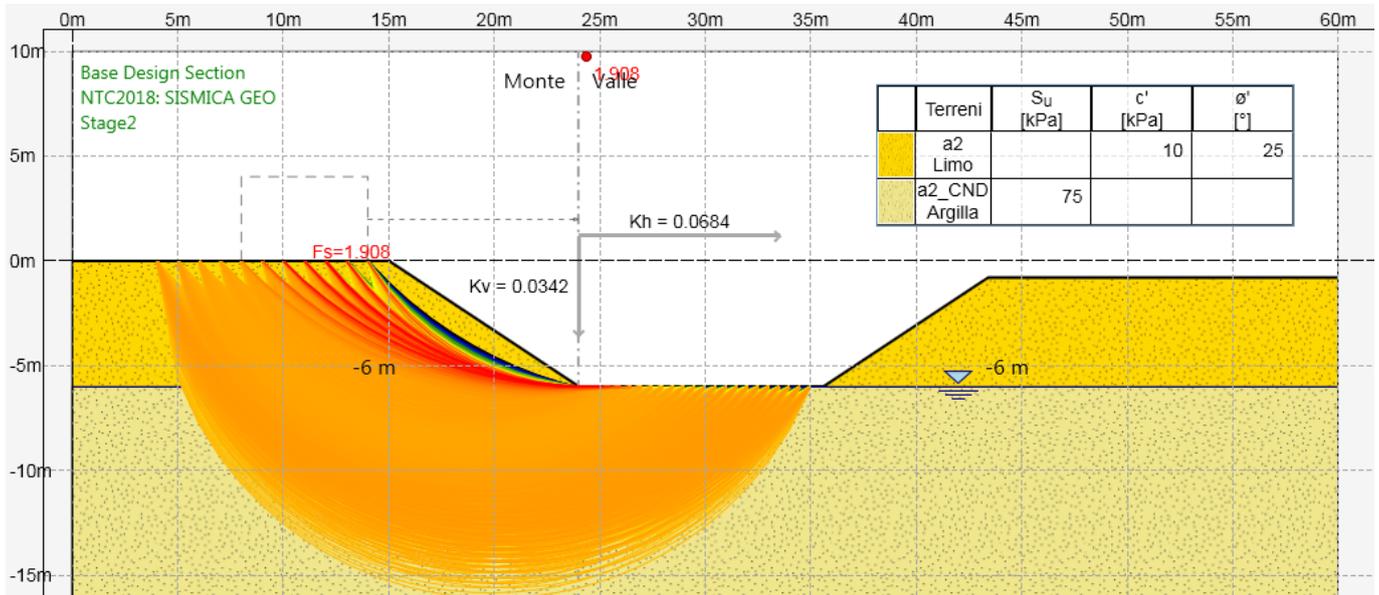


Figura 33: Trincea A – analisi sismica in condizioni non drenate.

4.8.9 Modello 1: NV58

Nella tabella seguente si riportano i parametri geotecnici assunti nel calcolo.

NV58 - Stratigrafia e parametri di calcolo			
Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Rilevato	19.0	35	0
GTL3	21.0	25	20
Falda assente			

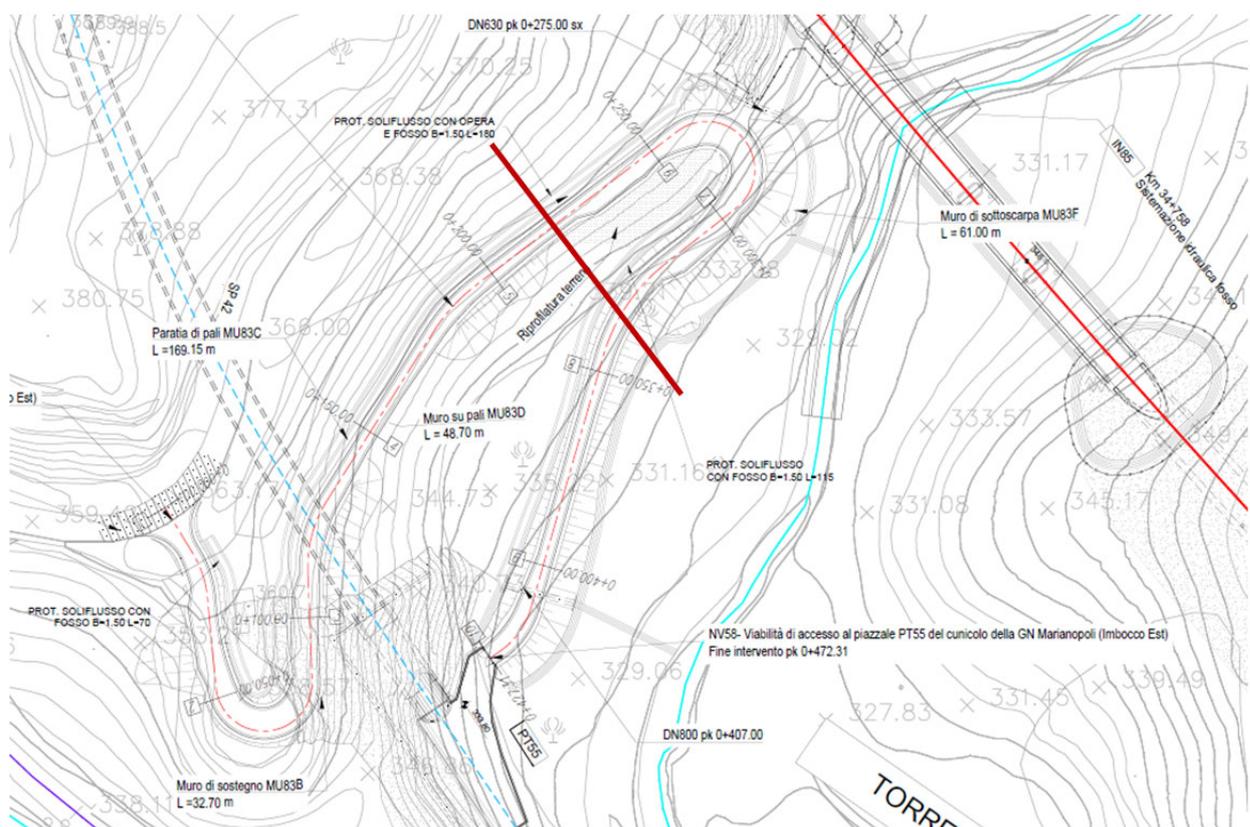


Figura 34: Modello 1 - sezione analizzata.

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità globali del versante in corrispondenza della NV58 sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

Fattori di sicurezza	
	Condizioni drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.139
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	1.21

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

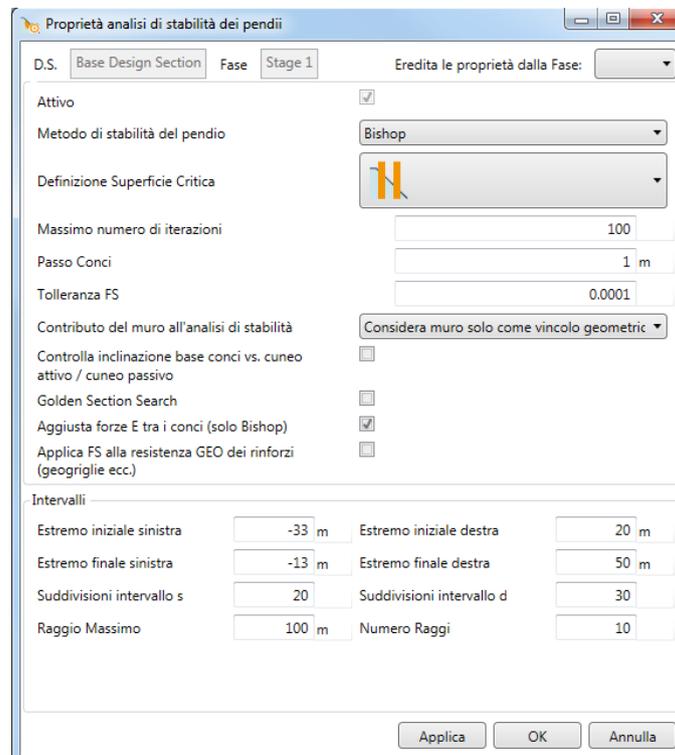


Figura 35: Modello 1 – definizione superfici da analizzare.

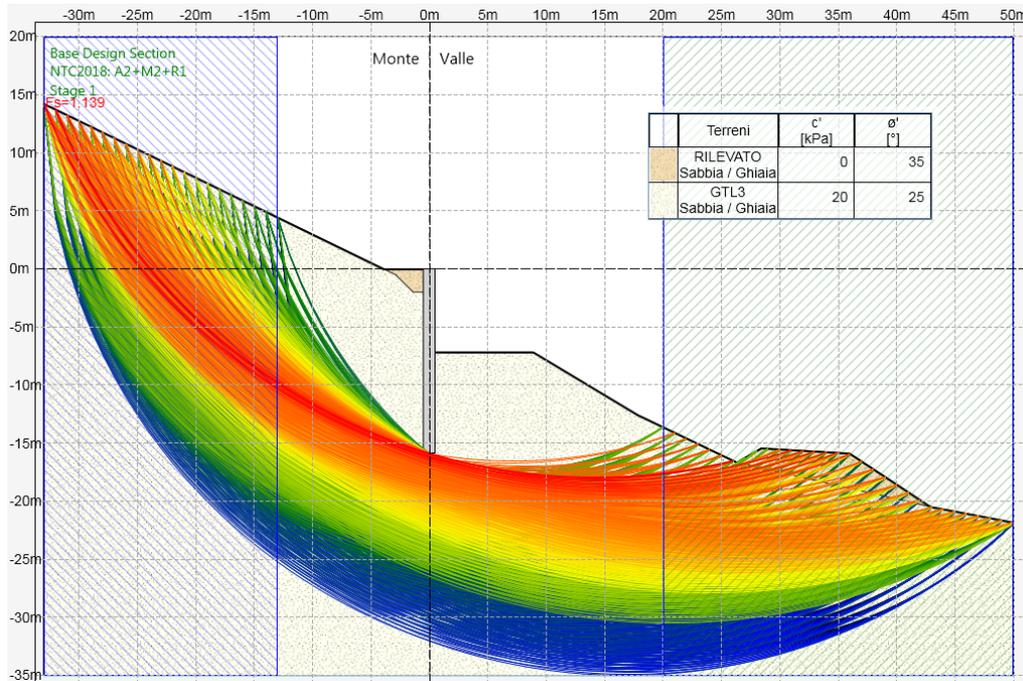


Figura 36: Modello 1 – analisi statica.

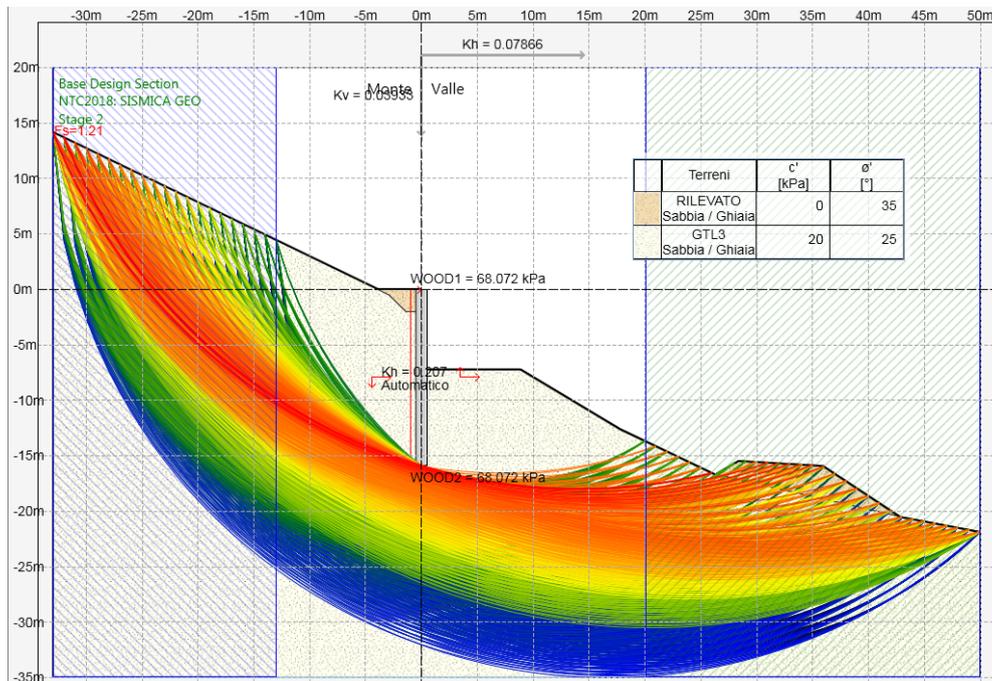


Figura 37: Modello 1 – analisi sismica.

4.8.10 Modello 2: NV63

Nella tabella seguente si riportano i parametri geotecnici assunti nel calcolo.

NV63 - Stratigrafia e parametri di calcolo			
Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Rilevato	19.0	35	0
AV	20.0	21	25
Profondità media falda 50 m			

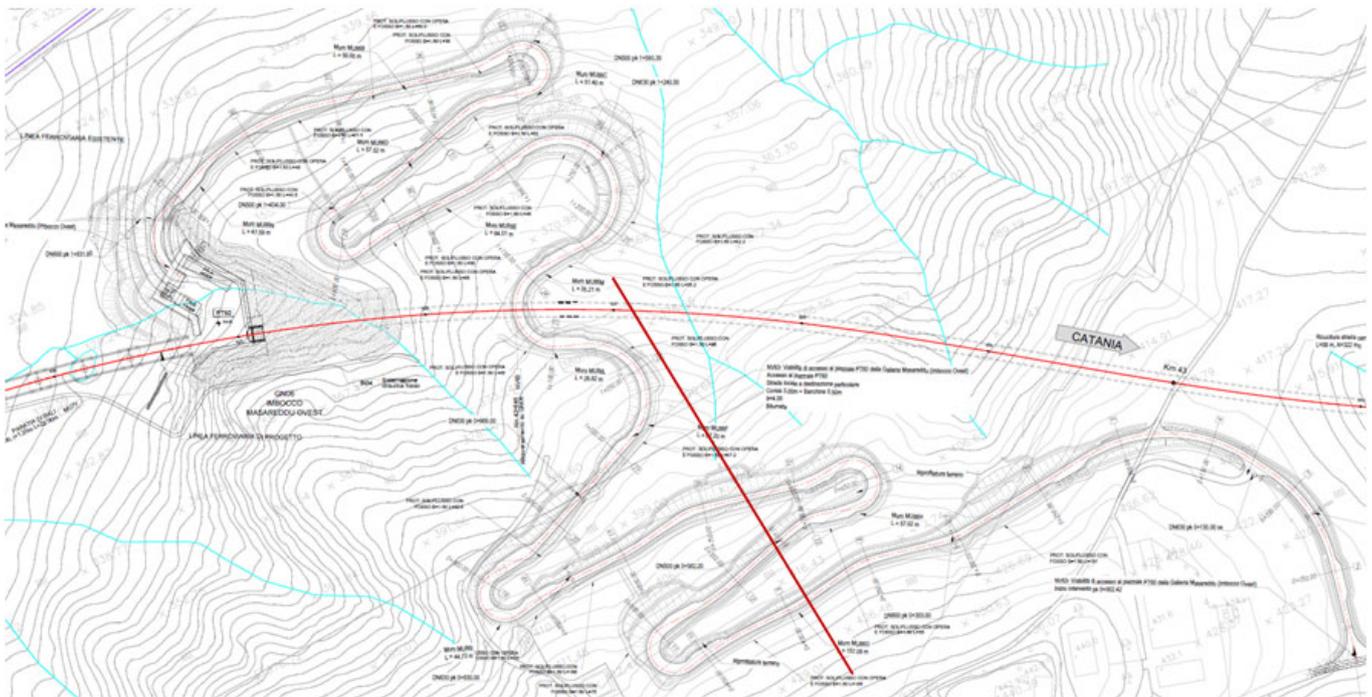


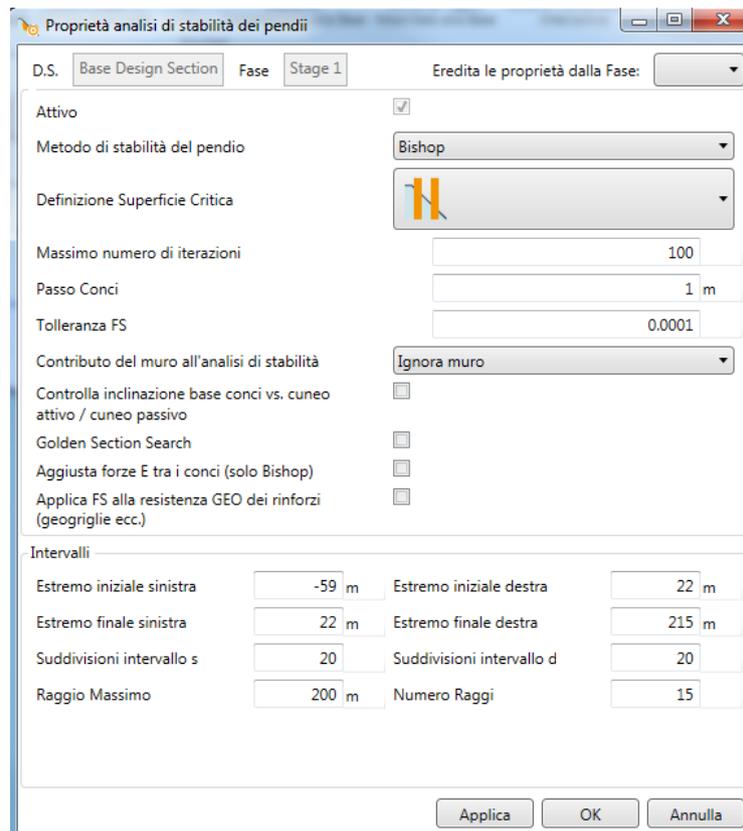
Figura 38: Modello 2 - sezione analizzata.

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità globali del versante in corrispondenza della NV63 sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA					
	Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

Fattori di sicurezza	
	Condizioni drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.578
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	1.617

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.



Proprietà analisi di stabilità dei pendii

D.S. Base Design Section Fase Stage 1 Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop

Definizione Superficie Critica

Massimo numero di iterazioni 100

Passo Conci 1 m

Tolleranza FS 0.0001

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra -59 m Estremo iniziale destra 22 m

Estremo finale sinistra 22 m Estremo finale destra 215 m

Suddivisioni intervallo s 20 Suddivisioni intervallo d 20

Raggio Massimo 200 m Numero Raggi 15

Applica OK Annulla

Figura 39: Modello 2 – definizione superfici da analizzare.

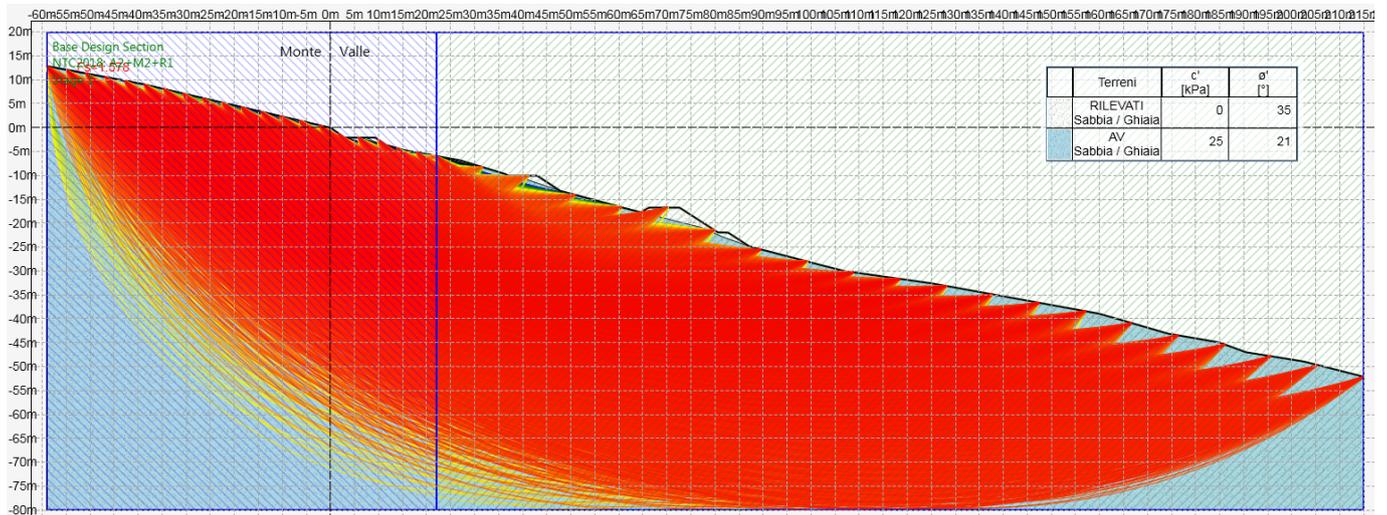


Figura 40: Modello 2 – analisi statica.

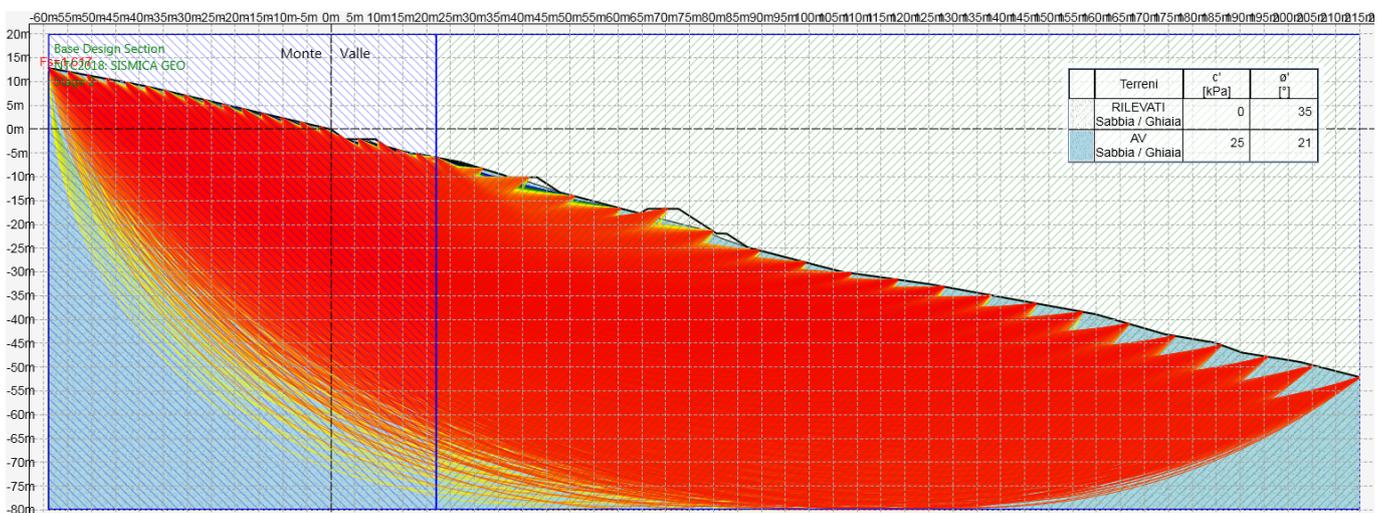


Figura 41: Modello 2 – analisi sismica.

4.8.11 Modello 3: NV65

Nella tabella seguente si riportano i parametri geotecnici assunti nel calcolo.

NV65 - Stratigrafia e parametri di calcolo			
Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Rilevato	19.0	35	0
TRV	21.0	20	20
Profondità media falda 30 m			

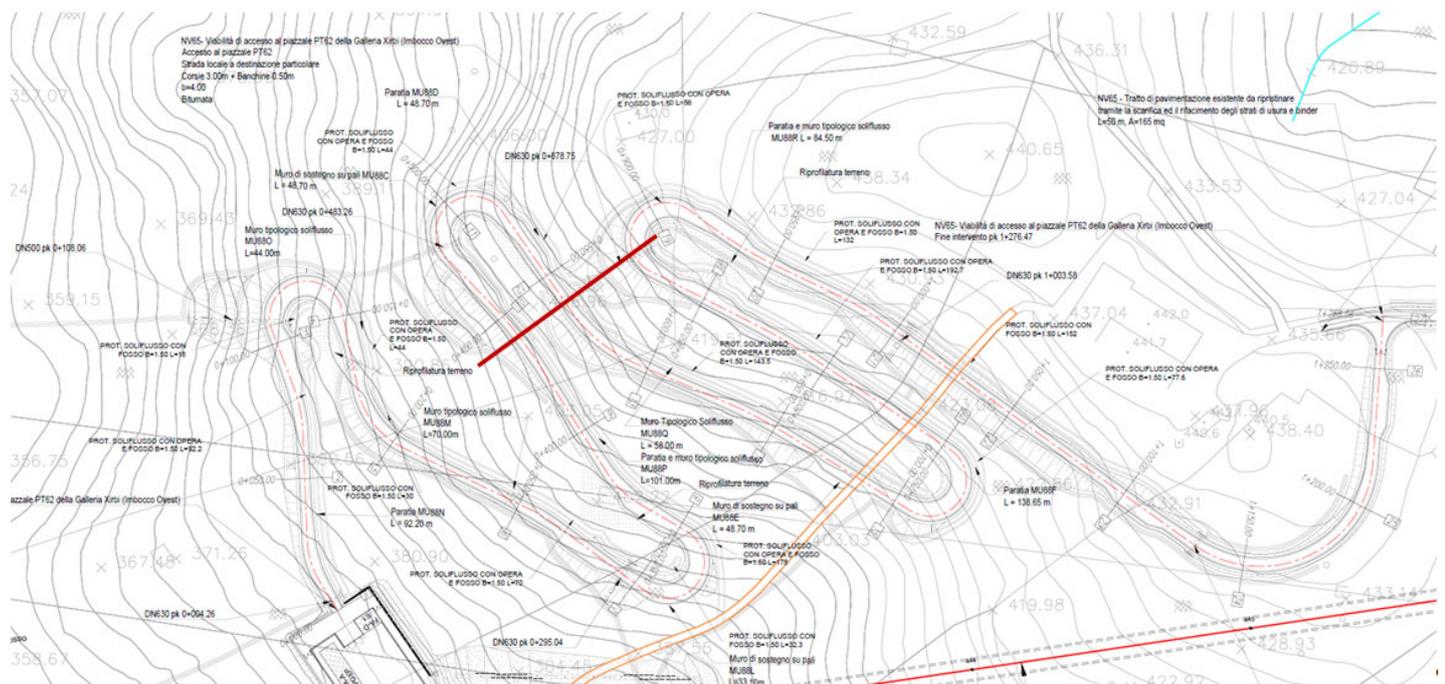


Figura 42: Modello 3 - sezione analizzata.

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità globali del versante in corrispondenza della NV58 sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con $\pm K_v$).

Fattori di sicurezza

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GEOTECNICA</p>												
<p>Relazione di stabilità delle trincee e dei rilevati e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali - Lotto 3b</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 RH</td> <td>GE0000 004</td> <td>C</td> <td>60 di 62</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	60 di 62
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 RH	GE0000 004	C	60 di 62								

	Condizioni drenate
Analisi statica (FS \geq 1.1)	1.208
Analisi sismica (FS \geq 1.2)	1.244

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

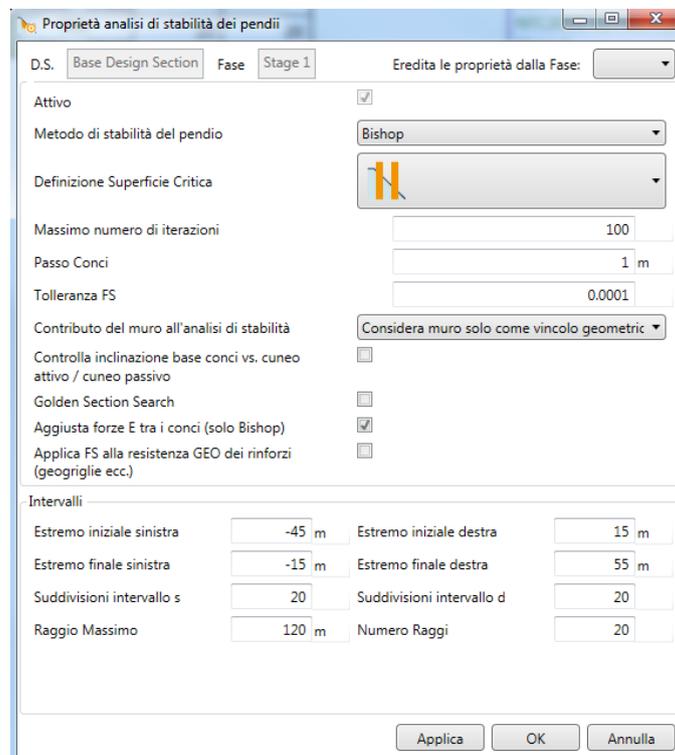


Figura 43: Modello 3 – definizione superfici da analizzare.

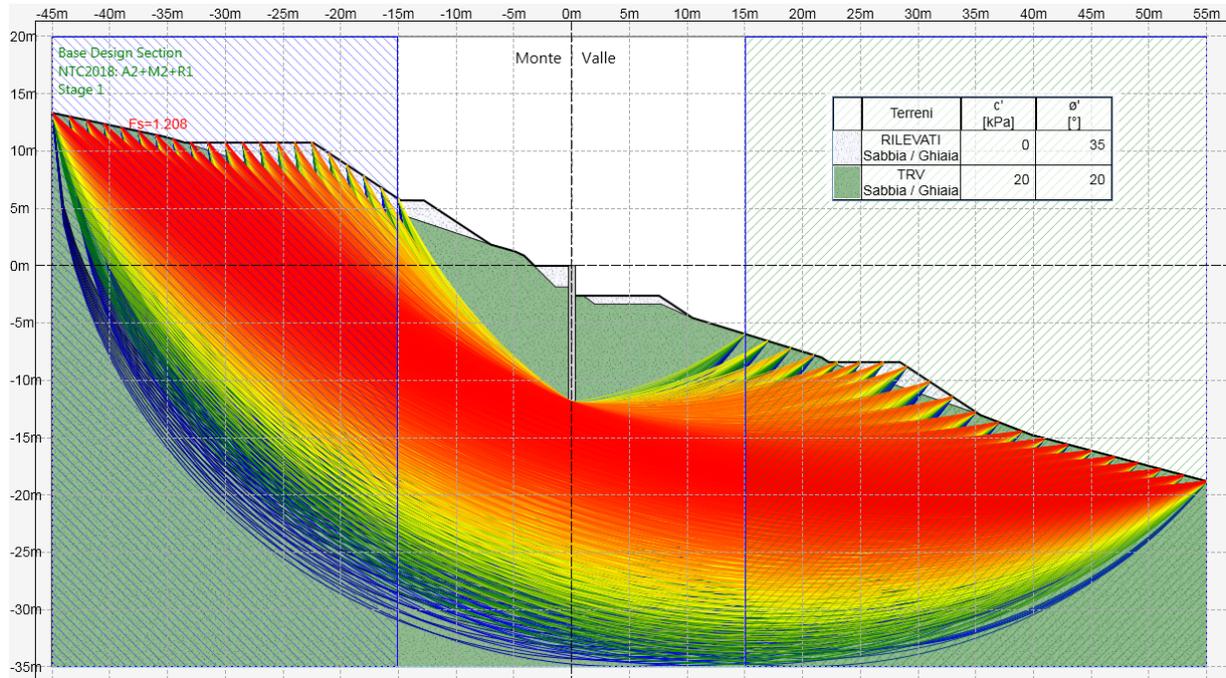


Figura 44: Modello 3 – analisi statica.

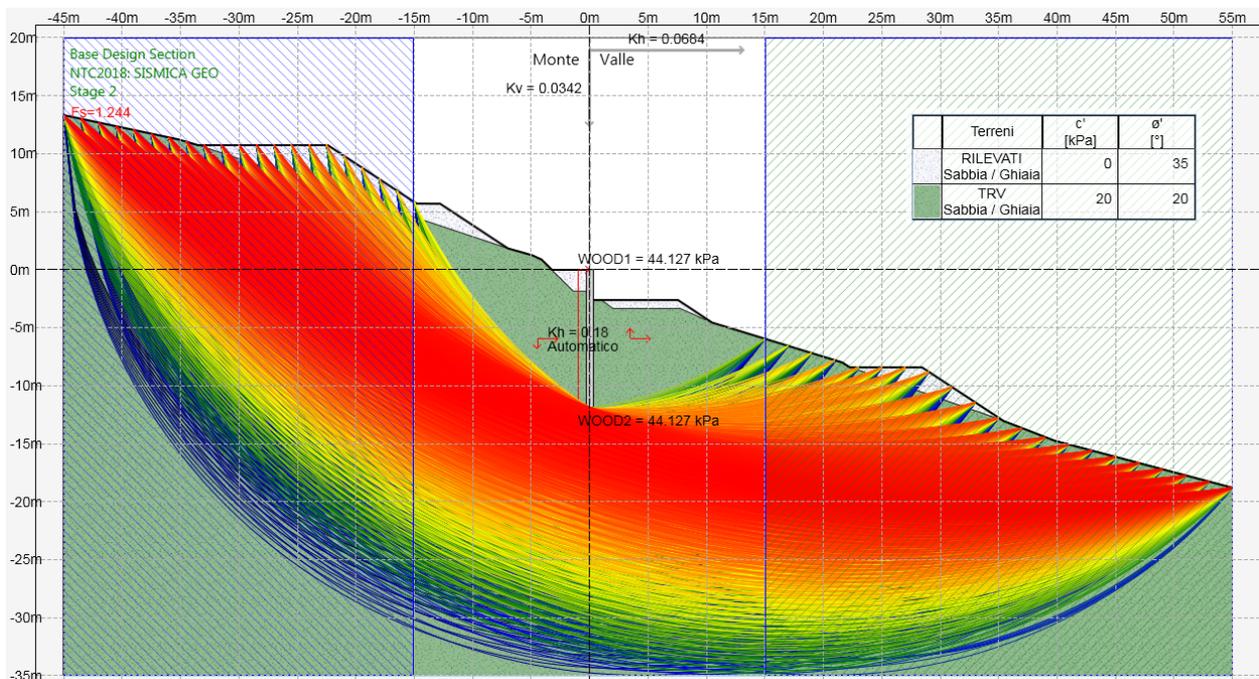


Figura 45: Modello 3 – analisi sismica.

5 PIANO DI POSA RILEVATI

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, sono stati definiti gli spessori di bonifica per il piano di posa di rilevati.

RILEVATO	PK	BONIFICA	RILEVATO	PK	BONIFICA
NV51		30 cm	IN-TR03		0 cm
NV52		0 cm	NV60		0 cm
NV53A	0+000 – 0+ 600	50 cm	NV61		30 cm
	0+600 – 0+850	100 cm			
	0+850 – 2+779	50 cm			
NV53B		30 cm	NV62A		30 cm
NV53C		30 cm	NV62B		30 cm
NV54A		30 cm	NV62C		30 cm
NV54B		30 cm	NV62D		30 cm
NV55		30 cm	NV63		100 cm
NV056		30 cm	NV64		30 cm
NV57		30 cm	NV65		100 cm
NV58		30 cm	NV66		30 cm
NV59	0+000 – 0+200	30 cm	NV67		30 cm
	0+200 – 0+600	100 cm			
	0+600 – 0+888	30 cm			