

**S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ**  
**LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA**  
 DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI  
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Ing. D. BONADIES	Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO	Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI	Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI	Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI	
Ing. A. LUCIA	

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

Arch. E. RASIMELLI

**IL GEOLOGO**

Dott. S. PIAZZOLI

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. L. IOVINE

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



MANDATARIA



**PINI SWISS ENGINEERS SA**  
SWISS

Via Basso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



**PINI SWISS ENGINEERS Srl**  
ITALIA

Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

## RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO PARETI CHIODATE

CODICE PROGETTO

File: T00\_GE01\_GET\_RE02\_A

REVISIONE

PAG.

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

D	P	C	A	2	2	D	2	0	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

CODICE ELAB.

T	0	0	G	E	0	1	G	E	T	R	E	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

A
---

1 di 51

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	AGOSTO 2020	A.LUCIA	M.MARELLI	RASIMELLI

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 2 di 51</p>
---	---

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
<u>1</u>	<u>INTRODUZIONE</u>				<u>7</u>
<u>1.1</u>	<u>OGGETTO E SCOPO</u>				<u>8</u>
<u>1.2</u>	<u>BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO</u>				<u>8</u>
<u>2</u>	<u>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</u>				<u>9</u>
<u>2.1</u>	<u>NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI</u>				<u>10</u>
<u>2.2</u>	<u>BIBLIOGRAFIA</u>				<u>11</u>
<u>2.3</u>	<u>SOFTWARE DI CALCOLO</u>				<u>11</u>
<u>3</u>	<u>DESCRIZIONE DELL'OPERA</u>				<u>12</u>
<u>4</u>	<u>DATI GEOTECNICI E DELLA FALDA</u>				<u>19</u>
<u>5</u>	<u>APPROCCI PROGETTUALI</u>				<u>22</u>
<u>6</u>	<u>SOFTWARE</u>				<u>24</u>
<u>7</u>	<u>VERIFICHE DI STABILITA'</u>				<u>25</u>
<u>8</u>	<u>ALLEGATI – TABULATI DI CALCOLO DA SOFTWARE</u>				<u>51</u>

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Corografia generale con inquadramento dell'opera .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2: Inquadramento geografico del sito .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 – Pareti chiodate lungo il tracciato della SS389 .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Geocomposito metallico tipo Macmat HS 30 o equivalente, armato con funi trasversali con maglia quadrata degli ancoraggi (per i dettagli si vedano le successive figure). .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Geocomposito metallico tipo Macmat HS 30 o equivalente; dettaglio 1 di Figura 4.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Geocomposito metallico tipo Macmat HS 30 o equivalente; dettaglio 2 di Figura 4.</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7. Particolare del piede delle trincee a lato della piattaforma stradale.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 8. Geocomposito metallico tipo STEELGRID HR 30 o equivalente, armato con funi trasversali con maglia quadrata degli ancoraggi (per i dettagli si vedano Figura 5 e Figura 6).....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 9 – Sviluppata parete chiodata P.C.01 .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 – Sezione massima P.C.01.....</i>	<i>26</i>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 3 di 51</p>
---	---

Figura 11 – Sviluppata parete chiodata P.C.02 .....	27
Figura 12 – Sezione di calcolo P.C.02.....	27
Figura 13 – Sviluppata parete chiodata P.C.03 .....	28
Figura 14 - Sezione di calcolo P.C.03.....	28
Figura 15 – Sviluppata parete chiodata P.C.06 .....	29
Figura 16 - Sezione di calcolo P.C.06.....	29
Figura 17 – Sviluppata parete chiodata P.C.07 .....	30
Figura 18 - Sezione di calcolo P.C.07.....	30
Figura 19 - Sezione di calcolo P.C. M03 .....	31
Figura 20 - Sezione di calcolo P.C. M04 .....	32
Figura 21 - Sezione di calcolo P.C. GA02.....	33
Figura 22 - Sezione di calcolo P.C. GA03.....	33
Figura 23 – Verifica di stabilità P.C. 01: Modello.....	35
Figura 24 – Verifica di stabilità P.C. 01: Analisi Statica FS=1.841.....	35
Figura 25 – Verifica di stabilità P.C. 01: Analisi Sismica FS=2.106.....	36
Figura 26 – Verifica di stabilità P.C. 02: Modello.....	36
Figura 27 – Verifica di stabilità P.C. 02: Analisi Statica FS=1.776.....	37
Figura 28 – Verifica di stabilità P.C. 02: Analisi Sismica FS=2.077.....	37
Figura 29 – Verifica di stabilità P.C. 03: Modello.....	38
Figura 30 – Verifica di stabilità P.C. 03: Analisi Statica FS=1.832.....	38
Figura 31 – Verifica di stabilità P.C. 03: Analisi Sismica FS=2.135.....	39
Figura 32 – Verifica di stabilità P.C. 06: Modello.....	40
Figura 33 – Verifica di stabilità P.C. 06: Analisi Statica FS=1.287.....	40
Figura 34 – Verifica di stabilità P.C. 06: Analisi Sismica FS=1.505.....	41
Figura 35 – Verifica di stabilità P.C. 08: Modello.....	42
Figura 36 – Verifica di stabilità P.C. 08: Analisi Statica FS=1.289.....	42
Figura 37 – Verifica di stabilità P.C. 08: Analisi Sismica FS=1.515.....	43
Figura 38 – Verifica di stabilità P.C. M03: Modello .....	44

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 4 di 51</p>
---	---

*Figura 39 – Verifica di stabilità P.C. M03: Analisi Statica FS=1.263 ..... 44*

*Figura 40 – Verifica di stabilità P.C. M04: Modello ..... 45*

*Figura 41 – Verifica di stabilità P.C. M04: Analisi Statica FS=1.389 ..... 45*

*Figura 42 – Verifica di stabilità P.C. M07: Modello ..... 46*

*Figura 43 – Verifica di stabilità P.C. M07: Analisi Statica FS=1.374 ..... 46*

*Figura 44 – Verifica di stabilità P.C. M10: Modello ..... 47*

*Figura 45 – Verifica di stabilità P.C. M10: Analisi Statica FS=1.606 ..... 47*

*Figura 46 – Verifica di stabilità P.C. GA02: Modello..... 49*

*Figura 47 – Verifica di stabilità P.C. GA02: Analisi Statica FS=1.714..... 49*

*Figura 48 – Verifica di stabilità P.C. GA03: Modello..... 50*

*Figura 49 – Verifica di stabilità P.C. GA03: Analisi Statica FS=1.354..... 50*

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 5 di 51</p>
---	---

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Pareti chiodate, interventi di chiodatura .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 2– Parametri geotecnici unità CA. ....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 3– Parametri geotecnici unità b2.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 4– Parametri geotecnici unità geomeccanica VGD1e – LNU1d.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 5– Parametri geotecnici unità geomeccanica SVI.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 6– Parametri sismici per le analisi di stabilità.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 7– Coefficienti parziali secondo le NCT 2018 .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 8 – Pareti chiodate, indicazione altezze e spessori coltre .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 9 – Risultati analisi di stabilità .....</i>	<i>34</i>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 51</p>
---	---

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 7 di 51</p>
---	---

## 1 INTRODUZIONE

Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova SS389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili.

L'intervento prevede una variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per un'estensione di circa 6 Km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

Il presente elaborato tratta gli aspetti di stabilità delle pareti di scavo chiodate.

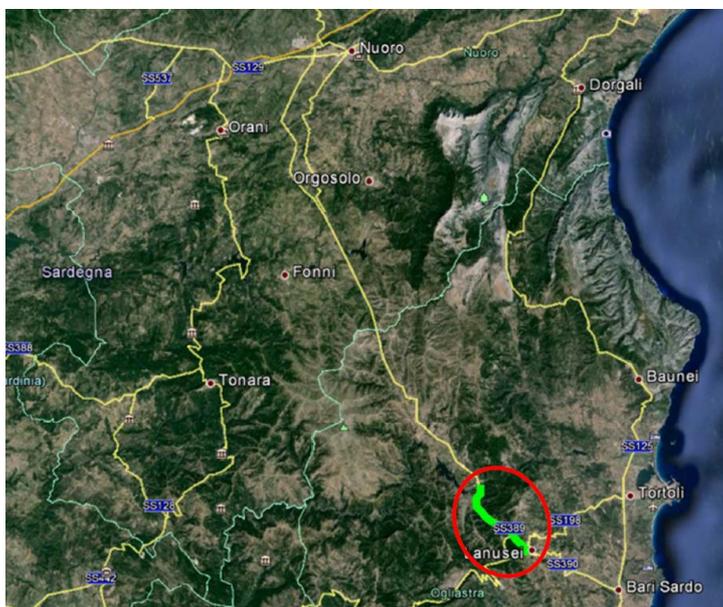


Figura 1: Corografia generale con inquadramento dell'opera

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 8 di 51</p>
---	---

## 1.1 Oggetto e scopo

L'oggetto della presente relazione sono le verifiche di stabilità delle pareti di scavo chiodate sia definitive che provvisorie poste lungo l'intero tracciato

## 1.2 Breve descrizione del progetto

L'area interessata dal progetto fa parte dei Comuni di Villagrande Strisaili e Arzana (Figura 2). Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova S.S. 389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili. L'intervento prevede una variante della S.S. 389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una lunghezza di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi **viadotti** ed **opere di sostegno**, oltre a **svincoli** di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

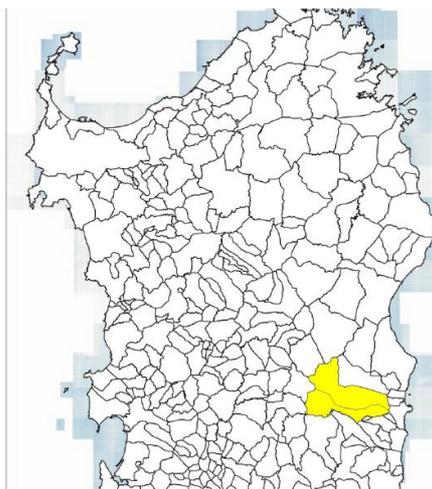


Figura 2: Inquadramento geografico del sito

Il tracciato si sviluppa per una lunghezza di circa 6 km e collega l'incrocio tra la S.S. 389 con la strada comunale per Villagrande Strisaili con l'incrocio tra la stessa statale e la strada comunale per Arzana.

La piattaforma stradale è relativa alle strade extraurbane di tipo C1. Nei punti di raccordo con la strada comunale per Villagrande Strisaili e la strada comunale per Arzana di raccordo con la vecchia S.S. 389, è prevista la realizzazione di svincoli stradali in accordo con la normativa vigente. Il tracciato si sviluppa lungo il medesimo percorso dell'attuale sede stradale che verrà interferita nei tratti di incrocio e sono previste opere d'arte maggiori e minori con funzioni di scavalco, deflusso delle acque e passaggio della fauna.

Nello specifico, il tracciato prevede:

- la realizzazione di 7 viadotti di luce variabile da un minimo di 40.00 m ad un massimo di circa 260.00 m;
- la realizzazione di 3 tratti in galleria artificiale;
- realizzazione di due intersezioni a raso con rotatoria.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 9 di 51</p>
---	---

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riportano i documenti di riferimento utilizzati per la stesura del presente documento:

T	0	0	GE	0	1	GEO	RE	0	1	A	1	Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
T	0	0	GE	0	1	GEO	RE	0	2	A	1	Rapporto di campagna - stop geologici
T	0	0	GE	0	1	GEO	RE	0	3	A	1	Rilievo geomeccanico
T	0	0	GE	0	1	GET	RE	0	1	A	1	Relazione Geotecnica Generale
T	0	0	GE	0	1	GET	FG	0	1	A	1	Profilo geotecnico tav. 1 di 4 dal km 0+000.00 al km 1+500.00
T	0	0	GE	0	1	GET	FG	0	2	A	1	Profilo geotecnico tav. 2 di 4 dal km 1+500.00 al km 3+000.00
T	0	0	GE	0	1	GET	FG	0	3	A	1	Profilo geotecnico tav. 3 di 4 dal km 3+000.00 al km 4+500.00
T	0	0	GE	0	1	GET	FG	0	4	A	1	Profilo geotecnico tav. 4 di 4 dal km 4+500.00 al km 5+589.334
T	0	0	GE	0	1	GET	SG	0	1	A	1	Sezioni geotecniche 1 di 2
T	0	0	GE	0	1	GET	SG	0	2	A	1	Sezioni geotecniche 2 di 2
T	0	0	GE	0	1	GET	DC	0	1	A	1	Interventi di consolidamento con chiodature - Consolidamento Tipo 1
T	0	0	GE	0	1	GET	DC	0	2	A	1	Interventi di consolidamento con chiodature - Consolidamento Tipo 2
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	1	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC1 - Planimetria, sviluppata e sezioni
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	2	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC2 - Planimetria e sviluppata
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	3	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC2 - Sezioni
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	4	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC3 - Planimetria
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	5	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC3 - Sviluppata
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	6	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC3 - Sezioni
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	7	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC4 - Planimetria, sviluppata e sezioni
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	8	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC5 - Planimetria, sviluppata e sezioni
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	0	9	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC6 - Planimetria e sviluppata
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	1	0	A	1	Pareti chiodate - Parete chiodata PC6 - Sezioni
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	1	1	A	1	Pareti chiodate - Pareti chiodate PC7 - Planimetria
T	0	0	GE	0	1	GET	DI	1	2	A	1	Pareti chiodate - Pareti chiodate PC7 - Sviluppata e sezioni

												<b>Muri di sostegno</b>
T	0	0	OS	0	0	STR	RE	0	1	A		Relazione tecnica e di calcolo opere minori - Muri
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	1	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 1 di 7
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	2	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 2 di 7
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	3	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 3 di 7
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	4	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 4 di 7
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	5	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 5 di 7
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	6	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 6 di 7
T	0	0	OS	0	0	STR	CP	0	7	A	1	Muri di sostegno - Sezioni tipo 7 di 7
T	0	0	OS	0	1	STR	PS	0	1	A	1	Muro M1 - Planimetria
T	0	0	OS	0	1	STR	PS	0	2	A	1	Muro M1 - Prospetto
T	0	0	OS	0	1	STR	PS	0	3	A	1	Muro M1 - Sezioni
T	0	0	OS	0	2	STR	PS	0	1	A	1	Muro M2 - Planimetria
T	0	0	OS	0	2	STR	PS	0	2	A	1	Muro M2 - Prospetto
T	0	0	OS	0	2	STR	PS	0	3	A	1	Muro M2 - Sezioni
T	0	0	OS	0	3	STR	PS	0	1	A	1	Muro M3 - Planimetria
T	0	0	OS	0	3	STR	PS	0	2	A	1	Muro M3 - Prospetto e sezioni
T	0	0	OS	0	4	STR	PS	0	1	A	1	Muro M4 - Planimetria
T	0	0	OS	0	4	STR	PS	0	2	A	1	Muro M4 - Prospetto
T	0	0	OS	0	4	STR	PS	0	3	A	1	Muro M4 - Sezioni
T	0	0	OS	0	5	STR	PS	0	1	A	1	Muro M5 - Planimetria, prospetto e sezioni
T	0	0	OS	0	6	STR	PS	0	1	A	1	Muro M6 - Planimetria, prospetto e sezioni
T	0	0	OS	0	7	STR	PS	0	1	A	1	Muro M7 - Planimetria 1 di 2
T	0	0	OS	0	7	STR	PS	0	2	A	1	Muro M7 - Planimetria 2 di 2
T	0	0	OS	0	7	STR	PS	0	3	A	1	Muro M7 - Prospetto 1 di 2

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 10 di 51</p>
---	--

T	0	0	OS	0	8	STR	PS	0	1	A	1	Muro M8 - Planimetria
T	0	0	OS	0	8	STR	PS	0	2	A	1	Muro M8 - Prospetto e sezioni
T	0	0	OS	0	9	STR	PS	0	1	A	1	Muro M9 - Planimetria
T	0	0	OS	0	9	STR	PS	0	2	A	1	Muro M9 - Prospetto e sezioni
T	0	0	OS	1	0	STR	PS	0	1	A	1	Muro M10 - Planimetria 1 di 2
T	0	0	OS	1	0	STR	PS	0	2	A	1	Muro M10 - Planimetria 2 di 2
T	0	0	OS	1	0	STR	PS	0	3	A	1	Muro M10 - Prospetto 1 di 2
T	0	0	OS	1	0	STR	PS	0	4	A	1	Muro M10 - Prospetto 2 di 2
T	0	0	OS	1	0	STR	PS	0	5	A	1	Muro M10 - Sezioni 1 di 3
T	0	0	OS	1	0	STR	PS	0	6	A	1	Muro M10 - Sezioni 2 di 3

## 2.1 Normative e raccomandazioni

- [1] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018– Norme tecniche per le costruzioni,
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzione per l’applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018,
- [3] CNR-DT 203/2006 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione ed il controllo di Strutture di calcestruzzo armato con barre di materiale composito fibro-rinforzato”,
- [4] AGI 1984 – Raccomandazioni sui pali di fondazione, dicembre 1984,
- [5] Eurocodice 1 “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Parte 1: Basi di calcolo”, ottobre 1996.
- [6] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997,
- [7] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo”, aprile 1997,
- [8] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, ottobre 1997,
- [9] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998,
- [10] UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade,
- [11] UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione.
- [12] AGI Associazione Geotecnica Italiana, 2005 "Linee Guida sugli aspetti geotecnici della progettazione antisismica" Edizione Provvisoria.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p><i>File: T00_GE01_GET_RE02_A</i></p> <p><i>Data: Agosto 2020</i></p> <p><i>Pag. 11 di 51</i></p>
---	---

## 2.2 Bibliografia

- [13] Reese L.C. e O'Neill W.O. "Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods" U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration – Publication No. FHWA-HI-88-042
- [14] Caquot A., Kerisel J. [1948] "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [15] Lancellotta R. (2007), "Lower Bound approach for seismic passive earth resistance", Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [16] Mueller-Breslau (1906), "Erddruck an Stuetzmaern" Kroener.
- [17] Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [18] NAVFAC (1982), "Foundations and earth Structures. Design manual 7.2". Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command.
- [19] Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. Proceedings, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures. 103-147.
- [20] Taylor, D.W. (1948). Fundamental of soil mechanics. John Wiley, New York

## 2.3 Software di calcolo

- [21] PARATIE PLUS HARPACEAS modulo per Stabilità pendii VSP

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 12 di 51</p>
---	--

### 3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Lungo il tracciato sono presenti diverse pareti chiodate necessarie per permettere la costruzione delle diverse opere di sostegno quali muri e gallerie artificiali (pareti provvisorie) o per la messa in sicurezza delle pareti di scavo dei tratti in trincea (pareti definitive).

Di seguito in tabella si riporta l'elenco delle pareti chiodate con la progressiva di inizio e fine e con l'indicazione se trattasi di intervento definitivo a lungo termine o solo di parete provvisoria.

In particolare, si noti che alcune di queste pareti definitive interferiscono con una o più pareti provvisorie che vengono utilizzate per lo scavo di muri funzionali all'intervento di ripristino di viabilità interferenti oppure necessarie per ridurre l'ingombro della nuova sede stradale.

<i>nome</i>	<i>inizio</i>	<i>fine</i>	<i>tipo</i>	<i>pendenza</i>
<i>[-]</i>	<i>[km]</i>	<i>[km]</i>	<i>[-]</i>	<i>[V/H]</i>
<b>P.C.01</b>	0+820.00	1+033.00	DEFINITIVO	1:1
<b>P.C.02</b>	1+341.80	1+516.20	DEFINITIVO	1:1
<b>P.C.03</b>	2+072.00	2+197.00	DEFINITIVO	1:1
<b>P.C.04</b>	2+446.00	2+530.00	DEFINITIVO	1:1
<b>P.C.05</b>	4+140.00	4+215.00	DEFINITIVO	1:1
<b>P.C.06</b>	4+215.00	4+460.00	DEFINITIVO	2:1
<b>P.C.07</b>	4+484.80	4+520.00	DEFINITIVO	2:1
	4+590.00	4+620.00	DEFINITIVO	2:1
<b>p.c. M01</b>	1+300.00	1+310.00	PROVVISORIALE	2:1
	1+310.00	1+353.08	PROVVISORIALE	2:1
<b>p.c. M03</b>	1+532.00	1+556.97	PROVVISORIALE	2:1
<b>p.c. M04</b>	2+130.00	2+150.00	PROVVISORIALE	2:1
	2+150.00	2+220.00	PROVVISORIALE	2:1
<b>p.c. M07</b>	4+110.00	4+130.00	PROVVISORIALE	2:1
	4+130.00	4+330	PROVVISORIALE	2:1
	4+330	4+430.00	PROVVISORIALE	1:1
	4+450.00	4+496.31	PROVVISORIALE	2:1
<b>p.c. M10</b>	1+240.00	1+260.00	PROVVISORIALE	1:1
	1+260.00	1+300.00	PROVVISORIALE	2:1
	1+300.00	1+320.00	PROVVISORIALE	1:1
	1+340.00	1+520.00	PROVVISORIALE	2:1
	1+520.00	1+570.00	PROVVISORIALE	1:1
<b>p.c. GA02</b>	1+960.00	2+072.00	PROVVISORIALE	1:1/2:1
<b>p.c. GA03</b>	4+520.00	4+590.00	PROVVISORIALE	2:1

Figura 3 – Pareti chiodate lungo il tracciato della SS389

La scelta delle pendenze è determinata dalle condizioni geotecniche e geomeccaniche; si è inoltre considerata anche l'orografia specifica di ogni singola opera. Ove possibile dal punto di vista geotecnico, si sono evitate pareti con pendenza 1:1 quando avrebbero comportato sbancamenti eccessivi a causa della pendenza elevata del declivio naturale.

Le pareti da P.C.01 a P.C. 05 vengono eseguite con uno scavo 1:1 con intervento di rinforzo e di stabilizzazione realizzato mediante chiodature realizzate secondo la tecnologia del soil-nailing.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 13 di 51</p>
---	--

L'esecuzione della chiodatura sulle scarpate è a carattere definitivo e necessaria per consentire la realizzazione del tracciato stradale. Le lavorazioni di messa in sicurezza dei tratti interessati dall'intervento prevedono la realizzazione di una diffusa maglia di rinforzo costituita da chiodatura con barre di ancoraggio passive della lunghezza di 6 m e del diametro  $\phi = 25$  mm in acciaio piene e a filettatura continua, caratterizzate da una resistenza allo snervamento  $f_{pyk} = 500$  MPa e alla rottura  $f_{ptk} = 550$  MPa, disposte a maglia quadrata, ad interasse di 2.0 m x 2.0 m, alloggiare e intasate con malta cementizia C20/25 su tutta la lunghezza all'interno di fori del diametro, minimo, pari a  $\phi = 76$  mm.

Essi saranno inoltre rivestiti con un geocomposito metallico tipo MACMAT HS 30 o equivalente (Figura 4), composto da una rete a doppia torsione con maglia tipo 8x10, e filo del diametro pari a 2.7 mm, rivestito in Galfan (lega eutettica Zn-Al al 5%), intessuta con funi di acciaio ad anima metallica aventi un diametro di 8 mm con una spaziatura di 30 cm, accoppiata in fase di produzione ad una geostuoia tridimensionale in filamenti di polipropilene, necessario per evitare fenomeni di destabilizzazione del detrito tra 2 chiodi adiacenti e per favorire la crescita della vegetazione delle stesse scarpate, riducendo il rischio di fenomeni di erosione localizzata.

Le fasi costruttive dell'opera in oggetto prevedono uno scavo d'approccio per l'esecuzione del primo ordine di chiodi. Segue la messa in posto del chiodo di ancoraggio e la sigillatura con malta cementizia iniettata a pressione. Lo scavo procede quindi per successivi ribassi alle quote previste per i successivi ordini di chiodatura. Segue l'approfondimento dello sbancamento per il raggiungimento della quota d'imposta per la costruzione della cunetta (Figura 7). Segue l'installazione del rivestimento corticale della rete ed esecuzione della fune di monte: la rete viene srotolata lungo il pendio dopo averla fissata facendola svoltare attorno alla fune di monte. Si procede con la legatura dei rotoli di rete. Vengono posizionate le piastre in acciaio sugli ancoraggi di monte e serrate con dado apposito. Si opera fino a risvoltare il rivestimento intorno al cavo di base. Infine, si realizza il posizionamento delle piastre in acciaio sugli ancoraggi intermedi e al piede e serraggio con dado apposito. Le piastre servono a far rimanere il rivestimento aderente al terreno per il maggior tempo possibile.

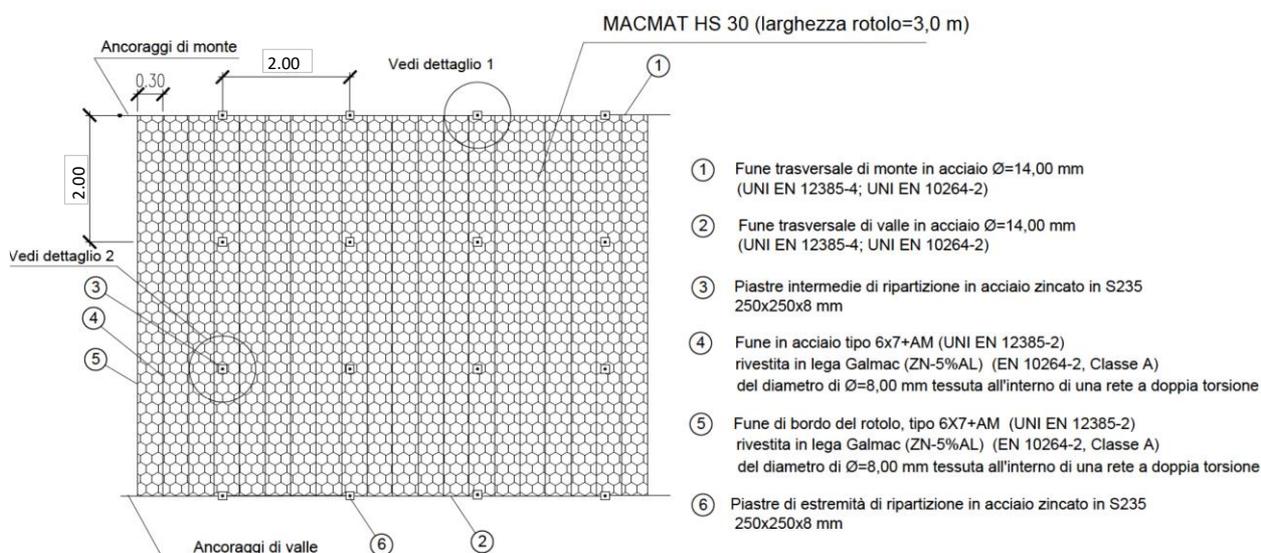


Figura 4. Geocomposito metallico tipo Macmat HS 30 o equivalente, armato con funi trasversali con maglia quadrata degli ancoraggi (per i dettagli si vedano le successive figure).

DETTAGLIO 1 : SISTEMA DI CONNESSIONE ALLA FUNE DI SOSTEGNO DI SOMMITA' ( E CONTENIMENTO AL PIEDE)

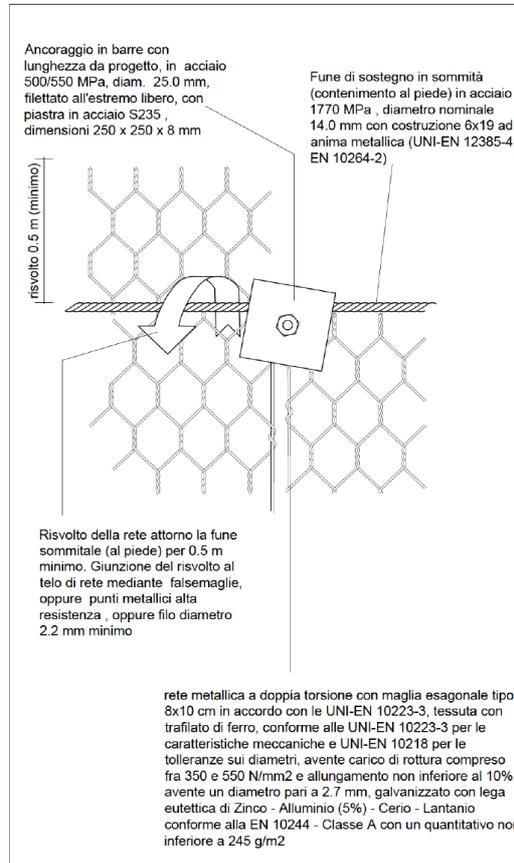


Figura 5. Geocomposito metallico tipo Macmat HS 30 o equivalente; dettaglio 1 di Figura 4.

DETTAGLIO 2 : ANCORAGGI INTERMEDI

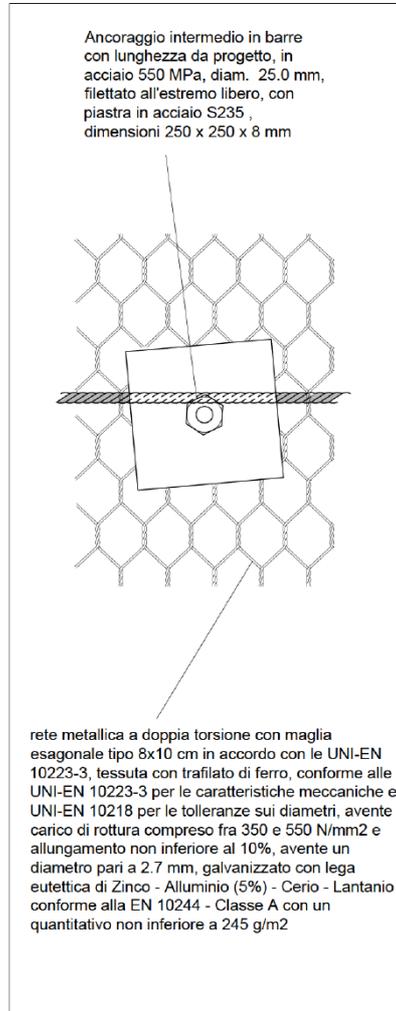
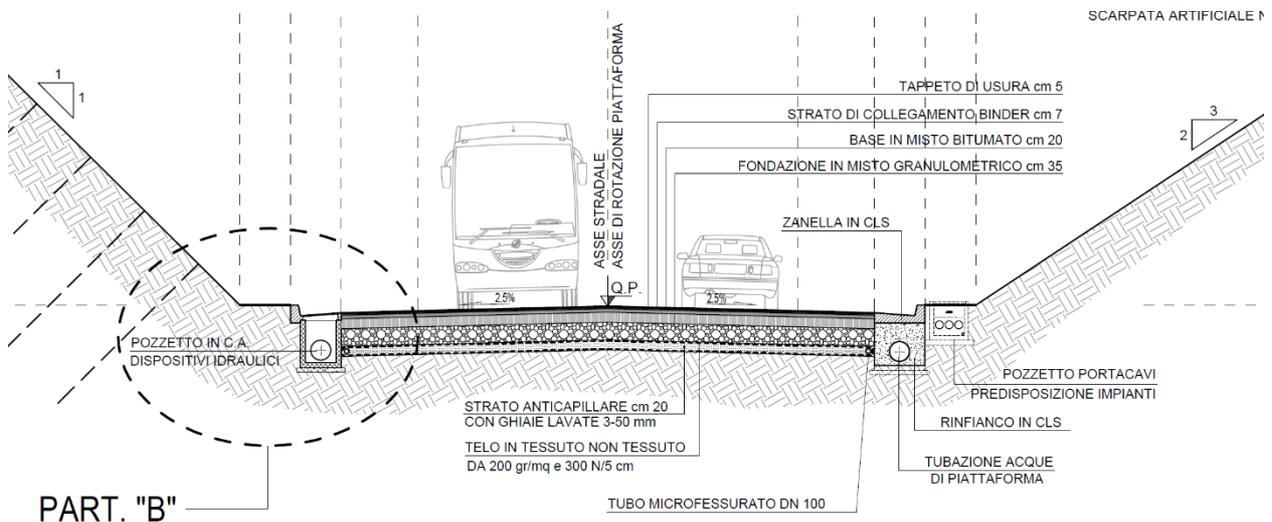


Figura 6. Geocomposito metallico tipo Macmat HS 30 o equivalente; dettaglio 2 di Figura 4.



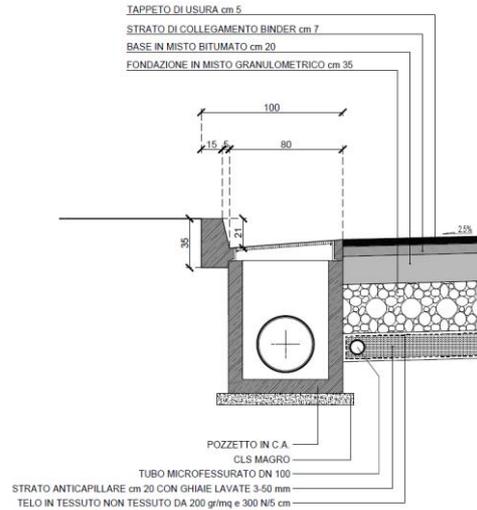


Figura 7. Particolare del piede delle trincee a lato della piattaforma stradale.

Le pareti da P.C.06 a P.C.07 saranno eseguite in ammassi rocciosi anche se alterati e fratturati di discreta qualità e pertanto saranno rivestite con un geocomposito metallico tipo STEELGRID HR 30 (Figura 8) o equivalente, composto da una rete a doppia torsione con maglia tipo 8x10, e filo del diametro pari a 2.7 mm, rivestito in GALMAC (lega eutettica Zn-Al al 5%), intessuta durante la produzione con funi di acciaio ad anima metallica aventi un diametro di 8mm con una spaziatura di 30 cm, necessario per evitare fenomeni di destabilizzazione dell'ammasso roccioso tra 2 chiodi adiacenti.

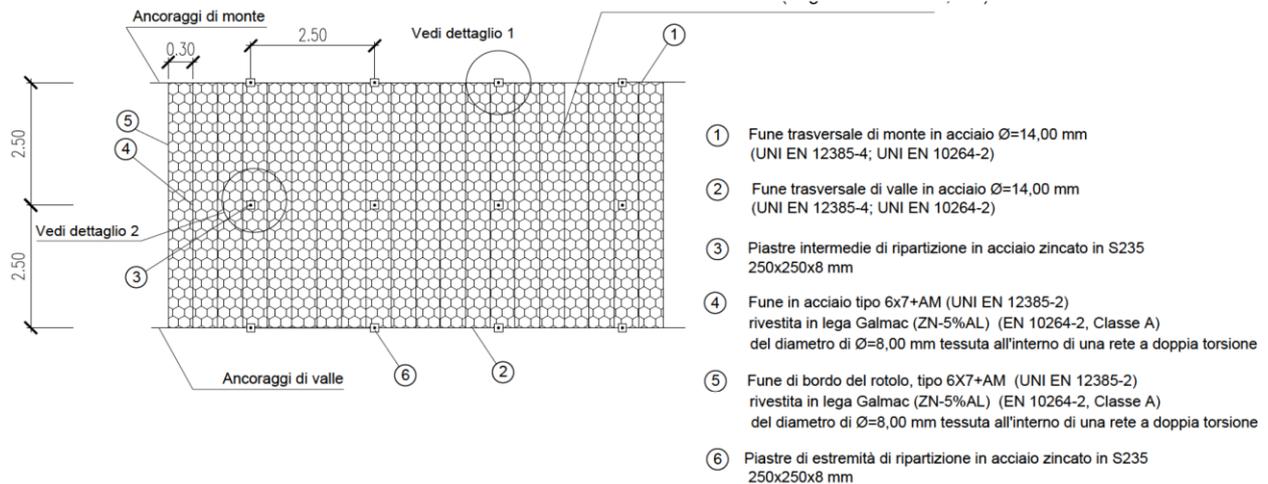


Figura 8. Geocomposito metallico tipo STEELGRID HR 30 o equivalente, armato con funi trasversali con maglia quadrata degli ancoraggi (per i dettagli si vedano Figura 5 e Figura 6).

Questo intervento appena descritto verrà adottato in tutte le pareti chiodate provvisorie per la costruzione dei muri e nelle pareti provvisorie necessarie per la realizzazione delle gallerie GA02 e GA03.

Inoltre per gli interventi di chiodatura verranno adottati i seguenti elementi:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 17 di 51</p>
---	--

- barre piene aventi una tensione di snervamento  $f_{pyk} = 500$  kPa e una tensione a rottura  $f_{ptk}$  pari a 550 MPa;
- diametro delle barre  $\phi = 25$  mm;
- perforazione  $\phi = 76$  mm
- inclinazione ancoraggio normale alla parete di scavo
- tipologia rinforzo: passivo
- carico di snervamento di ciascun chiodo:

$$T_{nd} = \frac{f_{yk} \cdot A_s}{\gamma_s} = \frac{500 \cdot \pi \cdot \frac{25^2}{4}}{1.15} \cdot 10^{-3} = 213 \text{ kN}$$

- Valore di progetto,  $N_d$ , della forza limite di aderenza laterale ancoraggio - terreno per unità di lunghezza pari a 22 kN/m.

Tale valore è stato ricavato sulla base delle indicazioni di Bustamante – Doix in funzione dei valori di  $N_{SPT}$  ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche, assumendo un valore  $\tau_{lim} = 200$  kPa. Si ottiene pertanto:

$$N_d = \frac{\tau_{lim} \cdot \pi \cdot D}{F_s} = \frac{200 \text{ kPa} \cdot \pi \cdot 0.076 \text{ m}}{1.8 \cdot 1.2} = 22.1 \text{ kN/m}$$

dove:

$F_s$  = coefficiente di sicurezza per lo sfilamento fra la malta e il terreno del chiodo =  $\xi_{s3} \cdot \gamma_R$

$\xi_{s3} = 1.8$  = fattore di correlazione con riferimento a prove geotecniche eseguite secondo un profilo di indagine

$\gamma_R = 1.2$  = coefficiente parziale per la resistenza per un ancoraggio definitivo.

Si presentano di seguito in tabelle il passo delle chiodature la lunghezza dei chiodi per ogni parete chiodata e il tipo di rete di contenimento.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 18 di 51</p>
---	--

Tabella 1 – Pareti chiodate, interventi di chiodatura

scarpata			chiodature					geocomposito
nome	inizio	fine	L	diametro	interasse orizzontale	interasse verticale	angolo con parete	
[--]			[m]	[mm]	[m]	[m]	[°]	[--]
P.C.01	0+820.00	1+033.00	6	25	2	2	90	tipo MACMAT HS 30 8127 GO o equivalente
P.C.02	1+341.80	1+516.20	6	25	2	2	90	tipo MACMAT HS 30 8127 GO o equivalente
P.C.03	2+072.00	2+197.00	6	25	2	2	90	tipo MACMAT HS 30 8127 GO o equivalente
P.C.04	2+446.00	2+530.00	6	25	2	2	90	tipo MACMAT HS 30 8127 GO o equivalente
P.C.05	4+140.00	4+215.00	6	25	2	2	90	tipo MACMAT HS 30 8127 GO o equivalente
P.C.06	4+215.00	4+460.00	5	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
P.C.07	4+484.80	4+520.00	6	25	2	2	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	4+590.00	4+620.00	6	25	2	2	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. M01	1+300.00	1+310.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	1+310.00	1+353.08	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. M03	1+532.00	1+556.97	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. M04	2+130.00	2+150.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	2+150.00	2+220.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. M07	4+110.00	4+130.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	4+130.00	4+330	6	25	2	2	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	4+330	4+430.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	4+450.00	4+496.31	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. M10	1+240.00	1+260.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	1+260.00	1+300.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	1+300.00	1+320.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	1+340.00	1+520.00	6	25	2	2	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
	1+520.00	1+570.00	6	25	2.5	2.5	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. GA02	1+960.00	2+072.00	6	25	2	2	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente
p.c. GA03	4+520.00	4+590.00	6	25	2	2	90	tipo STEELGRID HR 30 PVC o equivalente

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 19 di 51</p>
---	--

#### 4 DATI GEOTECNICI E DELLA FALDA

Per la verifica delle pareti chiodate si sono considerati i parametri geotecnici e geomeccanici delle diverse formazioni definite nella *relazione geotecnica generale T00\_GE01\_GET\_RE01* con la stratigrafia presente nel *profilo geotecnico T00\_GE01\_GET\_FG01÷04* e nelle sezioni geotecniche *T00\_GE01\_GET\_DC01÷02*.

Le pareti interessano principalmente le formazioni di cui alle tabelle di seguito riportate in cui vengono indicati i parametri di resistenza e deformabilità e il peso.

Tabella 2– Parametri geotecnici unità CA.

<p>UNITA' GEOTECNICA CA</p> <p>Coperture di roccia fortemente alterata e completamente arenitizzate, soprattutto in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate, che riducono l'ammasso a una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.</p>			
$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
20	20	38	20

Tabella 3– Parametri geotecnici unità b2.

<p>UNITA' GEOTECNICA b2</p> <p>Coltri eluvio – colluviali costituite da sabbie limose e limi sabbiosi con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose, in matrice sabbioso – limosa generalmente abbondante.</p>			
$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
18.5	10	35	15

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 20 di 51</p>
---	--

Tabella 4– Parametri geotecnici unità geomeccanica VGD1e – LNU1d.

<p>UNITA' GEOMECCANICA VGD1e – LNU1d</p> <p>Unità intrusiva di Villagrande (VGD1e) costituita da leucograniti biotitici a grane fine e tessitura isotropa e Unità intrusiva di Lanusei (LNU1d) costituita da granodioriti biotitico-anfibolitiche a grana grossa e tessitura orientata localmente passanti a tonaliti.</p> <p><math>\gamma_k = 25 \text{ kN/m}^3</math></p>			
Profondità (m)	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
0 - 5	20	39	550
5 - 10	30	36	650
10 - 15	60	37	850
15 - 20	80	38	1200
20 - 25	120	39	1500
25 - 30	150	40	2150
30 - 35	200	42	2700
> 35	220	43	3000

Tabella 5– Parametri geotecnici unità geomeccanica SVI.

<p>UNITA' GEOMECCANICA SVI</p> <p>Unità metamorfica di San Vito (SVI) costituita da una alternanza irregolare di metarenarie micacee, quarziti, metasiltiti e metapeliti in strati da molto sottili a sottili, talora medi o spessi.</p> <p><math>\gamma_k = 25 \text{ kN/m}^3</math></p>			
Profondità (m)	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
0 - 5	20	41	750
5 - 10	40	37	950
10 - 15	70	37	1250
15 - 20	100	38	1600
20 - 25	130	39	2250
25 - 30	180	41	2800
30 - 35	230	42	3500
> 35	250	43	3700

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 21 di 51</p>
---	--

Le pareti chiodate non risultano essere interessate dalla falda come è possibile riscontrare dal profilo geotecnico di progetto.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 22 di 51</p>
---	--

## 5 APPROCCI PROGETTUALI

Sulla base delle indicazioni delle NTC 2018 (paragrafo 6.8 su opere di materiali sciolti e fronti di scavo) deve essere rispettata la condizione  $E_d \leq R_d$  dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, verificando che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici. Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 per la configurazione di parete provvisoria e definitiva:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2): in cui i coefficienti A2 sono moltiplicativi delle azioni e i coefficienti M2 ed R2 sono rispettivamente riduttivi dei parametri di resistenza e della resistenza globale del sistema. I valori dei coefficienti parziali sono riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del capitolo 6 delle NTC 2018.

Mentre per la sola configurazione definitiva verrà anche eseguita:

- Combinazione Sismica: in cui si applica la sola azione sismica senza applicazione di fattori riduttivi dei parametri geotecnici.

Per la verifica definitiva l'azione sismica è applicata con il metodo pseudostatico tramite i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$ :

Tabella 6– Parametri sismici per le analisi di stabilità

Analisi	$a_g/g$	$S_s$	$S_T$	$\beta$	$k_h$	$k_v$
SLV	0,059	1,2	1,4	0,38	0,038	$\pm 0,019$

È bene precisare che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile va applicato il coefficiente A2 riportato nella colonna GEO della Tabella 2.6.I delle NTC ( $\gamma_{G1} = 1.0$ ).

In verità l'approccio 1 contempla anche la combinazione 1 che però, come noto, è meno gravosa nei confronti della stabilità globale della scarpata. Conseguentemente saranno riportati in dettaglio i risultati delle verifiche per la combinazione 2.

A riprova di quanto detto sono state eseguite delle analisi A1+M1 (che non vengono presentate) con parametri caratteristici e forza sviluppata dal chiodo ridotta di un fattore pari ad A1 ossia 1.3 che hanno confermato che il fattore di sicurezza minimo individuato nelle analisi A2+M2 è sempre inferiore di quello individuato nelle analisi A1+M1 appena descritte.

Le forze sviluppate dalla chiodatura sono state inserite nel programma di calcolo tenendo in conto dei fattori riduttivi ( $\xi, \gamma$ ) delle resistenze come indicato al paragrafo 3.

Per tali motivi non si riportano le verifiche delle chiodature in quanto implicitamente soddisfatte.

La Tabella 7 riepiloga i coefficienti parziali che verranno applicati ai parametri geotecnici caratteristici per ottenere i valori di progetto e i valori dei coefficienti parziali che verranno applicati ai carichi e ai sovraccarichi.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 23 di 51</p>
---	--

Tabella 7– Coefficienti parziali secondo le NCT 2018

Parametro	Approccio progettuale 1 – combinazione 1  (A1 + M1 + R1)	Approccio progettuale 1 – combinazione 2  (A2 + M2 + R2)
<b>Azione (A)</b>		
Moltiplicare l'azione per i seguenti coefficienti parziali:		
Permanenti sfavorevoli	1.3	1.0
Permanenti favorevoli	1.0	1.0
Variabili sfavorevoli	1.5	1.3
Variabili favorevoli	0.0	0.0
<b>Materiali (M)</b>		
Dividere la resistenza dei materiali per i seguenti coefficienti parziali		
$\tan \phi'_k$	1.0	1.25
$c'_k$	1.0	1.25
$c_{uk}$	1.0	1.4
$\gamma_k$	1.0	1.0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 24 di 51</p>
---	--

## 6 SOFTWARE

Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo Paratie Plus modulo VSP.

Il programma si basa sull'applicazione di diversi metodi dell'equilibrio limite in condizioni bidimensionali quali il metodo di Bishop (1955), di Janbu (1968) di Morgenstern e Price (1965).

Il metodo valuta le condizioni di stabilità di un pendio naturale o di una scarpata artificiale ricercando per tentativi la superficie di scivolamento "critica" (ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza  $F_s$  minimo).

Il metodo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno. Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella delle forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.). Inoltre è presa in conto la presenza della falda all'interno del pendio, considerando o meno il fenomeno della filtrazione.

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in conci e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificatrici sulle forze reciproche tra i conci.

Il metodo consente di valutare un valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$  = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento;

$\tau_m$  = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse. Il programma è in grado di prendere in esame un numero molto elevato di superfici di scivolamento per volta (oltre 200). Per ciascuna di esse viene eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio.

Per quanto riguarda gli interventi di consolidamento quali chiodi, il programma considera la minore tra la forza di snervamento di progetto dell'elemento in acciaio e la forza di sfilamento di progetto bulbo-terreno della parte di chiodo al di fuori della superficie di rottura considerata.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 25 di 51</p>
---	--

## 7 VERIFICHE DI STABILITA'

In questo capitolo vengono eseguite le analisi stabilità e presentati i relativi fattori di sicurezza.

Viste le numerose pareti chiodate, al fine di ottimizzare le analisi si eseguono le verifiche di stabilità per le condizioni maggiormente gravose in termini di altezze di scavo, spessore della coltre di alterazione e inclinazione della parete. La falda come indicato dai profili non interferisce con le pareti chiodate.

In Tabella 8 si riportano pertanto, per ogni parete chiodata, le altezze massime di scavo con associati i massimi spessori di coltre di alterazione sovrastanti il substrato anch'esso indicato.

Tabella 8 – Pareti chiodate, indicazione altezze e spessori coltre

<i>scarpata</i>							
nome	inizio	fine	tipo	pendenza	Spessore coltre alterazione	altezza massima di scavo	Substrato roccioso di base
[--]	[km]	[km]	[-]	[V/H]	[m]	[m]	[-]
<b>P.C.01</b>	0+820.00	1+033.00	DEFINITIVO	1:1	13.2	19.77	SVI/SGA
<b>P.C.02</b>	1+341.80	1+516.20	DEFINITIVO	1:1	7.6	18.24	SVI
<b>P.C.03</b>	2+072.00	2+197.00	DEFINITIVO	1:1	6.35	20	SVI
<b>P.C.04</b>	2+446.00	2+530.00	DEFINITIVO	1:1	4.8	15.43	SVI
<b>P.C.05</b>	4+140.00	4+215.00	DEFINITIVO	1:1	4	13.91	SVI
<b>P.C.06</b>	4+215.00	4+460.00	DEFINITIVO	2:1	3.6	18.96	SVI
<b>P.C.07</b>	4+484.80	4+520.00	DEFINITIVO	2:1	7	20	SVI
	4+590.00	4+620.00	DEFINITIVO	2:1	7.5	21.7	LNU1d
<b>p.c. M01</b>	1+300.00	1+310.00	PROVVISIONALE	2:1	8	8.18	SVI
	1+310.00	1+353.08	PROVVISIONALE	2:1	7	6.72	SVI
<b>p.c. M03</b>	1+532.00	1+556.97	PROVVISIONALE	2:1	5.5 (primi 2m B2)	11.5	SVI
<b>p.c. M04</b>	2+130.00	2+150.00	PROVVISIONALE	2:1	6	12	SVI
	2+150.00	2+220.00	PROVVISIONALE	2:1	6	14	SVI
<b>p.c. M07</b>	4+110.00	4+130.00	PROVVISIONALE	2:1	5	7.5	SVI
	4+130.00	4+330	PROVVISIONALE	2:1	5	25.19	SVI
	4+330	4+430.00	PROVVISIONALE	1:1	5	17.27	SVI
	4+450.00	4+496.31	PROVVISIONALE	2:1	5	12	SVI
<b>p.c. M10</b>	1+240.00	1+260.00	PROVVISIONALE	1:1	3.5	5	SVI
	1+260.00	1+300.00	PROVVISIONALE	2:1	4.5	6.5	SVI
	1+300.00	1+320.00	PROVVISIONALE	1:1	7.5	6.5	SVI
	1+340.00	1+520.00	PROVVISIONALE	2:1	7.6	25.8	SVI
	1+520.00	1+570.00	PROVVISIONALE	1:1	6	14.1	SVI
<b>p.c. GA02</b>	1+960.00	2+072.00	PROVVISIONALE	1:1/2:1	7	22	SVI/fp
<b>p.c. GA03</b>	4+520.00	4+590.00	PROVVISIONALE	2:1	12.2	24.9	SVI

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 26 di 51</p>
---	--

I calcoli delle diverse pareti chiodate sono stati effettuati considerando i parametri geotecnici della coltre alterata superficiale, indicati al paragrafo 4, poggiante sul substrato di base i cui parametri sono variabili con la profondità da p.c.. Pertanto, la Tabella 8 la definisce la stratigrafia di ogni parete mediante l'indicazione dello spessore della coltre e del substrato di base mentre le tabelle al paragrafo 4 definiscono i parametri geotecnici sia della coltre che del substrato associato.

Lo spessore della coltre alterata è ricavato dal profilo geotecnico di progetto in asse e dalle sezioni geotecniche.

Si riportano di seguito dalla Figura 9 alla Figura 22 le sviluppate delle pareti chiodate e le relative sezioni di altezza massima oggetto di calcolo:

- Parete chiodata definitiva P.C.01 alla pk 0+960

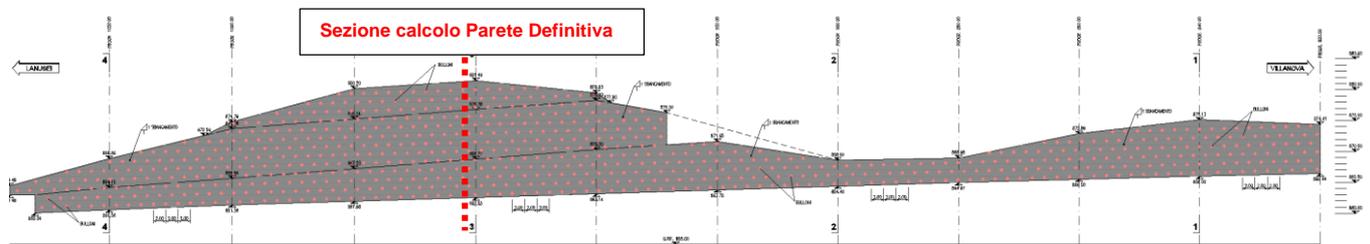


Figura 9 – Sviluppata parete chiodata P.C.01

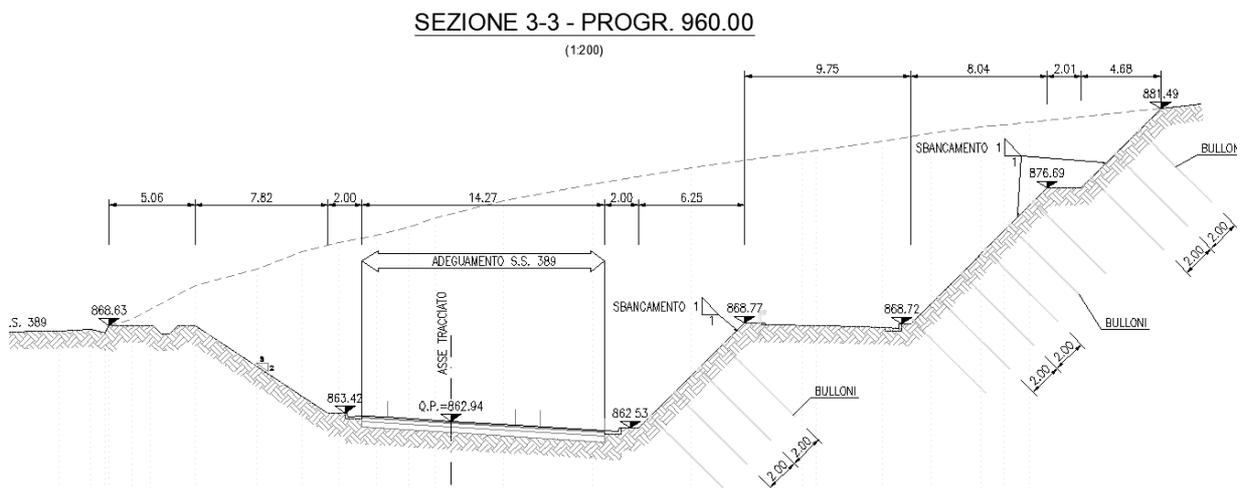


Figura 10 – Sezione massima P.C.01

- Parete chiodata definitiva P.C.02 alla pk 1+470

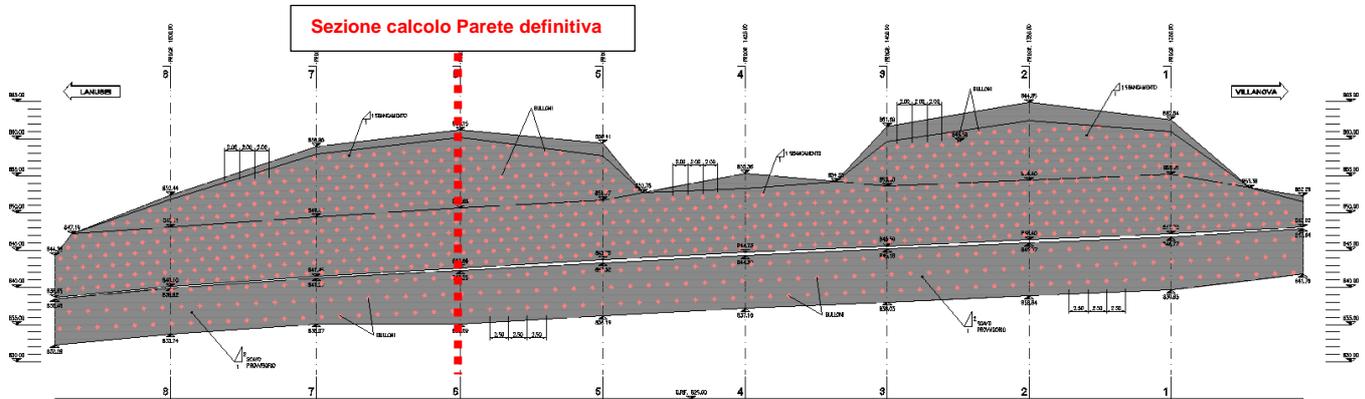


Figura 11 – Sviluppo parete chiodata P.C.02

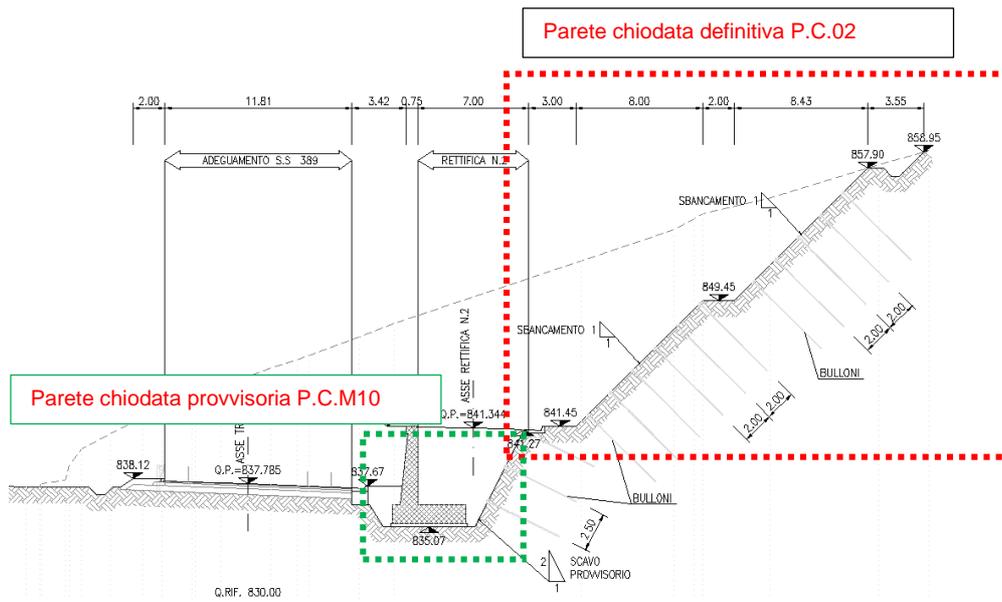


Figura 12 – Sezione di calcolo P.C.02

- Parete chiodata definitiva P.C.03 alla pk 2+080

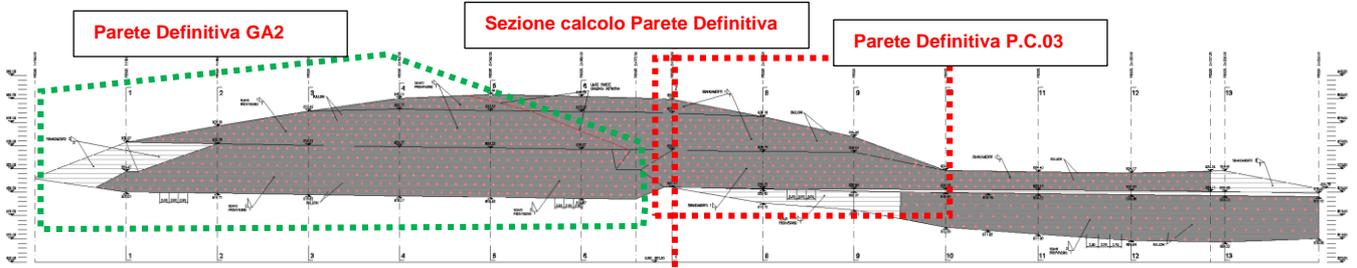


Figura 13 – Sviluppo parete chiodata P.C.03

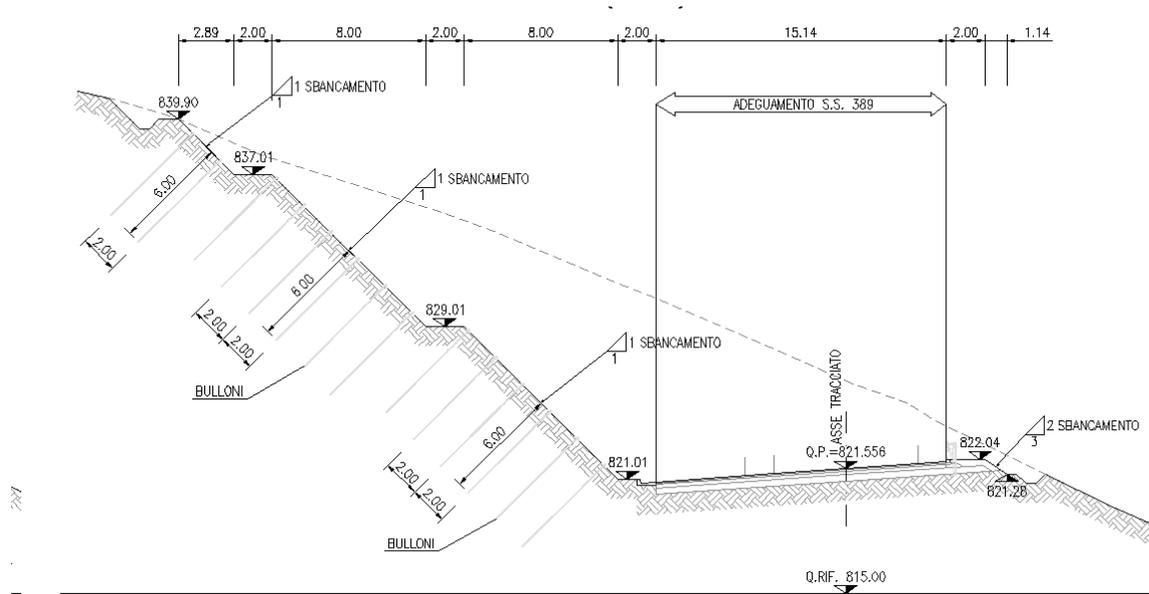


Figura 14 - Sezione di calcolo P.C.03

Tale sezione risulta dimensionante anche per le pareti di scavo P.C.04 e P.C.05 come facilmente desumibile dalla Tabella 8.



- Parete chiodata P.C.07 alla pk 4+590

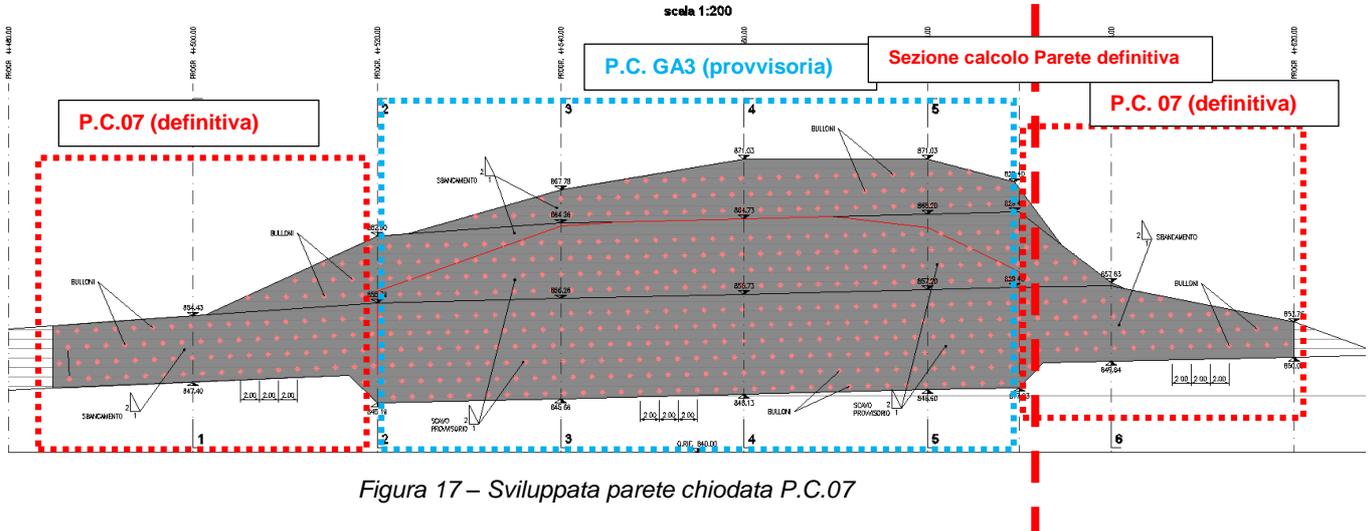


Figura 17 – Sviluppo parete chiodata P.C.07

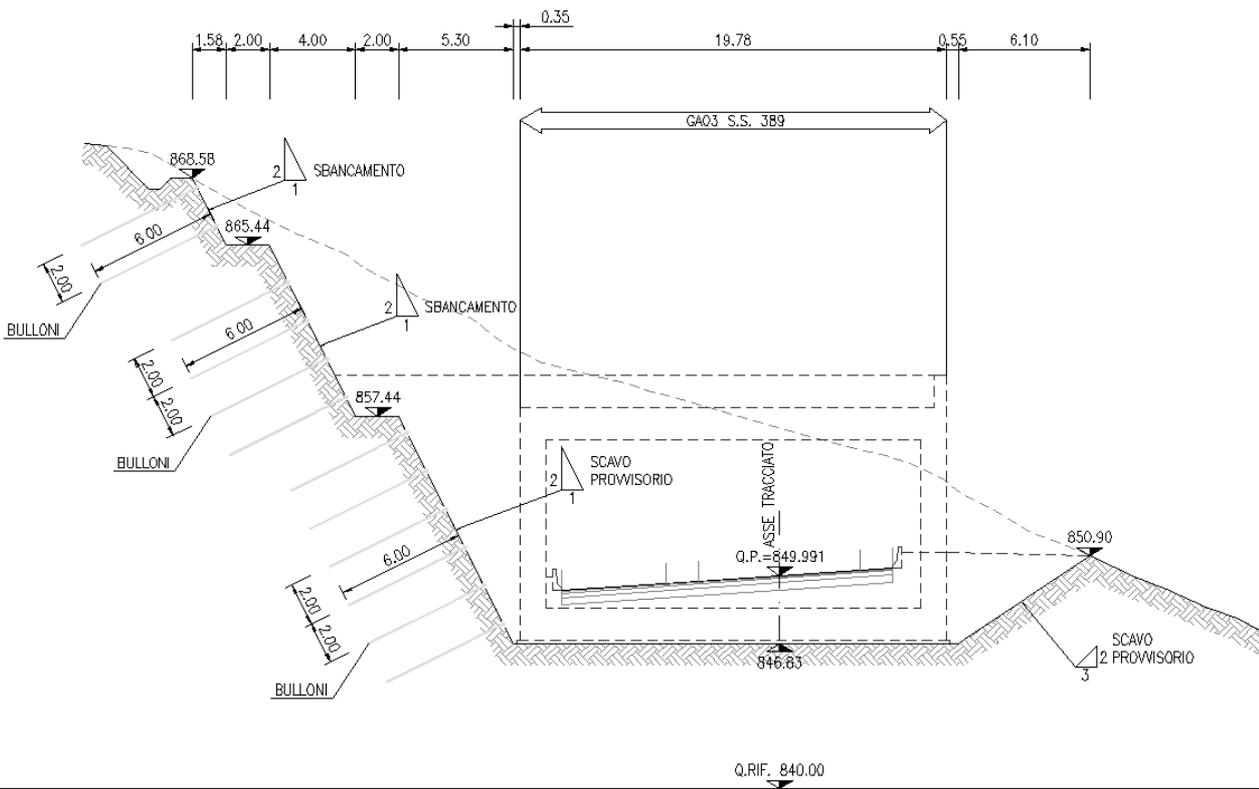


Figura 18 - Sezione di calcolo P.C.07

La parete chiodata provvisoria in corrispondenza della galleria artificiale GA3 è verificata a parte.

- Parete provvisoria P.C. M03

**ASSE PRINCIPALE**

MURO M03 - SEZIONE TIPO B7

**SEZIONE N.: 78**

DIST.PROG.: 1540,000

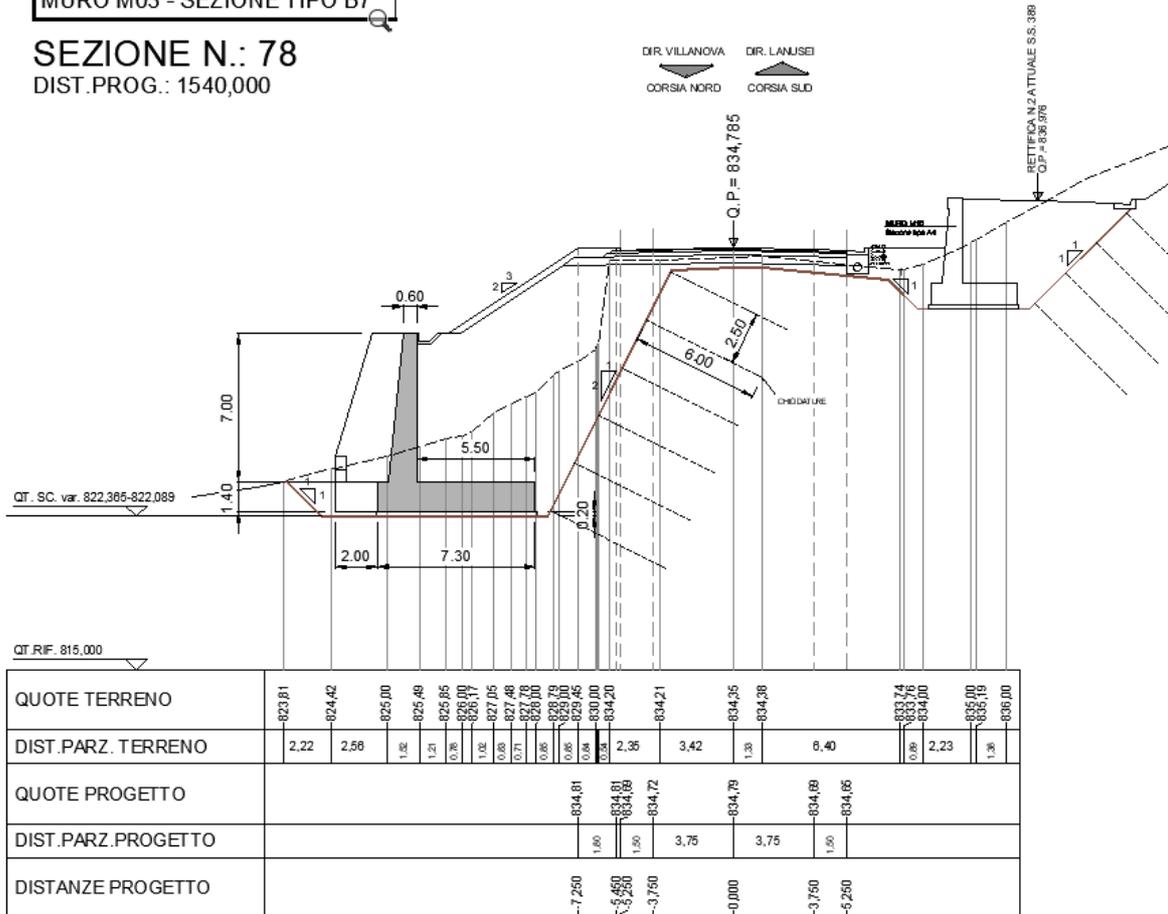


Figura 19 - Sezione di calcolo P.C. M03

Tale sezione risulta dimensionante anche per la parete P.C. M01

- Parete provvisoria P.C. M04

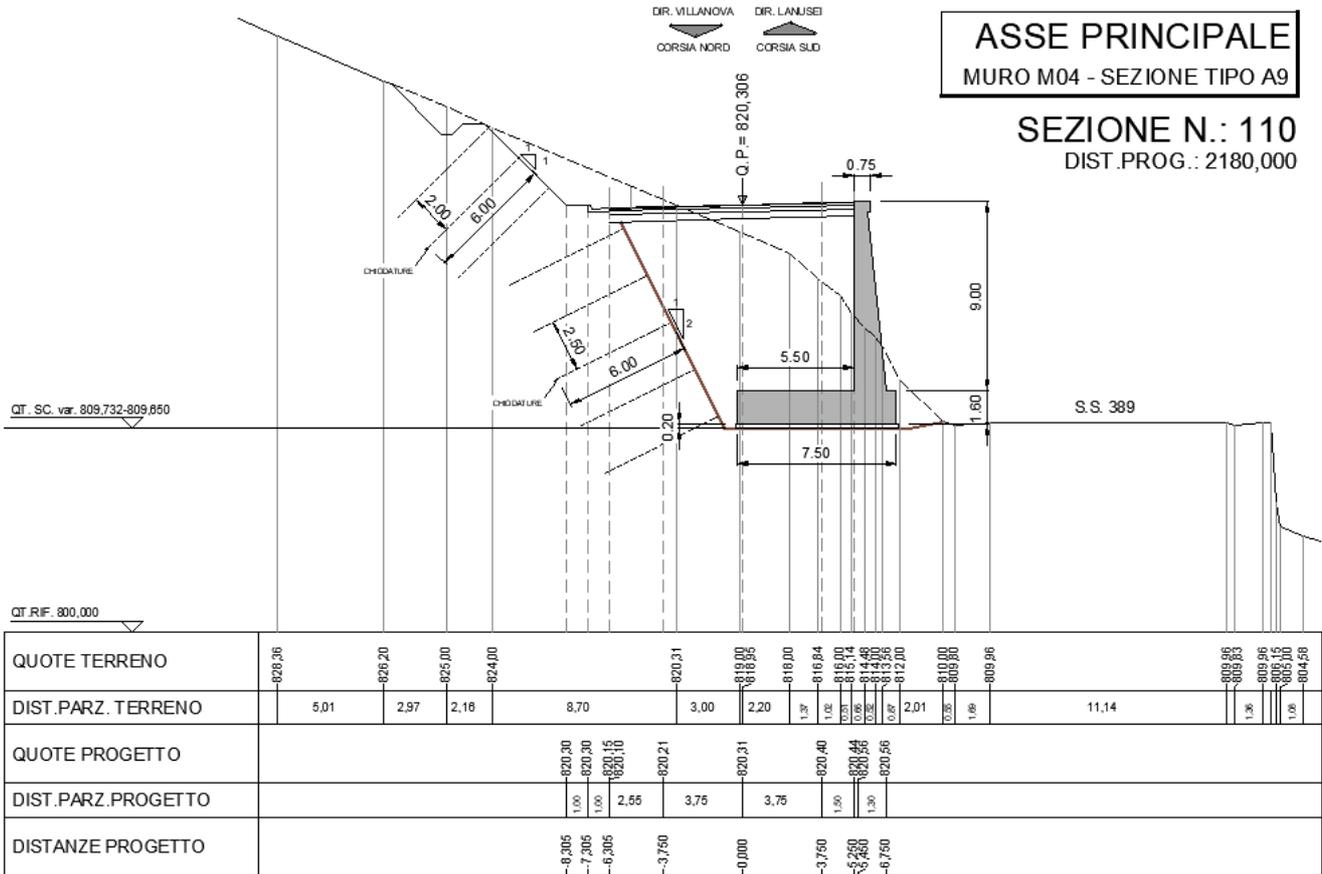


Figura 20 - Sezione di calcolo P.C. M04

- Parete provvisoria P.C. M07

La sezione di calcolo viene eseguita in corrispondenza della medesima sezione con cui viene dimensionata la parete Definitiva P.C.6. prendendo in debita considerazione anche la parete a valle tergo muro.

- Parete provvisoria P.C. M10

La sezione di calcolo viene eseguita in corrispondenza della medesima sezione con cui viene dimensionata la parete Definitiva P.C.2. prendendo in debita considerazione anche la parete a valle tergo muro.



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 34 di 51</p>
---	--

In Tabella 9 si riportano i risultati delle analisi di stabilità delle sezioni appena descritte:

Tabella 9 – Risultati analisi di stabilità

<i>scarpata</i>							
<i>nome</i>	<i>tipo</i>	<i>FS Statico</i>	<i>FS Statico minimo</i>	<i>Verifica Statica</i>	<i>FS Sismico</i>	<i>FS Sismico minimo</i>	<i>Verifica Sismica</i>
<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>		<i>[m]</i>	<i>[m]</i>	<i>[-]</i>
<b>P.C.01</b>	DEFINITIVO	1.841	1.1	OK	2.106	1.2	OK
<b>P.C.02</b>	DEFINITIVO	1.776	1.1	OK	2.077	1.2	OK
<b>P.C.03</b>	DEFINITIVO	1.832	1.1	OK	2.135	1.2	OK
<b>P.C.04</b>	DEFINITIVO						
<b>P.C.05</b>	DEFINITIVO						
<b>P.C.06</b>	DEFINITIVO	1.287	1.1	OK	1.505	1.2	OK
<b>P.C.07</b>	DEFINITIVO	1.289	1.1	OK	1.515	1.2	OK
<b>p.c. M01</b>	PROVVISIONALE	1.263	1.1	OK			
	PROVVISIONALE						
<b>p.c. M03</b>	PROVVISIONALE						
<b>p.c. M04</b>	PROVVISIONALE	1.389	1.1	OK			
	PROVVISIONALE						
<b>p.c. M07</b>	PROVVISIONALE	1.374	1.1	OK			
	PROVVISIONALE						
	PROVVISIONALE						
	PROVVISIONALE						
<b>p.c. M10</b>	PROVVISIONALE	1.606	1.1	OK			
	PROVVISIONALE						
	PROVVISIONALE						
	PROVVISIONALE						
	PROVVISIONALE						
<b>p.c. GA02</b>	PROVVISIONALE	1.714	1.1	OK			
<b>p.c. GA03</b>	PROVVISIONALE	1.354					

Mentre di seguito si riportano gli Output grafici delle analisi eseguite.

Si riportano tutte le superfici indagate in maniera tale identificare il campo indagato.

Si riportano le analisi statiche A2+M2 e per le pareti definitive anche le analisi sismiche eseguite con i parametri caratteristici, senza amplificazione dei carichi e con applicazione dei coefficienti  $k_h$  e  $k_v$ .

Non si riportano le verifiche delle chiodature in quanto implicitamente soddisfatte come descritto al paragrafo 5.

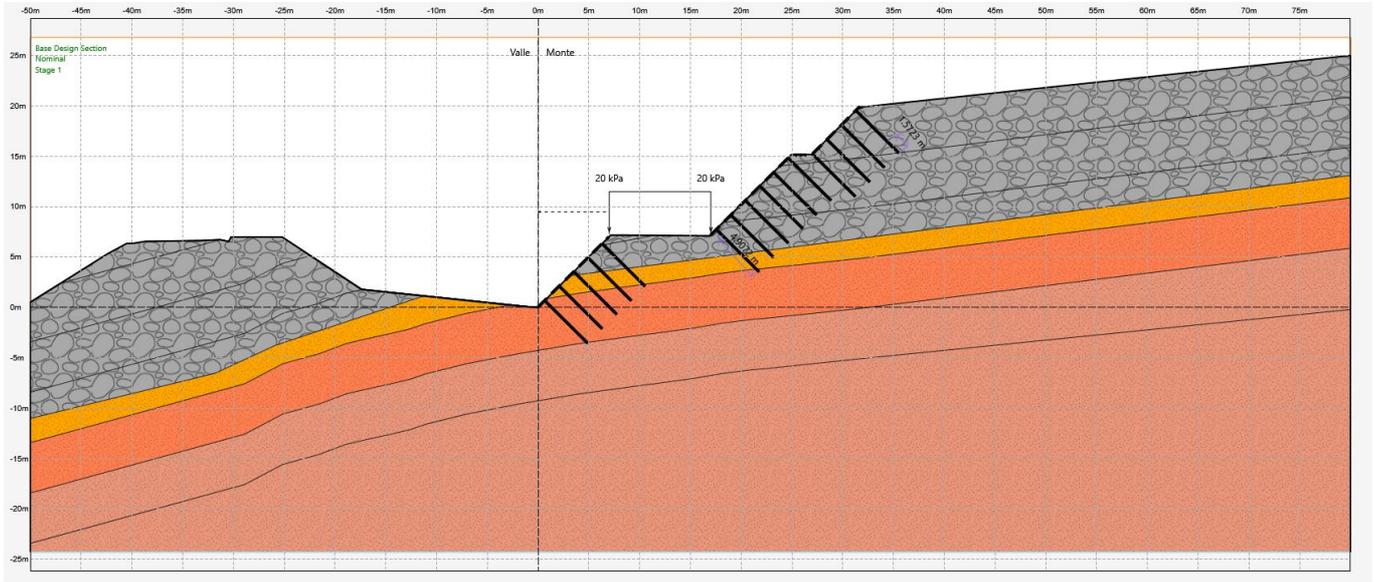


Figura 23 – Verifica di stabilità P.C. 01: Modello

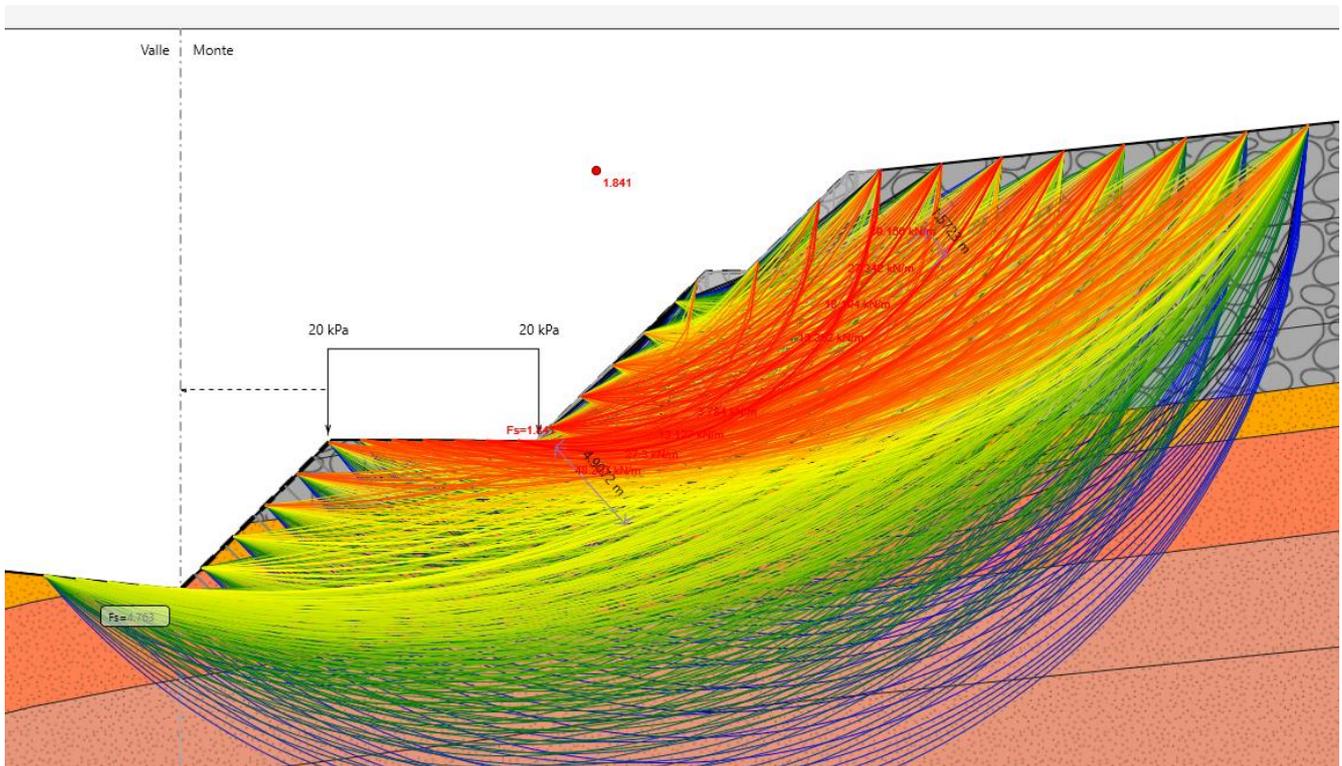


Figura 24 – Verifica di stabilità P.C. 01: Analisi Statica  $F_s=1.841$

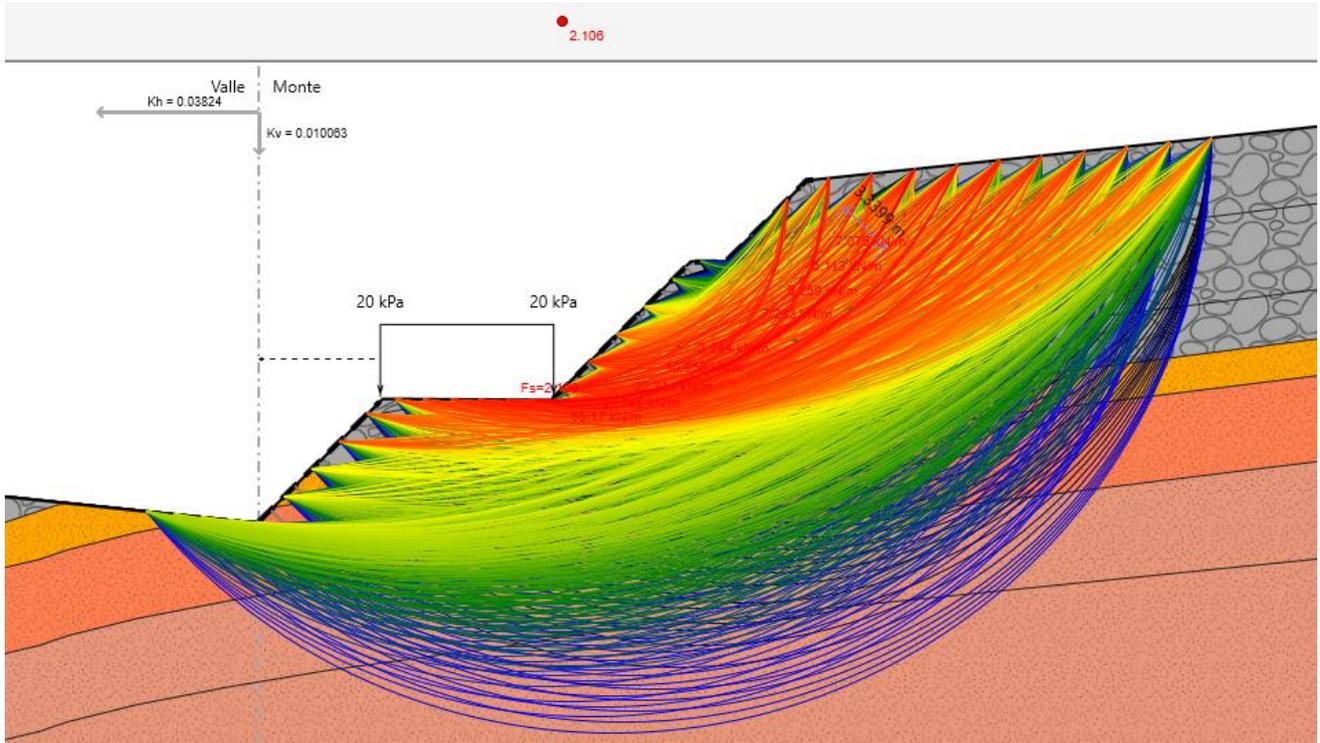


Figura 25 – Verifica di stabilità P.C. 01: Analisi Sismica  $FS=2.106$

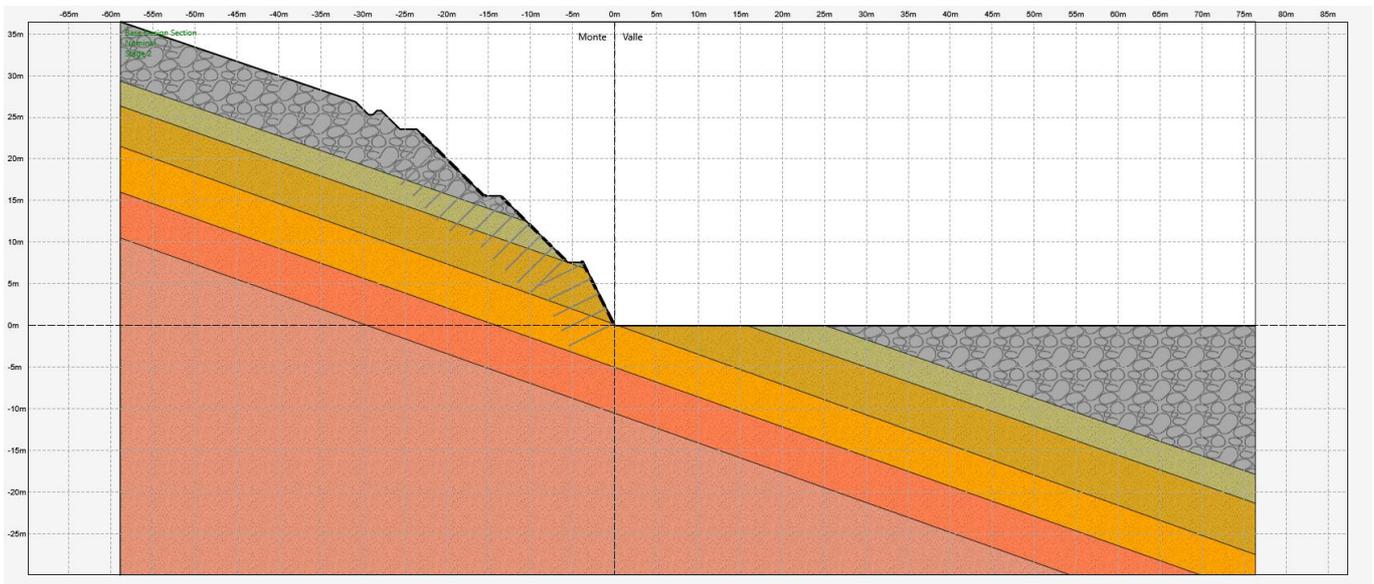


Figura 26 – Verifica di stabilità P.C. 02: Modello



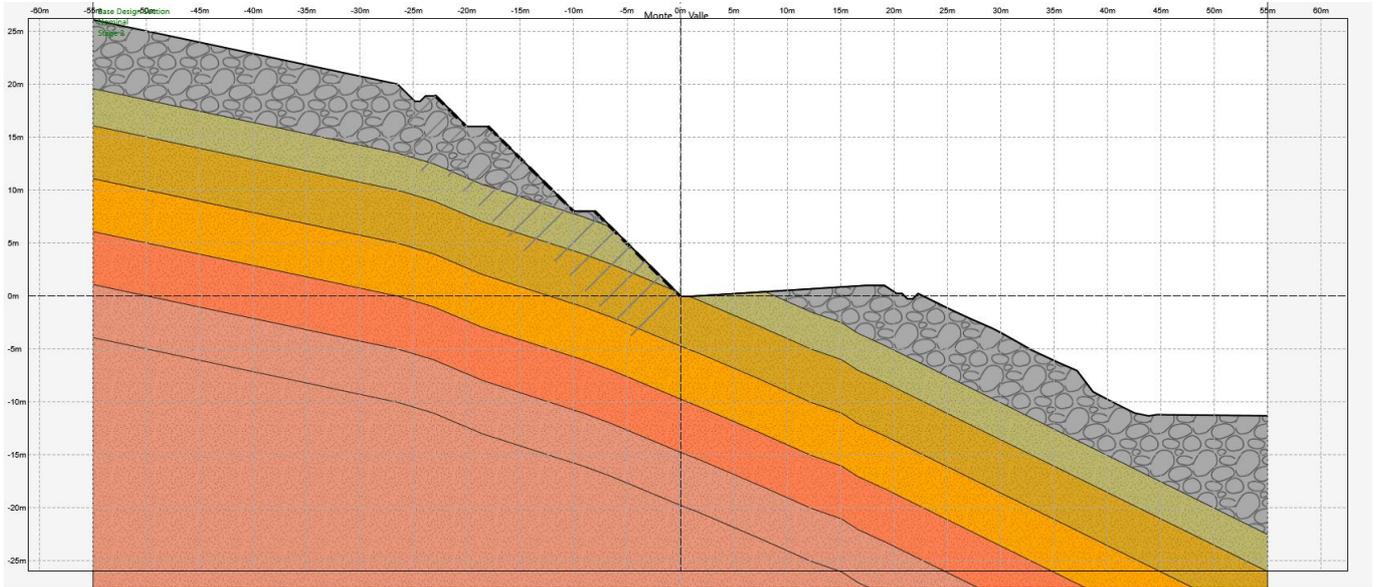


Figura 29 – Verifica di stabilità P.C. 03: Modello

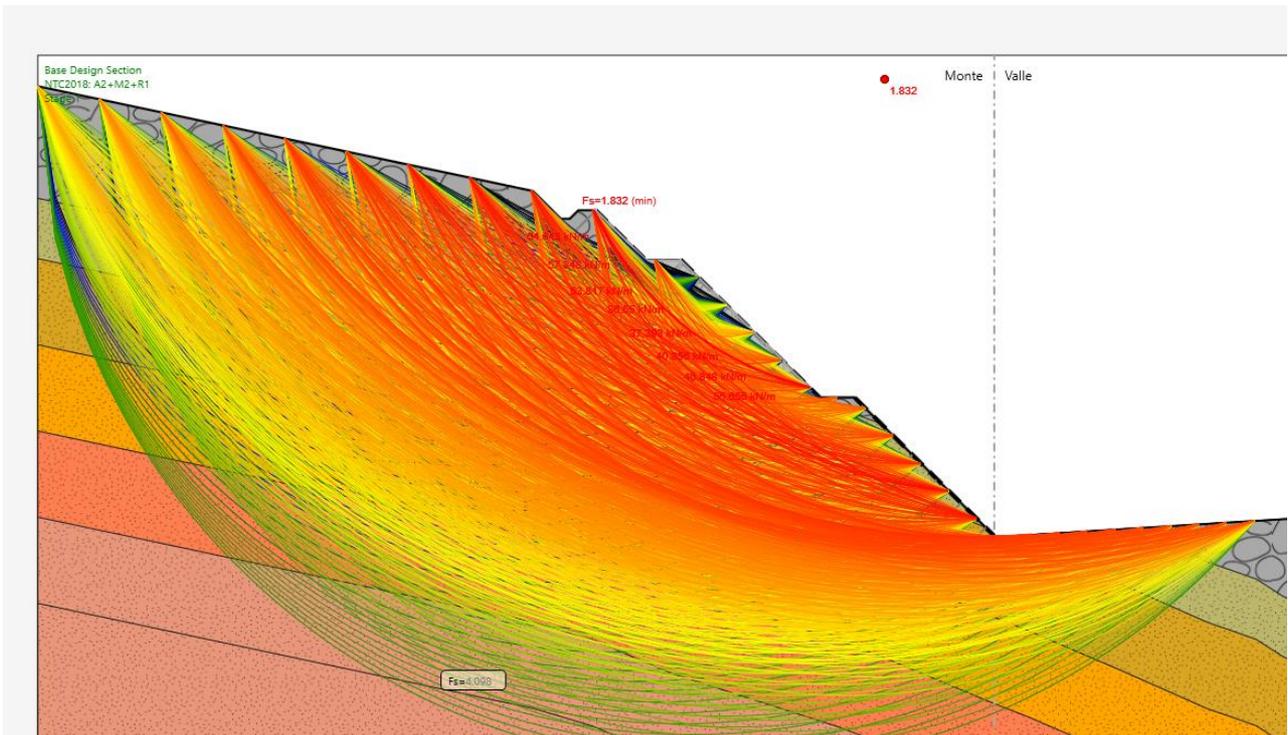


Figura 30 – Verifica di stabilità P.C. 03: Analisi Statica FS=1.832

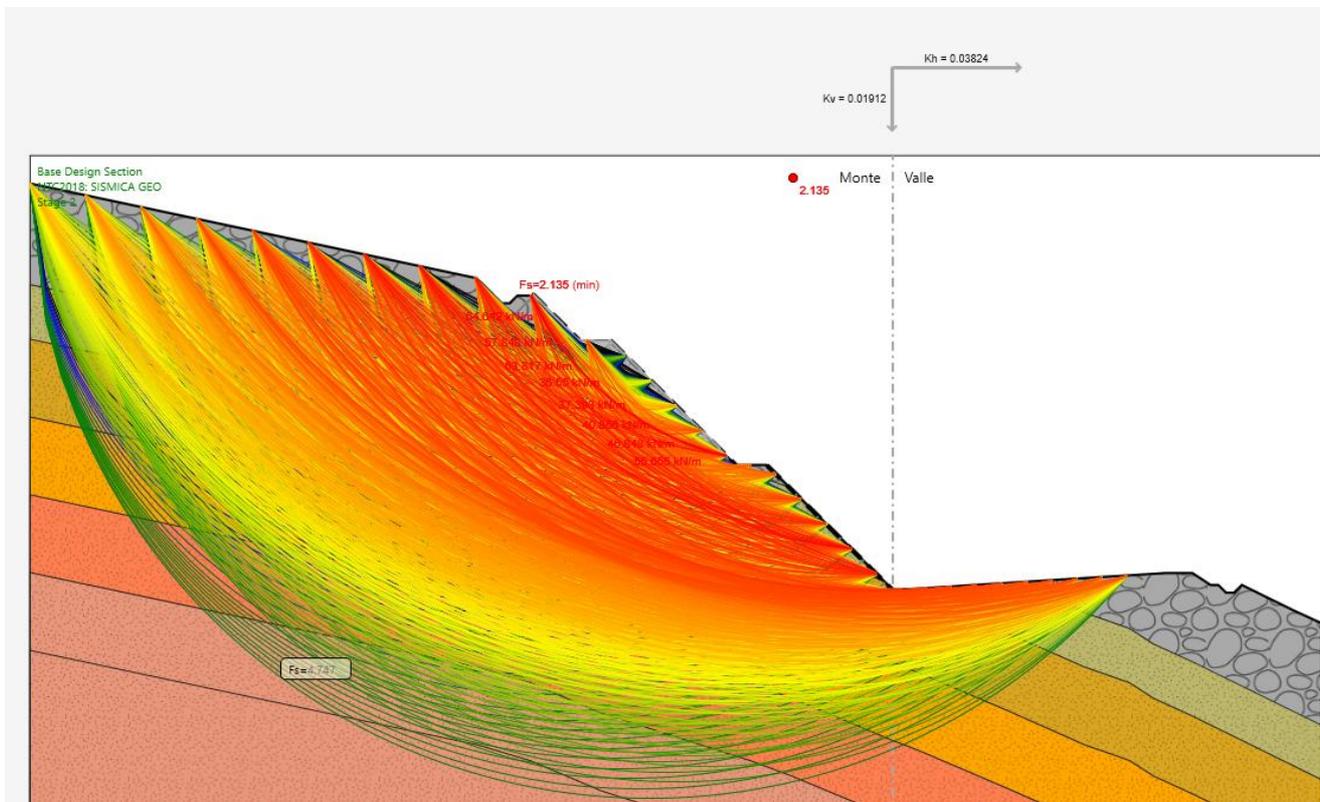


Figura 31 – Verifica di stabilità P.C. 03: Analisi Sismica FS=2.135

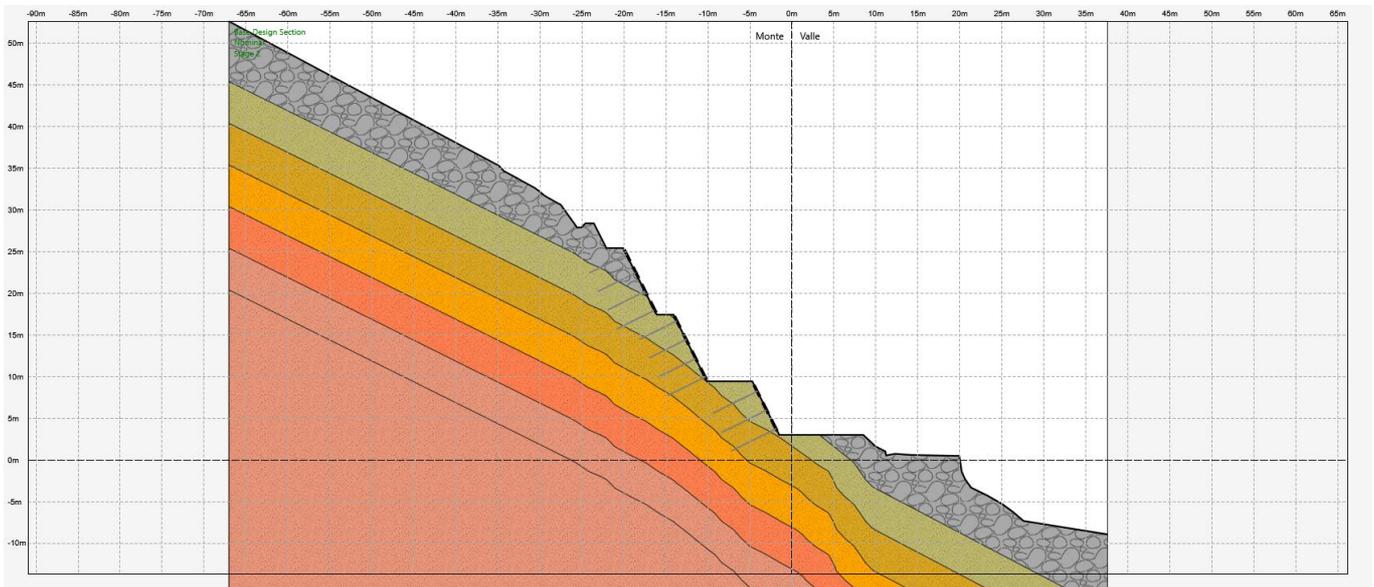


Figura 32 – Verifica di stabilità P.C. 06: Modello

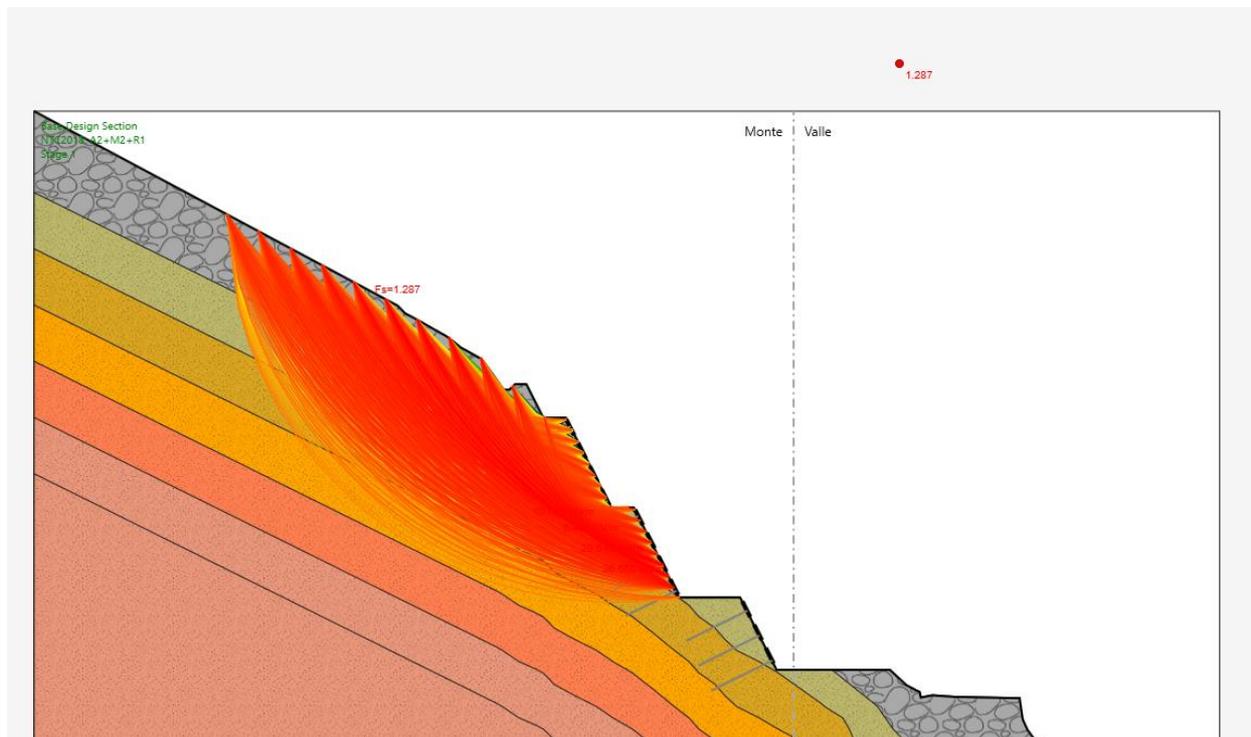


Figura 33 – Verifica di stabilità P.C. 06: Analisi Statica  $F_s=1.287$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 41 di 51</p>
---	--

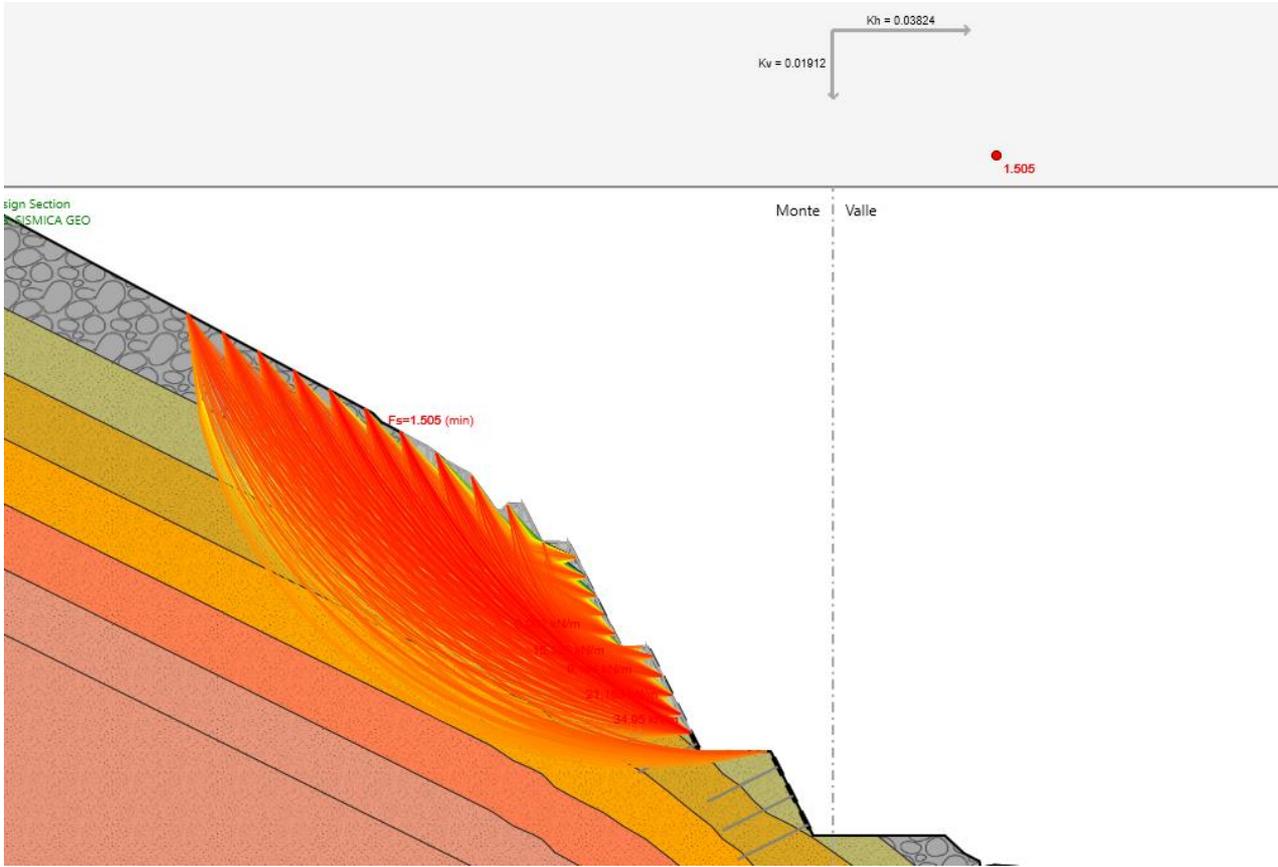


Figura 34 – Verifica di stabilità P.C. 06: Analisi Sismica  $F_s=1.505$

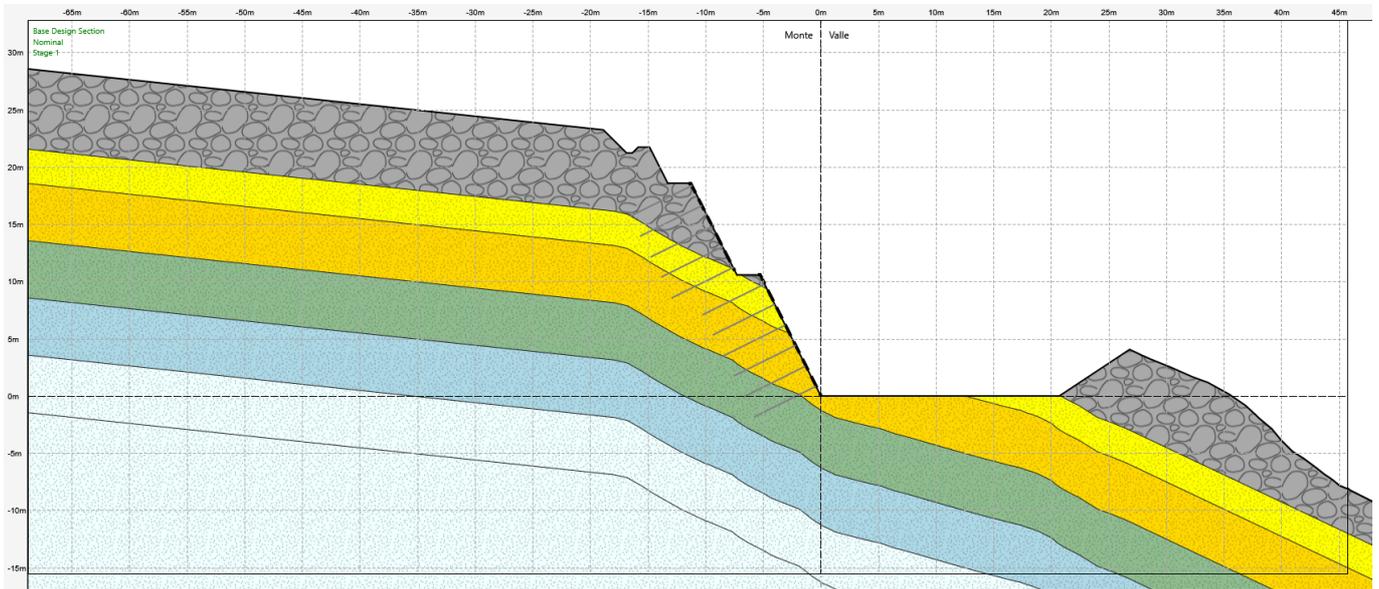


Figura 35 – Verifica di stabilità P.C. 08: Modello

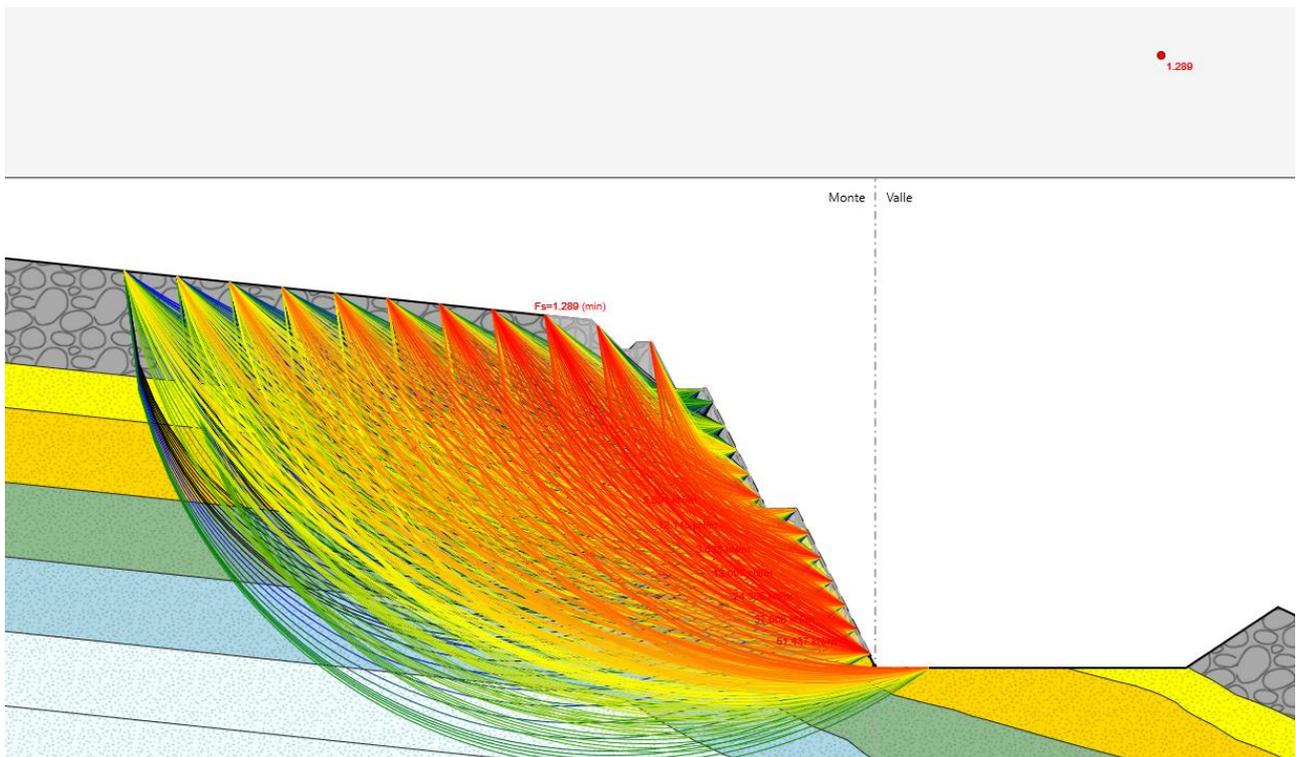


Figura 36 – Verifica di stabilità P.C. 08: Analisi Statica FS=1.289

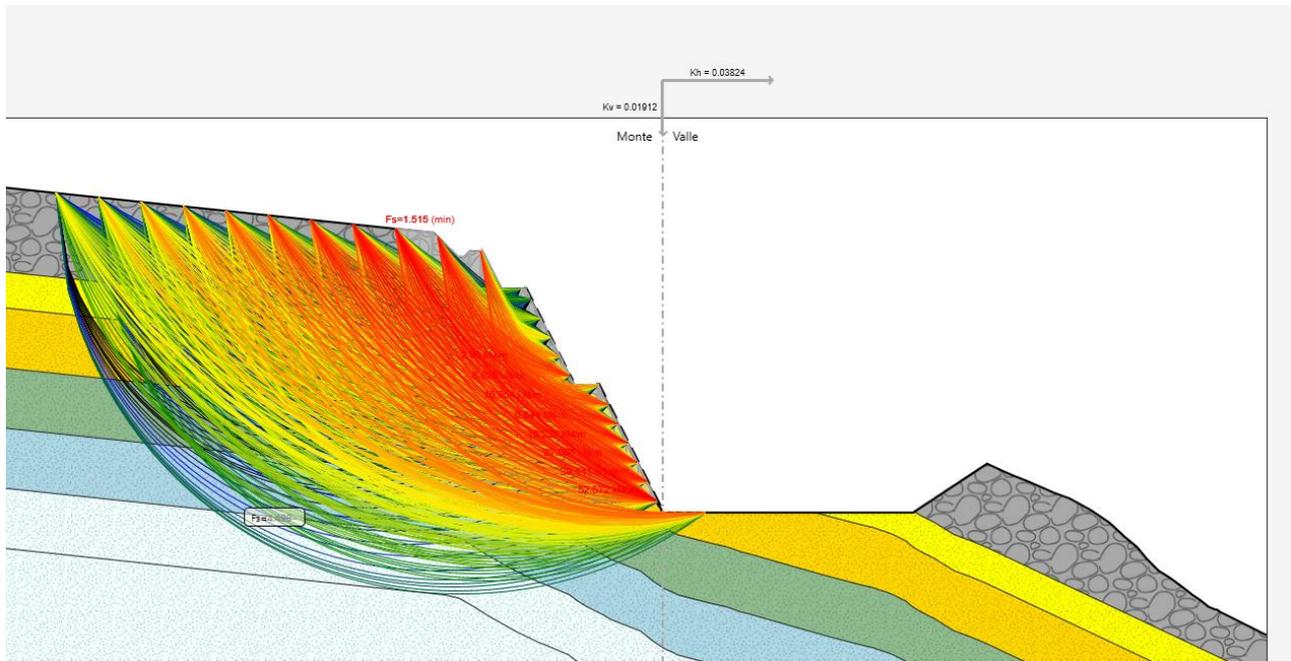


Figura 37 – Verifica di stabilità P.C. 08: Analisi Sismica FS=1.515



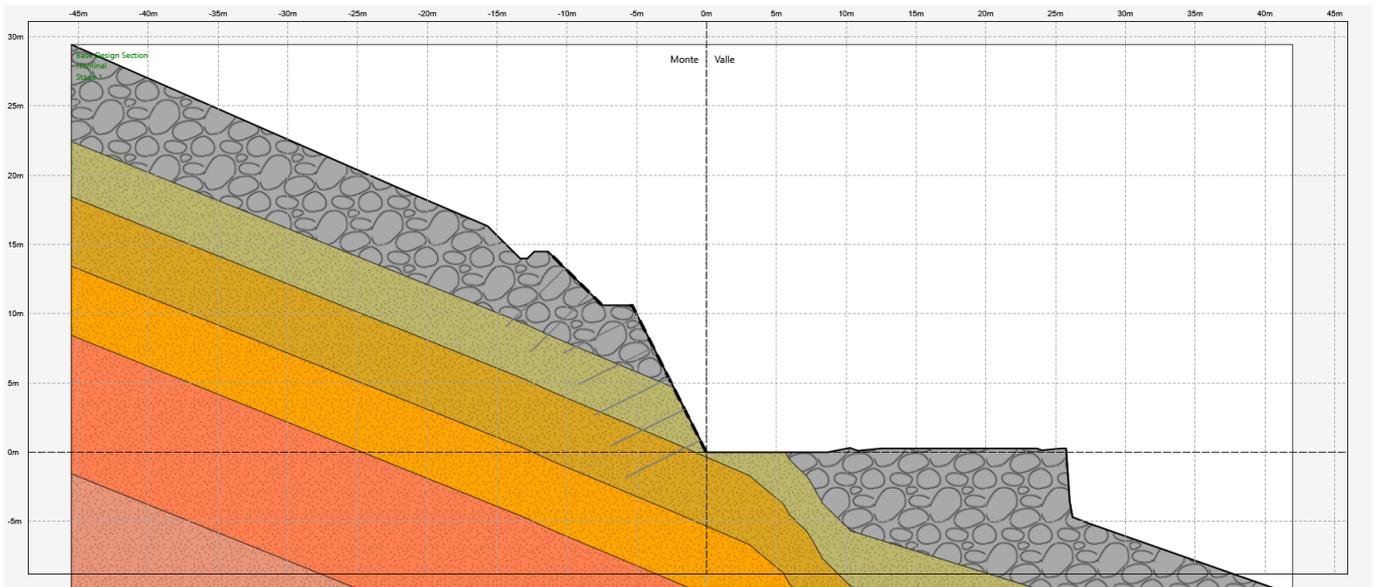


Figura 40 – Verifica di stabilità P.C. M04: Modello

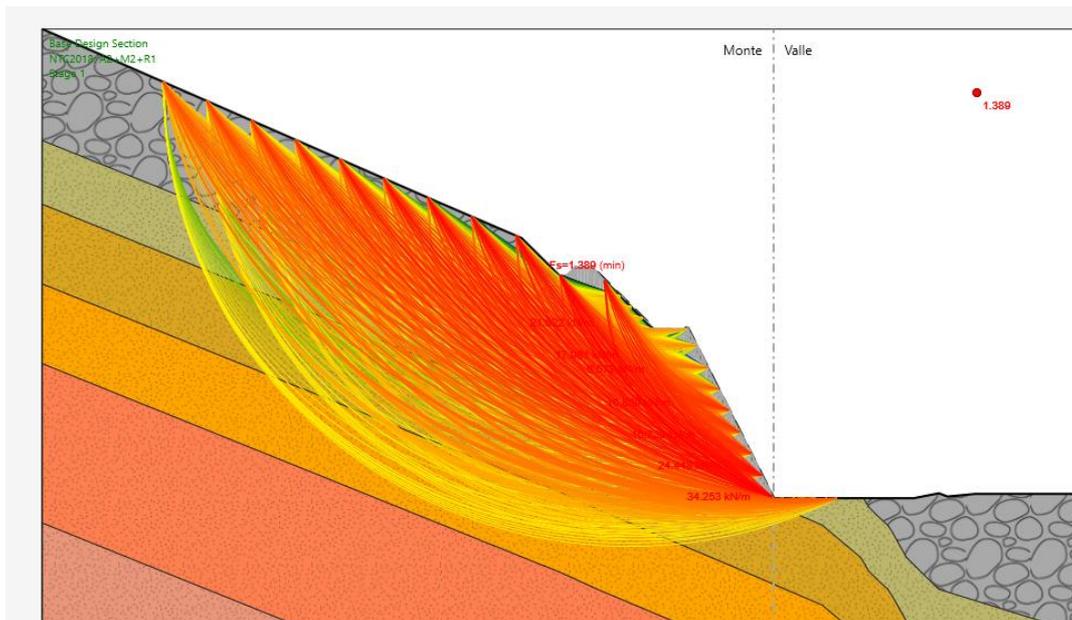


Figura 41 – Verifica di stabilità P.C. M04: Analisi Statica FS=1.389

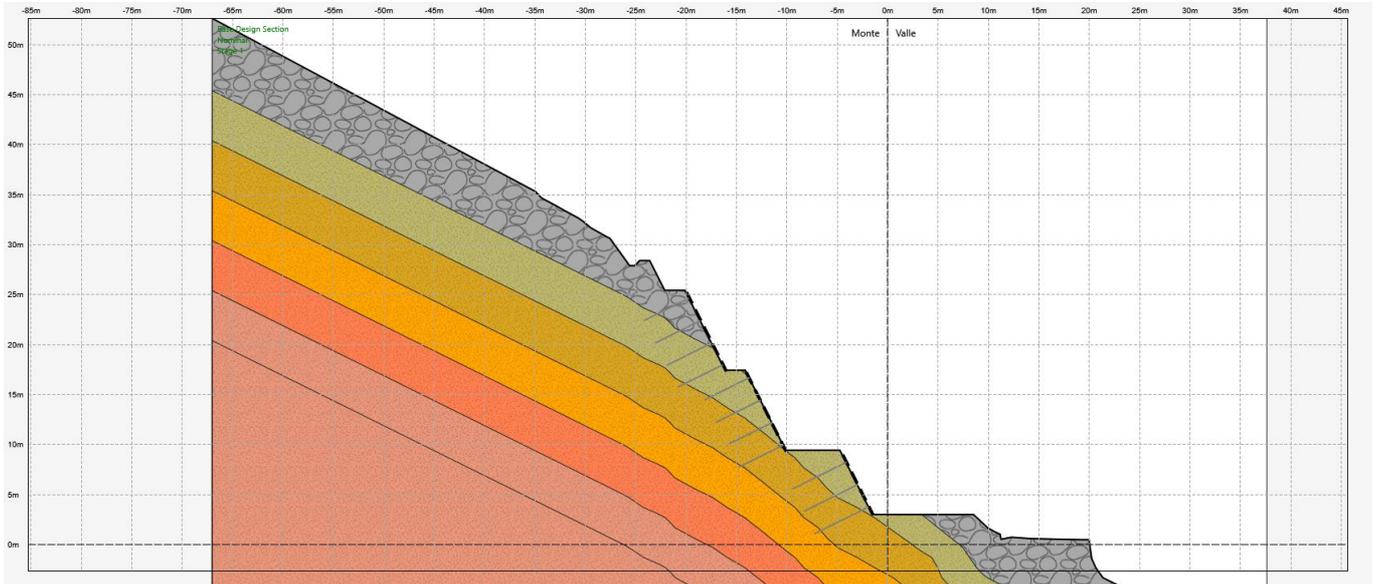


Figura 42 – Verifica di stabilità P.C. M07: Modello

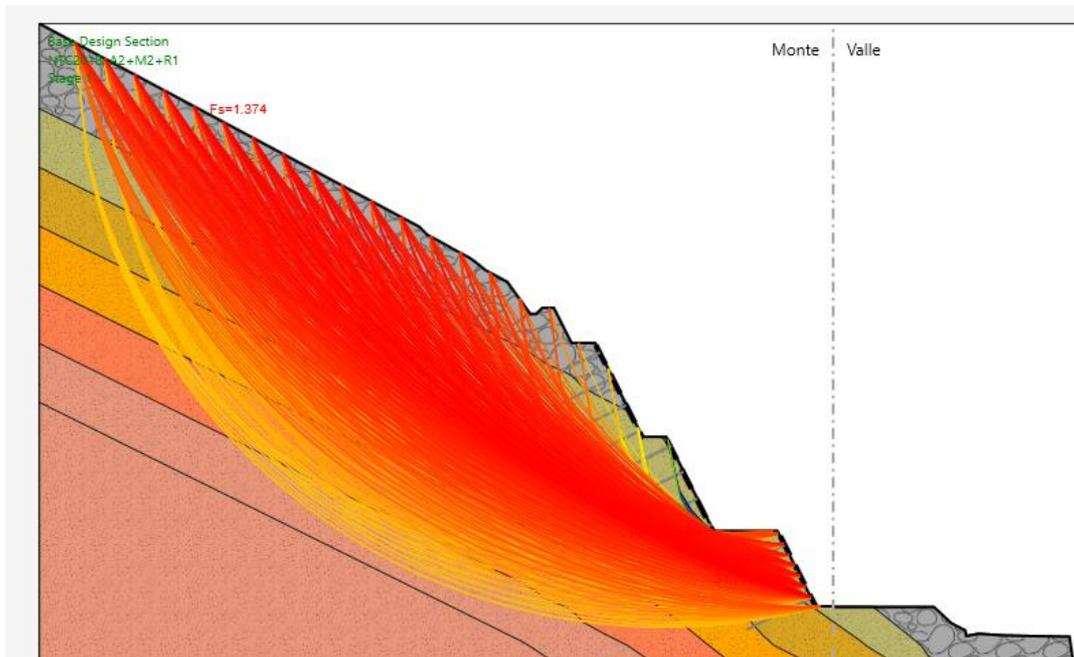


Figura 43 – Verifica di stabilità P.C. M07: Analisi Statica  $F_s=1.374$

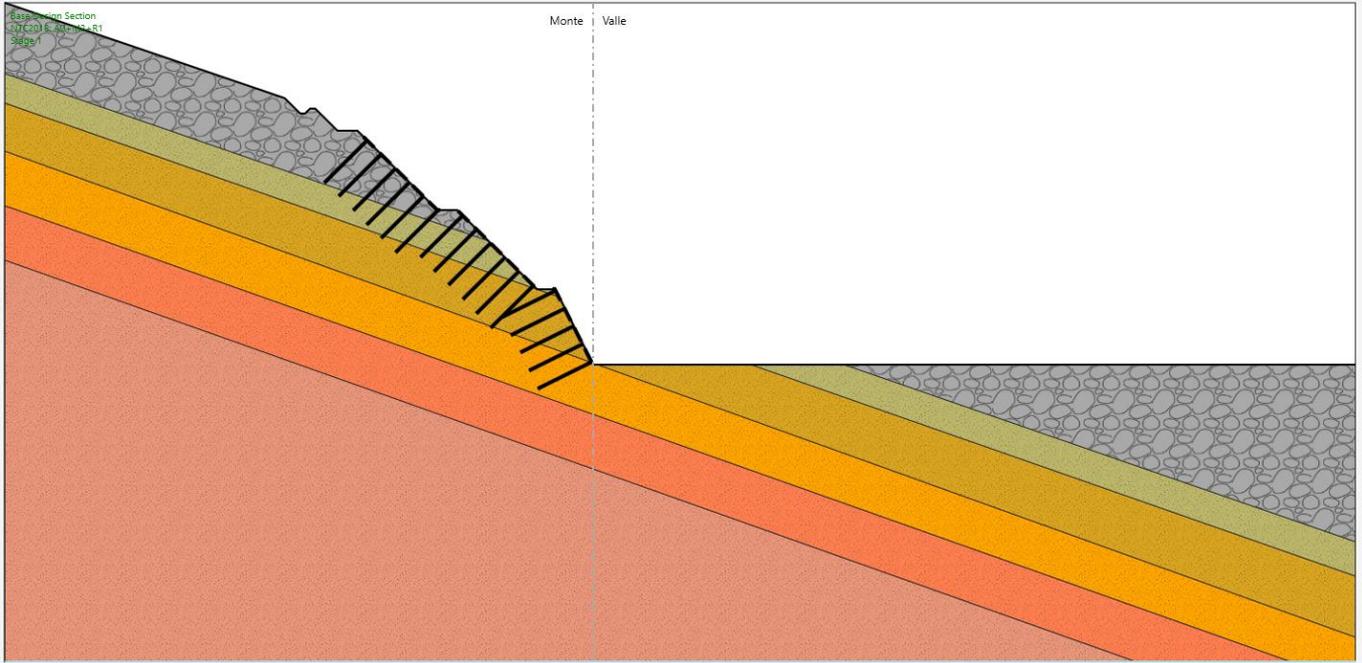


Figura 44 – Verifica di stabilità P.C. M10: Modello

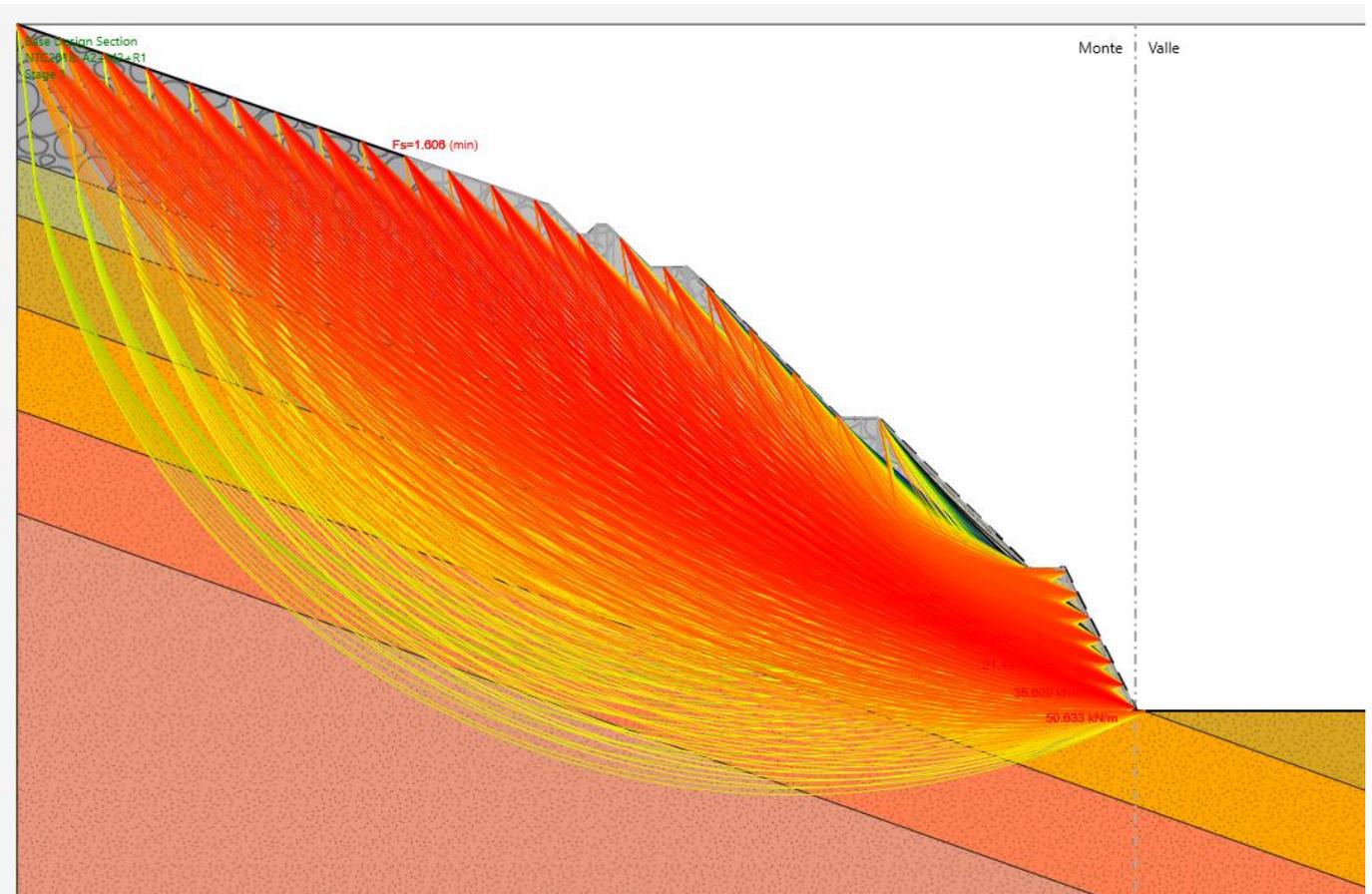


Figura 45 – Verifica di stabilità P.C. M10: Analisi Statica FS=1.606

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 48 di 51</p>
---	--

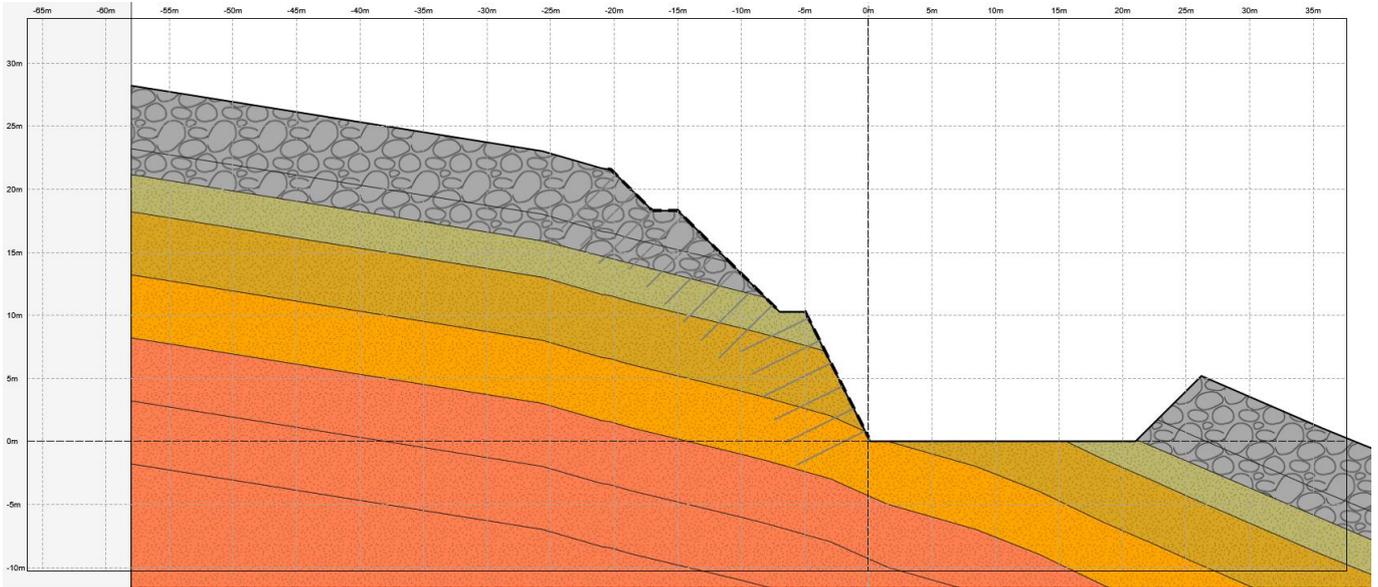


Figura 46 – Verifica di stabilità P.C. GA02: Modello

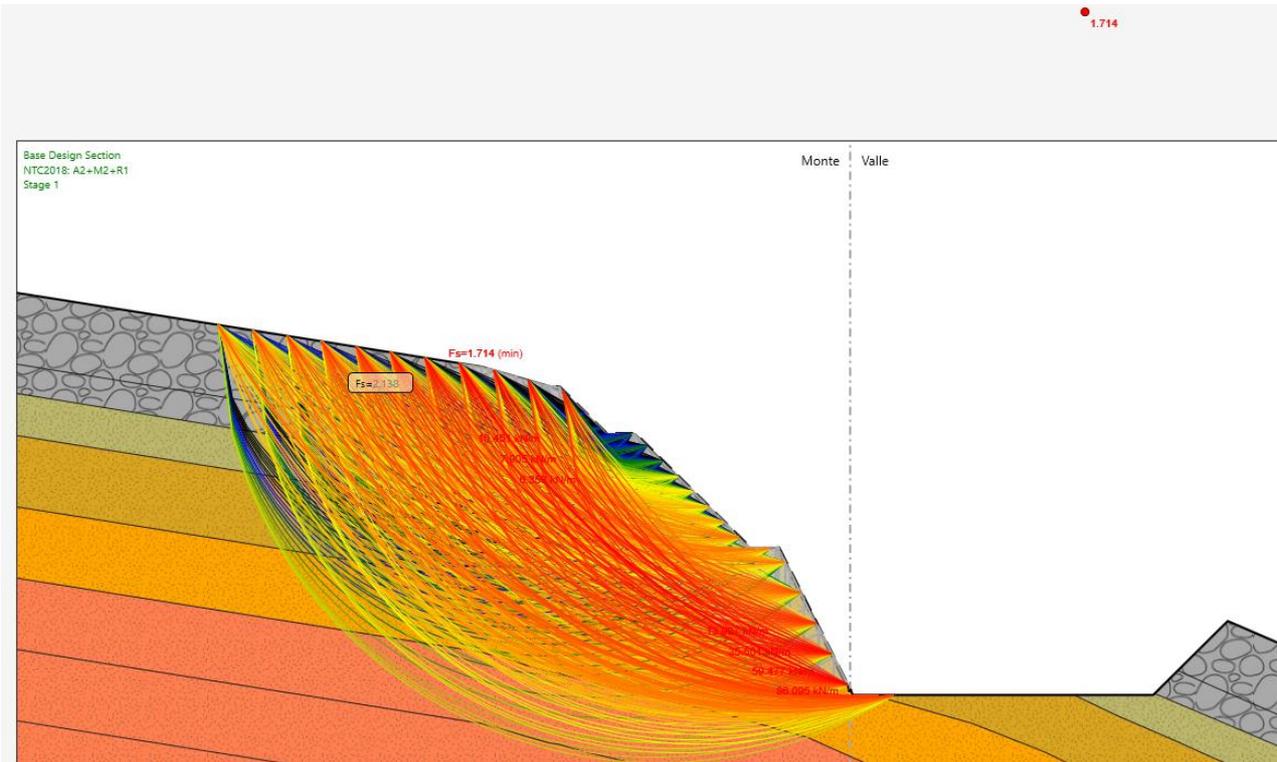


Figura 47 – Verifica di stabilità P.C. GA02: Analisi Statica FS=1.714

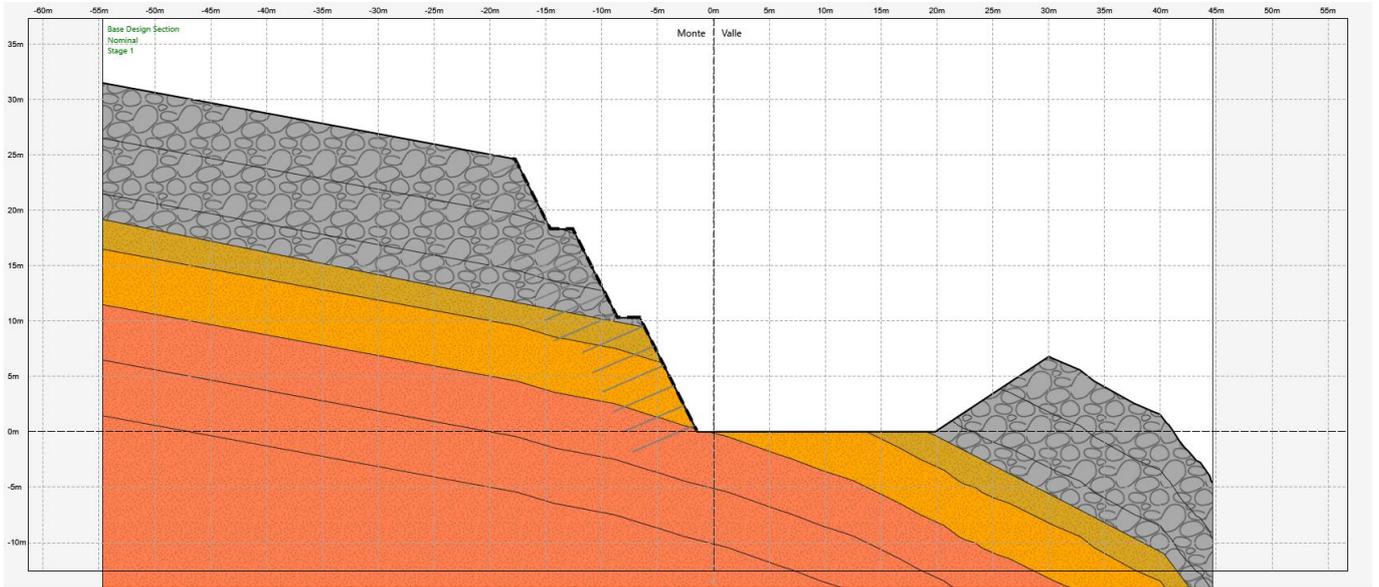


Figura 48 – Verifica di stabilità P.C. GA03: Modello

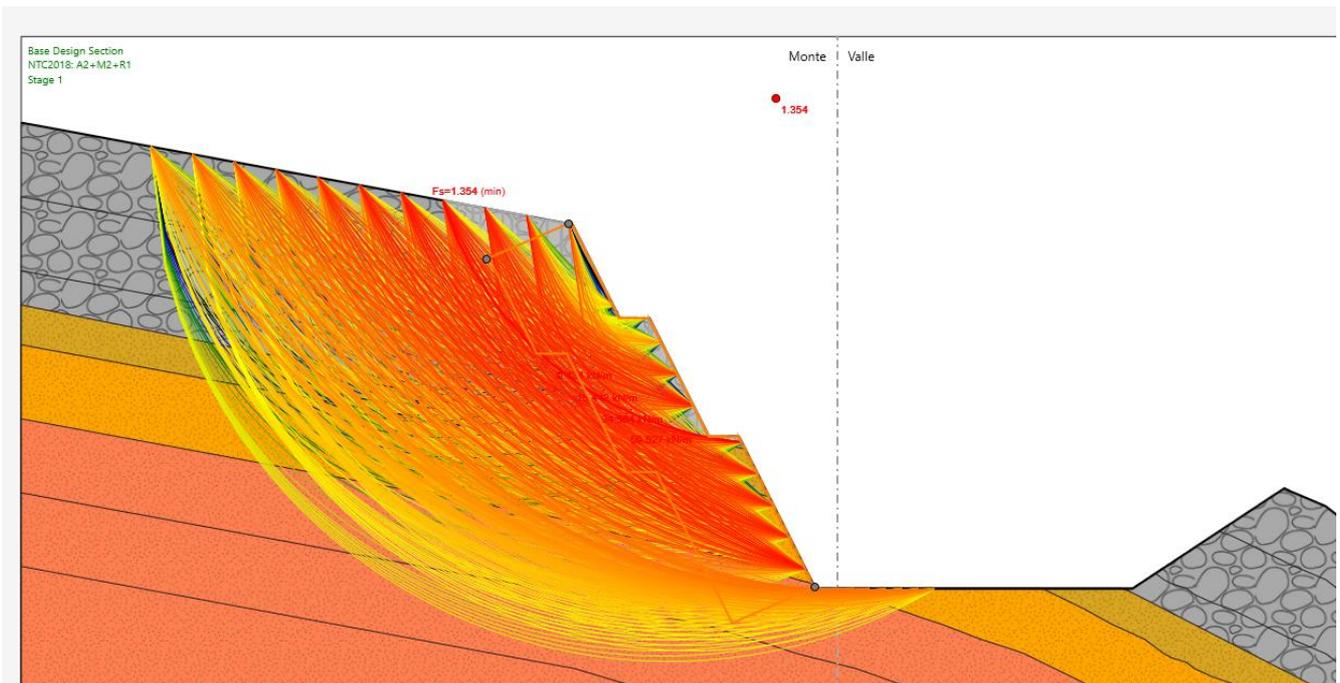


Figura 49 – Verifica di stabilità P.C. GA03: Analisi Statica  $F_s=1.354$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione tecnica e di calcolo pareti chiodate</b></p>	<p>File: T00_GE01_GET_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 51 di 51</p>
---	--

**8 ALLEGATI – TABULATI DI CALCOLO DA SOFTWARE**