



Comune di  
Crevalcore



Comune di  
San Giovanni in Persiceto



Comune di  
Casalecchio di Reno



Comune di  
Bologna



Comune di  
Sasso Marconi



Comune di  
Marzabotto

Ciclovia del Sole: tratto 3 attraversamento dei centri abitati di Crevalcore,  
San Giovanni in Persiceto, Sala Bolognese -  
tratto 4: Casalecchio - Marzabotto

CUP n° C61B21013060002

**PROGETTO DEFINITIVO**



**Coordinamento e integrazione delle prestazioni specialistiche:**

arch. Enrico Guaitoli Panini

**Il Responsabile Unico del Procedimento:**

ing. Maurizio Martelli

**Progettazione ciclabile e paesaggistica:**

arch. Irene Esposito, paes. Giulia Mazzali, arch. Eleonora Vaccari,  
arch. Michela Gessani, dott. paes. Sara Martignoni, arch. Alberto Coppi

**Supporto al RUP:**

ing. Chiara Ferrari  
arch. Federica Sodano  
ing. Sara Destro  
dott.ssa Silvia Mazza  
arch. Giulia Maroni

**Progettazione delle strutture:**

prof. ing. Massimo Majowiecki, ing. Giovanni Berti,  
ing. Monica Mingozzi, ing. Elisa Sammarco, ing. Marco Chinni

**Geologia, Ambiente, Idraulica:**

geol. Pierluigi Dallari, geol. Arianna Casarini, geol. Lisa Gasparini,  
geol. Emiliano Quadernari, ing. Yos Zorzi

**Coordinamento della sicurezza:**

ing. Fausto Gallarello, ing. Roberto Perlangeli

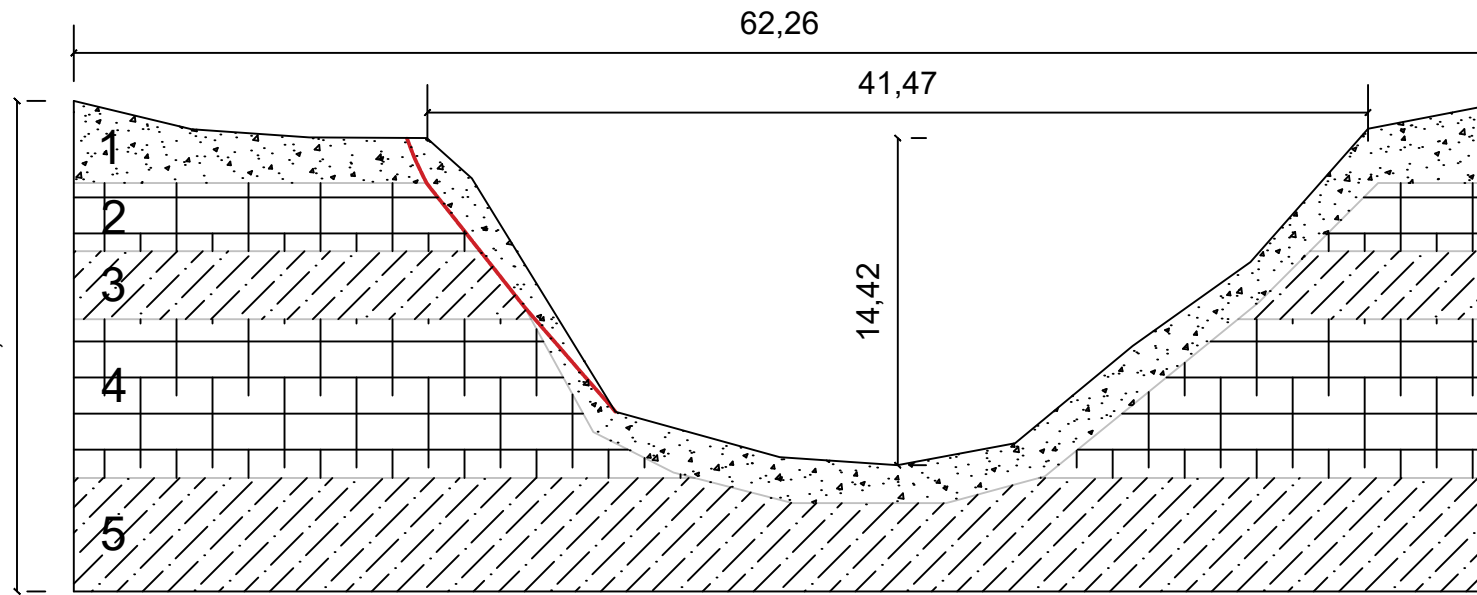
**Consolidamento e Mitigazione del Rischio di Dissesto**

SCALA -	FORMATO Varie
CODICE GEO_3_1_A	DATA 30/11/2023

**Marzabotto - Via Brolo - Opera 3**

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	30/11/2023	Prima Emissione	E.Q.	P.D.	

STATO DI FATTO

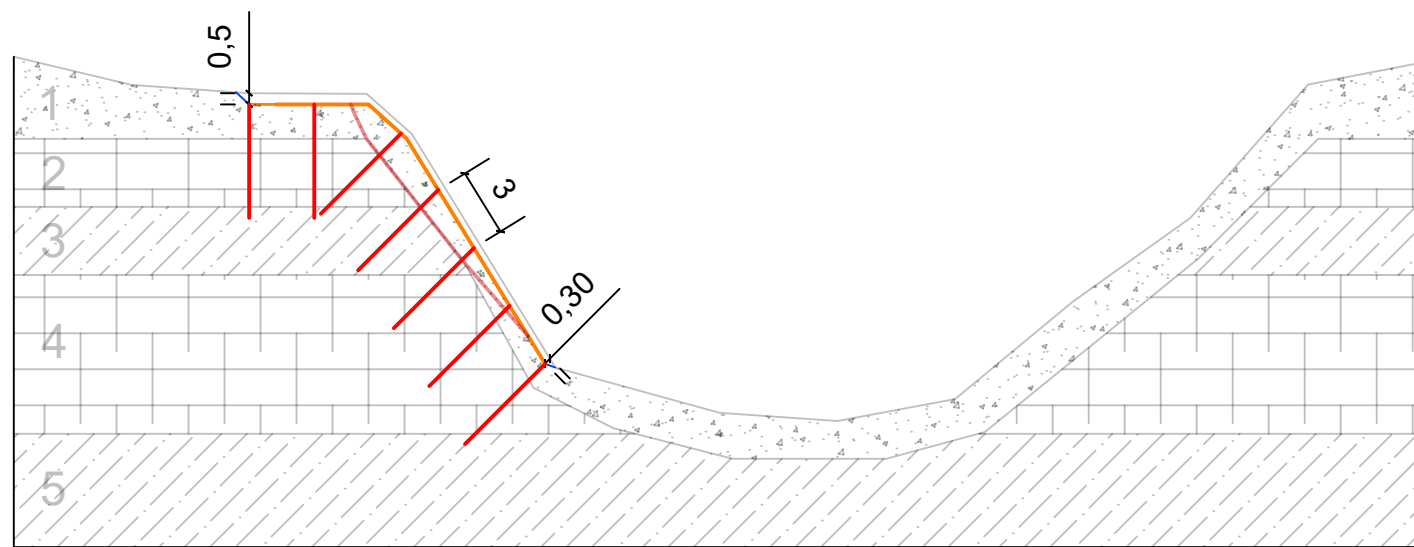


- 1: Detrito di versante
- 2: Arenaria medio fine
- 3: Siltite marnosa
- 4: Arenaria medio fine
- 5: Argillite marnosa



STATO DI PROGETTO

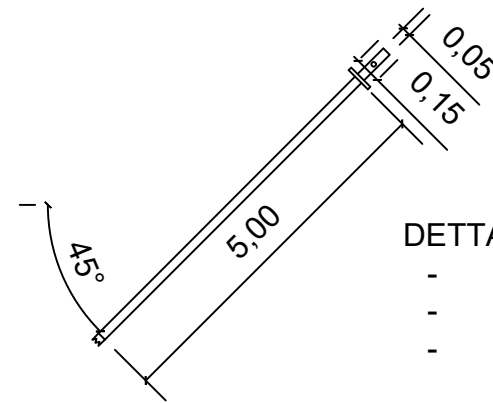
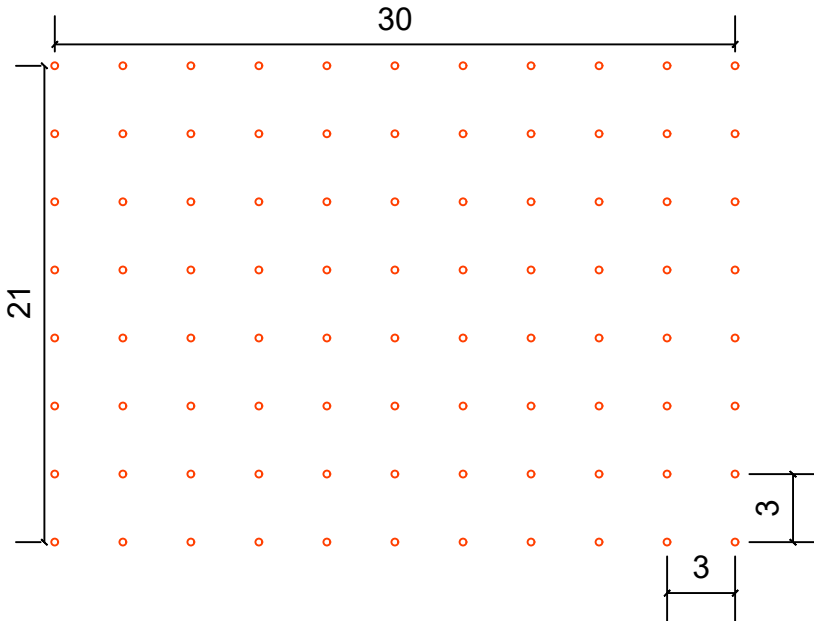
SEZIONE DI PROGETTO



- Chiodo auto perforante tipo SIRIVE
- Geocomposito fibra di cocco
- Rete doppia torsione
- Funi acciaio zincato

- FASE 1:** Disbosco versante
- FASE 2:** Scotico 0.50 m del tratto stradale e di 0.30 m del versante
- FASE 3:** installazione chiodature, geocomposito, reti e funi di acciaio

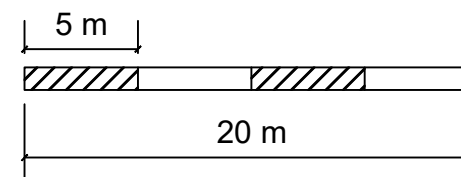
MAGLIA INTERVENTO



DETTAGLIO CHIODO TIPO SIRIVE

- BIT 51 mm
- Maglia 3x3
- Lunghezza 5 metri

Le quote nel disegno esprimono metri



Ciclovia del Sole: tratto 3 attraversamento dei centri abitati di Crevalcore, San Giovanni in Persiceto, Sala Bolognese - tratto 4: Casalecchio - Marzabotto  
CUP n° C61B21013060002



**Coordinamento e integrazione delle prestazioni specialistiche:**  
arch. Enrico Guaitoli Panini

**Il Responsabile Unico del Procedimento:**  
ing. Maurizio Martelli

**Progettazione ciclabile e paesaggistica:**  
arch. Irene Esposito, paes. Giulia Mazzali, arch. Eleonora Vaccari, arch. Michela Gessani, dott. paes. Sara Martignoni, arch. Alberto Coppi

**Supporto al RUP:**  
ing. Chiara Ferrari  
arch. Federica Sodano  
ing. Sara Destro  
dott.ssa Silvia Mazza  
arch. Giulia Maroni

**Progettazione delle strutture:**  
prof. ing. Massimo Majowiecki, ing. Giovanni Berti, ing. Monica Mingozi, ing. Elisa Sammarco, ing. Mario Chinni

**Geologia, Ambiente, Idraulica:**  
geol. Pierluigi Dallari, geol. Arianna Casarini, geol. Lisa Gasparini, geol. Emiliano Quadernari, ing. Yos Zorzi

**Coordinamento della sicurezza:**  
ing. Fausto Gallarelli, ing. Roberto Perlangeli

Opera di consolidamento e mitigazione del rischio di frana  
Marzabotto - Via Brolo - Tavola 1- Movimento Terra - Rafforzamento Corticale  
Frana per scivolamento

SCALA	FORMATO
GRAFICA	A3
CODICE	DATA
GEO_3_1_A	30/11/2023

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	30/11/2023	Prima emissione	E.Q.	P.D.	





Comune di  
Crevalcore



Comune di  
San Giovanni in Persiceto



Comune di  
Casalecchio di Reno



Comune di  
Bologna



Comune di  
Sasso Marconi



Comune di  
Marzabotto

Ciclovia del Sole: tratto 3 attraversamento dei centri abitati di Crevalcore,  
San Giovanni in Persiceto, Sala Bolognese -  
tratto 4: Casalecchio - Marzabotto

CUP n° C61B21013060002

**PROGETTO DEFINITIVO**



**Coordinamento e integrazione delle prestazioni specialistiche:**

arch. Enrico Guaitoli Panini

**Il Responsabile Unico del Procedimento:**

ing. Maurizio Martelli

**Progettazione ciclabile e paesaggistica:**

arch. Irene Esposito, paes. Giulia Mazzali, arch. Eleonora Vaccari,  
arch. Michela Gessani, dott. paes. Sara Martignoni, arch. Alberto Coppi

**Supporto al RUP:**

ing. Chiara Ferrari  
arch. Federica Sodano  
ing. Sara Destro  
dott.ssa Silvia Mazza  
arch. Giulia Maroni

**Progettazione delle strutture:**

prof. ing. Massimo Majowiecki, ing. Giovanni Berti,  
ing. Monica Mingozzi, ing. Elisa Sammarco, ing. Marco Chinni

**Geologia, Ambiente, Idraulica:**

geol. Pierluigi Dallari, geol. Arianna Casarini, geol. Lisa Gasparini,  
geol. Emiliano Quadernari, ing. Yos Zorzi

**Coordinamento della sicurezza:**

ing. Fausto Gallarello, ing. Roberto Perlangeli

**Consolidamento e Mitigazione del Rischio di Dissesto  
Verifiche di Progetto - Analisi di Stabilità di Versante  
Marzabotto - Via Brolo - Opera 3**

SCALA -	FORMATO Varie
CODICE GEO_3_1_A	DATA 30/11/2023

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	30/11/2023	Prima Emissione	E.Q.	P.D.	

# ***Slide Analysis Information***

## **Document Name**

File Name: Verifica Opera 3.sli

## **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Failure Direction: Left to Right  
Units of Measurement: SI Units  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Groundwater Method: Water Surfaces  
Data Output: Standard  
Calculate Excess Pore Pressure: Off  
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
Random Numbers: Pseudo-random Seed  
Random Number Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Janbu simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

## **Surface Options**

Surface Type: Circular  
Search Method: Grid Search  
Radius increment: 10  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Create Tension Crack  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

## **Material Properties**

Material: DETRITO VERSANTE  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 4 kPa  
Friction Angle: 27.5 degrees  
Water Surface: None

Material: DEPOSITO DI FRANA  
Strength Type: Undrained  
Unit Weight: 17 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion Type: Constant  
Cohesion: 10 kPa  
Water Surface: None

Material: ARENARIA

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 24 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 76 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Water Surface: None

Material: SILTITE

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 72 kPa  
Friction Angle: 22 degrees  
Water Surface: None

**Support Properties**

Support: RETE

RETE

Support Type: GeoTextile  
Force Application: Active  
Force Orientation: Parallel to Reinforcement  
Anchorage: Slope Face  
Shear Strength Model: Linear  
Strip Coverage: 100 percent  
Tensile Strength: 50 kN/m  
Pullout Strength Adhesion: 10 kN/m<sup>2</sup>  
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Support: CHIODI

CHIODI

Support Type: Soil Nail  
Force Application: Active  
Out-of-Plane Spacing: 3 m  
Tensile Capacity: 100 kN  
Plate Capacity: 100 kN  
Bond Strength: 50 kN/m

**Global Minimums**

Method: bishop simplified

FS: 1.303150  
Center: 2238.556, 2198.514  
Radius: 16.535  
Left Slip Surface Endpoint: 2222.618, 2194.114  
Right Slip Surface Endpoint: 2227.444, 2186.270  
Resisting Moment=1543.17 kN-m  
Driving Moment=1184.18 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 2.084530  
Center: 2231.872, 2200.325  
Radius: 17.538  
Left Slip Surface Endpoint: 2214.814, 2196.250  
Right Slip Surface Endpoint: 2233.584, 2182.871  
Resisting Horizontal Force=1665.35 kN  
Driving Horizontal Force=798.908 kN

## **Valid / Invalid Surfaces**

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 17480

Number of Invalid Surfaces: 11131

Error Codes:

Error Code -103 reported for 126 surfaces

Error Code -105 reported for 1 surface

Error Code -106 reported for 56 surfaces

Error Code -107 reported for 10791 surfaces

Error Code -108 reported for 1 surface

Error Code -112 reported for 156 surfaces

### Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 16214

Number of Invalid Surfaces: 12397

Error Codes:

Error Code -103 reported for 126 surfaces

Error Code -105 reported for 1 surface

Error Code -106 reported for 56 surfaces

Error Code -107 reported for 10791 surfaces

Error Code -108 reported for 917 surfaces

Error Code -111 reported for 350 surfaces

Error Code -112 reported for 156 surfaces

## **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.

-106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force  $< 0.1$ . This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient  $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F$   
< 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

### **List of All Coordinates**

#### Search Grid

2218.503	2198.514
2248.887	2198.514
2248.887	2228.685
2218.503	2228.685

#### Material Boundary

2205.250	2194.179
2220.802	2194.179
2223.172	2191.179
2225.114	2188.721
2225.413	2188.179
2227.300	2184.753
2228.153	2183.205
2231.692	2181.420
2232.634	2181.179
2236.949	2180.073
2243.722	2180.073
2247.800	2181.179
2248.069	2181.252
2256.587	2188.179
2257.514	2188.933
2259.761	2191.179
2262.761	2194.179
2267.505	2194.179

#### Material Boundary

2259.761	2191.179
2267.505	2191.179

#### Material Boundary

2205.250	2191.179
2223.172	2191.179

#### Material Boundary

2256.587	2188.179
2267.505	2188.179

#### Material Boundary

2205.250	2188.179
2225.413	2188.179

#### Material Boundary

2205.250	2181.179
2232.634	2181.179

Material Boundary

2247.800 2181.179  
2267.505 2181.179

Material Boundary

2219.605 2195.694  
2220.802 2194.179

Material Boundary

2227.300 2184.753  
2228.680 2184.261

External Boundary

2205.250 2197.800  
2205.250 2194.179  
2205.250 2191.179  
2205.250 2188.179  
2205.250 2181.179  
2205.250 2172.800  
2267.505 2172.800  
2267.505 2181.179  
2267.505 2188.179  
2267.505 2191.179  
2267.505 2194.179  
2267.505 2197.575  
2262.317 2196.574  
2257.129 2190.695  
2251.941 2186.997  
2246.753 2182.709  
2241.565 2181.742  
2236.377 2182.099  
2229.132 2184.100  
2228.680 2184.261  
2222.568 2194.195  
2220.889 2195.694  
2219.605 2195.694  
2215.625 2195.694  
2215.046 2196.234  
2210.438 2196.554

Support

2215.625 2195.694  
2220.889 2195.694

Support

2220.889 2195.694  
2222.568 2194.195

Support

2222.568 2194.195  
2228.680 2184.261

Support

2215.625 2195.694  
2215.625 2190.694



Support  
2218.625 2195.694  
2218.625 2190.694

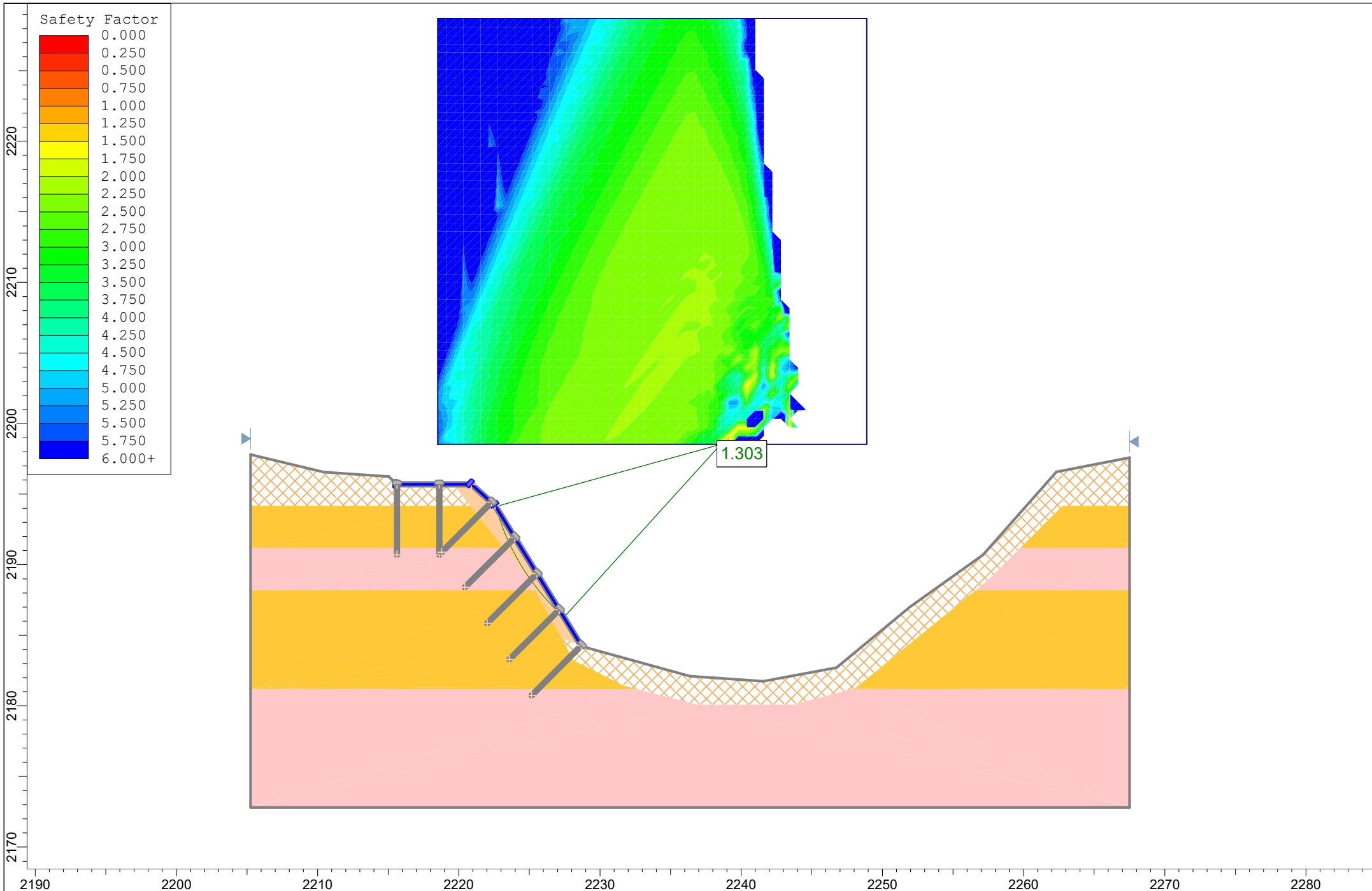
Support  
2228.680 2184.261  
2225.145 2180.726

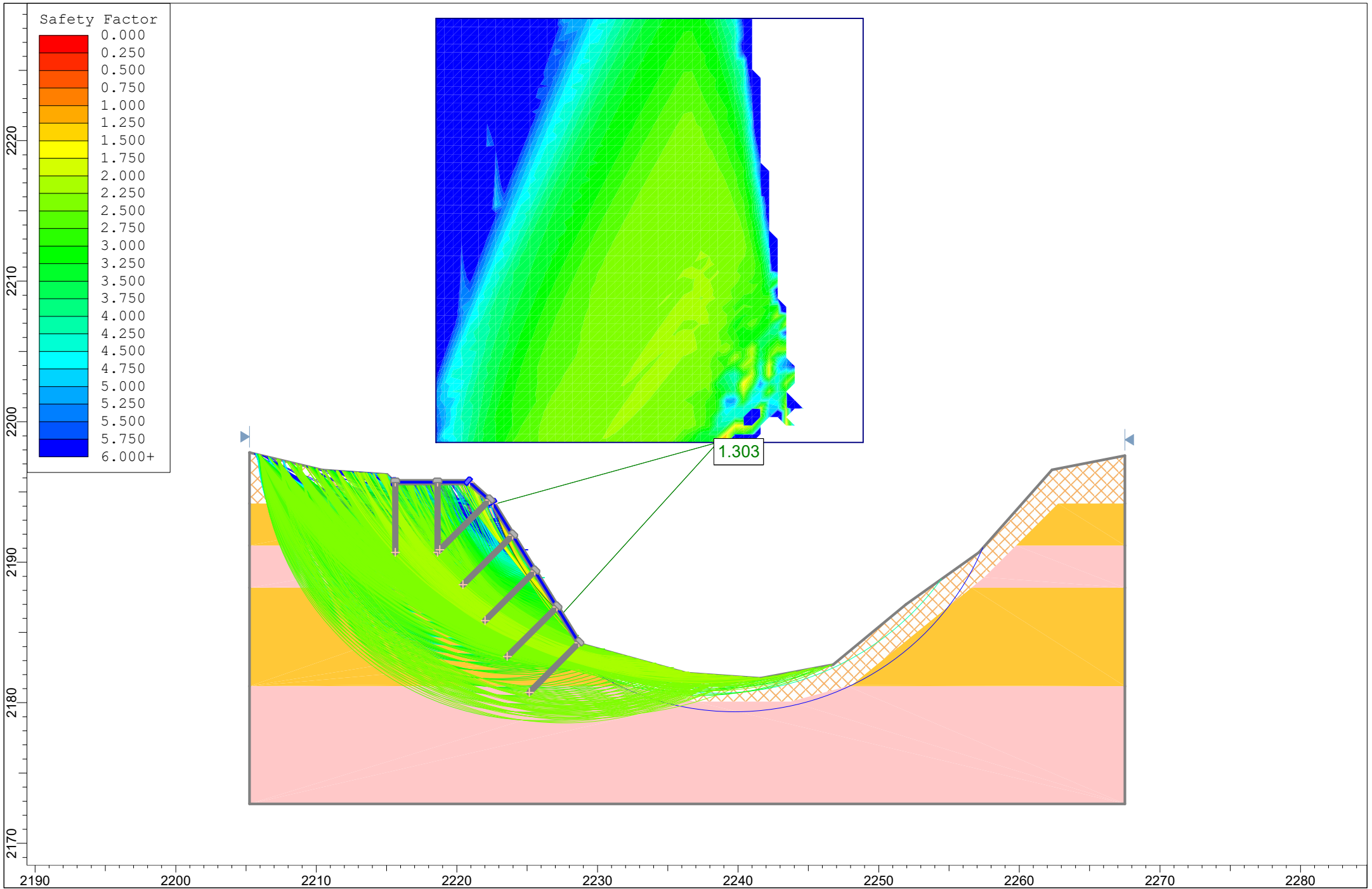
Support  
2227.108 2186.816  
2223.573 2183.281

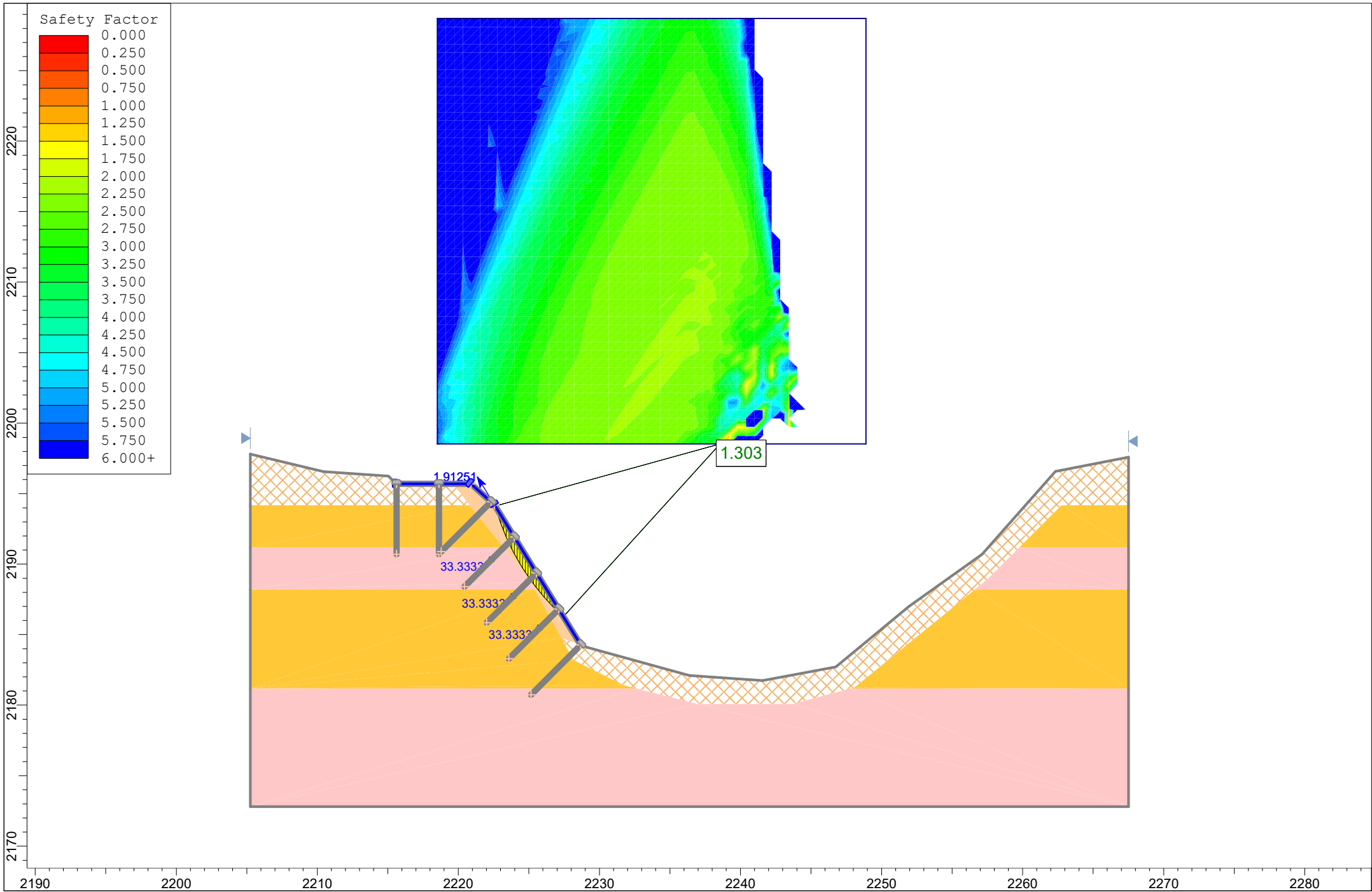
Support  
2225.536 2189.371  
2222.000 2185.836

Support  
2223.964 2191.926  
2220.428 2188.391

Support  
2222.317 2194.419  
2218.782 2190.883









Comune di  
Crevalcore



Comune di  
San Giovanni in Persiceto



Comune di  
Casalecchio di Reno



Comune di  
Bologna



Comune di  
Sasso Marconi



Comune di  
Marzabotto

Ciclovia del Sole: tratto 3 attraversamento dei centri abitati di Crevalcore,  
San Giovanni in Persiceto, Sala Bolognese -  
tratto 4: Casalecchio - Marzabotto

CUP n° C61B21013060002

**PROGETTO DEFINITIVO**



**Coordinamento e integrazione delle prestazioni specialistiche:**

arch. Enrico Guaitoli Panini

**Il Responsabile Unico del Procedimento:**

ing. Maurizio Martelli

**Progettazione ciclabile e paesaggistica:**

arch. Irene Esposito, paes. Giulia Mazzali, arch. Eleonora Vaccari,  
arch. Michela Gessani, dott. paes. Sara Martignoni, arch. Alberto Coppi

**Supporto al RUP:**

ing. Chiara Ferrari  
arch. Federica Sodano  
ing. Sara Destro  
dott.ssa Silvia Mazza  
arch. Giulia Maroni

**Progettazione delle strutture:**

prof. ing. Massimo Majowiecki, ing. Giovanni Berti,  
ing. Monica Mingozzi, ing. Elisa Sammarco, ing. Marco Chinni

**Geologia, Ambiente, Idraulica:**

geol. Pierluigi Dallari, geol. Arianna Casarini, geol. Lisa Gasparini,  
geol. Emiliano Quadernari, ing. Yos Zorzi

**Coordinamento della sicurezza:**

ing. Fausto Gallarello, ing. Roberto Perlangeli

**Consolidamento e Mitigazione del Rischio di Dissesto**

**SINTESI NON TECNICA**

**Marzabotto - Via Brolo - Opera 3**

SCALA -	FORMATO Varie
CODICE GEO_3_1_A	DATA 30/11/2023

N. REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	30/11/2023	Prima Emissione	E.Q.	P.D.	

## **Sommario**

<b>1. Premessa</b> .....	2
<b>1.1 Riferimenti normativi</b> .....	2
<b>2. Inserimento opera</b> .....	3
<b>3. Caratteristiche opere in progetto</b> .....	4
<b>3.1 Fase 1 – Movimento Terra</b> .....	4
<b>3.2 Fase 2 – Rafforzamento Corticale</b> .....	4
<b>4. Verifica opere in progetto</b> .....	5
<b>4.1. Verifica di stabilità di versante</b> .....	5

## 1. Premessa

Il presente elaborato illustra le caratteristiche del progetto GEO\_3\_1\_A o Opera 3 inerente la messa in sicurezza attraverso consolidamento di versante di una porzione di Via Brolo attualmente interessata dalla presenza di un deposito franoso.

Il presente elaborato andrà ad illustrare le caratteristiche previste in sede di progettazione definitiva e sintetizzerà i principali aspetti del progetto e gli elementi migliorativi rispetto alla sicurezza del tratto di ciclovía interessato.

### 1.1 Riferimenti normativi

Il presente studio è stato condotto secondo la seguente Normativa Tecnica e documentazione di riferimento:

- **OPCM 3274/2003** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- **D.M. 17.01.2018** - Norme Tecniche per le Costruzioni 2018;
- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7/C.S.LL.PP.** - Circolare esplicativa delle NTC 2018;
- **D.G.R. 476/2021**– Aggiornamento dell'”Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)” di cui alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019 n. 630.



## 2. Inserimento opera

L’opera in progetto va ad inserirsi alle tra l’area di sedime della ciclovia e la scarpata in destra idrografica al Rio Brolo.

L’opera va inoltre a trovarsi, complessivamente, in destra idrografica rispetto al Fiume Reno e ad Ovest dell’abitato di Brolo.

Di seguito si propone un’immagine che identifica l’inserimento urbanistico ambientale del consolidamento in progetto.

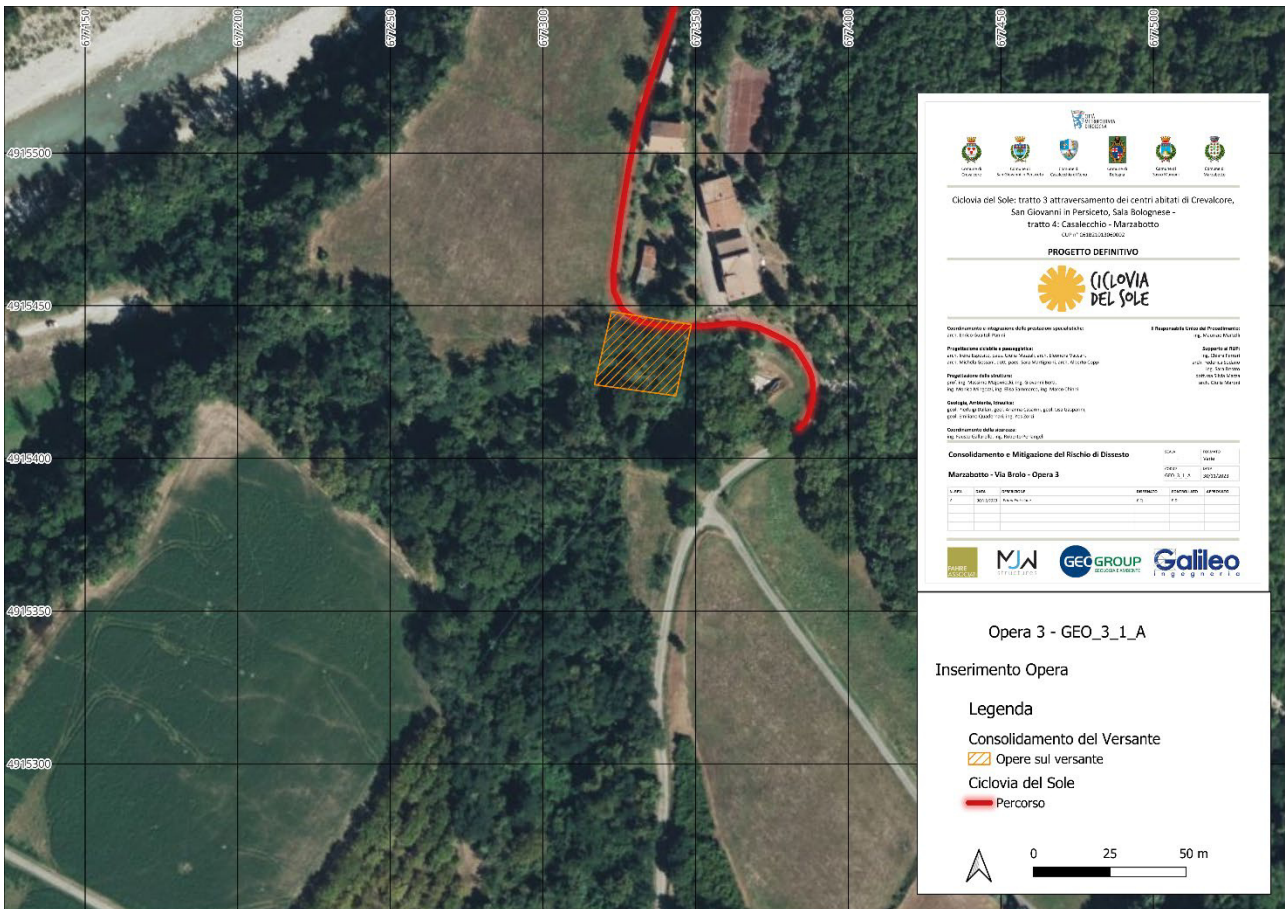


Figura 1: inserimento opera 1



### 3. Caratteristiche opere in progetto

Per l'opera in progetto è prevista la realizzazione in numero 2 fasi di lavorazione principale, il primo intervento sarà quello di disboscamento della vegetazione ad alto e basso fusto interferente con l'opera a cui seguirà il ripristino morfologico del versante secondo le caratteristiche di progetto. La seconda fase invece vedrà la realizzazione di un'opera di rafforzamento corticale con l'utilizzo di ancoraggi di tipo Sirive e la posa in opera di geocomposito in fibra di cocco, rete doppia torsione e funi in acciaio.

#### 3.1 Fase 1 – Movimento Terra

Nella prima fase di esecuzione dell'opera sarà necessaria la rimozione della vegetazione arbustiva per un'area complessiva pari a circa 600 m<sup>2</sup>. L'area di disboscamento è rappresentata dal poligono arancione presente in figura 1. In questa prima fase dovranno intervenire, per ragioni di sicurezza, operatori qualificati come rocciatori per eseguire tutte le operazioni di esbosco.

La riprofilazione del versante è resa necessaria dalla presenza di un deposito di frana per scivolamento superficiale. Il ripristino morfologico è da attuarsi attraverso la rimozione di terreno superficiale, per un volume pari 100 m<sup>3</sup>, in modo tale ottenere una superficie liscia e pulita per la miglior adesione possibile delle opere di rafforzamento corticale.

Lo scopo del ripristino morfologico del versante è duplice: da un lato risulta necessario per rimuovere il materiale in frana in modo che questo non costituisca più un problema ed in secondo luogo è necessario al fine di provvedere un globale miglioramento delle condizioni di sicurezza sul lungo termine, evitando cioè che l'azione degli agenti atmosferici possa risultare d'innescò a nuovi dissesti che in questo caso andrebbero a coinvolgere la soprastante ciclovía

Le tavole di progetto riportano i disegni e le quote dei dettagli di progetto.

#### 3.2 Fase 2 – Rafforzamento Corticale

Nella seconda fase di realizzazione dell'opera, al fine di riuscire a fornire ai materiali posizionati e costipati alla fase 1 ulteriore capacità di contenimento.

Per l'opera si è valutato l'utilizzo di una maglia di ancoraggio 3x3 meglio il materiale ricostituito e costipato nella fase 1. Il tipo di ancoraggio stimato è il Sirive Autoperforante e tutte le chiodature sono previste di lunghezza

- Sirive Tipo 1 lunghezza pari a 5 metri

Tutte le chiodature sono previste con inserimento a 45° dal profilo orizzontale, questo per garantire maggiore resistenza all'opera. A ciascun chiodo Sirive dovrà essere applicata una piastra d'acciaio da 15 cm che permetta di trattenere in sede la rete sottostante.

Per quanto concerne le reti si è optato per reti a doppia torsione a maglia esagonale con rivestimento in zinco alluminio, la maglia di progetto è la 8x10 con un diametro di filo pari a 3 mm. In accoppiamento alle reti è prevista l'installazione di geocomposito con funzione consolidante tipo fibra di cocco.

## 4. Verifica opere in progetto

### 4.1. Verifica di stabilità di versante

L'analisi di stabilità di versante è stata eseguita con l'approccio LEM o dell'Equilibrio Limite ed è stata condotta con particolare attenzione per la porzione terminale del versante ossia quella che il progetto intende venga riprofilata. L'analisi è stata eseguita attraverso il software Slide di RocScience.

La modellazione geotecnica deriva dalle indagini eseguite nei pressi del sito oggetto di analisi. Di seguito si propongono i parametri in ingresso alla verifica.

#### Material Properties

##### Material: DETRITO VERSANTE

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 27.5 degrees

Water Surface: None

L'analisi è stata condotta nelle sole condizioni non drenate dal momento che si è prevista la rimozione del deposito e che la roccia in posto non appare in grado di costituire condizioni di quel tipo. Per l'analisi si è diviso il valore dei parametri geotecnici di 1.25 come previsto da normativa.

##### Material: DEPOSITO DI FRANA

Strength Type: Undrained

Unit Weight: 17 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion Type: Constant

Cohesion: 10 kPa

Water Surface: None

L'analisi condotta ha modellato anche la presenza delle opere di consolidamento così come disegnate in progetto, si osserva dunque il contributo di resistenza fornito dalle chiodature e dalla rete di rinforzo corticale.

L'analisi può ritenersi superata poiché il fattore di sicurezza è pari a F.S. = 1.303.

##### Material: ARENARIA

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 76 kPa

Friction Angle: 30 degrees

Water Surface: None

##### Material: SILTITE

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 72 kPa

Friction Angle: 22 degrees

Water Surface: None