D'APPOLONIA

VIA SAN NAZARO, 19 - 16145 GENOVA, ITALIA
TEL. +39 010 362 8148 FAX +39 010 362 1078 P. IVA 03476550102
e-mail dappolonia@dappolonia.it www.dappolonia.it

0	LUGLIO 2012	PROGETTO DEFINITIVO	FR	AO	AED
REV	DATE	DESCRIZIONE/DESCRIPTION	ESEGUITO/BY	CONTR/CHKD BY	APPROV/APPROV BY

CLIENTE/CLIENT

Enel Green Power S.p.A.

PROGETTO/PROJECT

Impianto di Produzione di Energia da Fonte Eolica in Ambito Portuale - Porto di Genova

TITOLO/TITLE

Progetto Definitivo
Elaborati Strutturali
Relazione di calcolo sulla stabilità delle dighe

TIMBRO/STAMP

	FIRMA/SIGNATURE	DATA/DATE	No INT/INTERNAL No	SCALA/SCALE	TAV/PLATE No	REV
ESEGUITO/BY	FR	LUGLIO 2012	12-412-H23	-	12-412_PD_C_005	0
CONTR/CHKD BY	AO	LUGLIO 2012				
APPROV/APPROV BY	AED	LUGLIO 2012				

INDICE

Pagina

ELENCO DELLE TABELLE **II**
ELENCO DELLE FIGURE **III**
1 PREMESSA **1**
2 RIFERIMENTI **3**
3 CONDIZIONI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CALCOLO **4**
3.1 CONDIZIONI DI CARICO 4
3.1.1 Carico da onda 4
4 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLE DIGHE **10**
4.1 VERIFICHE A SCORRIMENTO 12
4.2 VERIFICHE A RIBALTAMENTO 13
4.3 VERIFICHE A CAPACITÀ PORTANTE 15
4.4 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE 17
5 CONCLUSIONI **20**
APPENDICE A
APPENDICE B

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella No. **Pagina**

Tabella 1: Condizioni di carico fornite dal produttore 4
Tabella 2: Coefficienti parziali azioni sollecitanti 10
Tabella 3: Coefficienti parziali parametri geotecnici 11
Tabella 4: Coefficienti parziali di sicurezza 11
Tabella 5: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a scorrimento stato di fatto 12
Tabella 6: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a scorrimento stato di progetto 13
Tabella 7: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a ribaltamento stato di fatto 14
Tabella 8: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a ribaltamento stato di progetto 15
Tabella 9: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a capacità portante stato di fatto 16
Tabella 10: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a capacità portante stato di progetto 16
Tabella 11: Condizioni di carico per le verifiche di stabilità globale stato di fatto 17
Tabella 12: Coefficienti di sicurezza per le verifiche di stabilità globale stato di fatto 18
Tabella 13: Condizioni di carico per le verifiche di stabilità globale stato di progetto 18
Tabella 14: Coefficienti di sicurezza per le verifiche di stabilità globale stato di progetto 19

ELENCO DELLE FIGURE

Figura No. **Pagina**

Figura 1: Planimetria di inquadramento – Zona Genova 1
Figura 2: Planimetria di inquadramento – Zona Voltri 2
Figura 3: Convenzione condizioni di carico 4
Figura 4: Sezione trasversale tipo tratto G-H 5
Figura 5: Sezione trasversale tipo tratto F-G 6
Figura 6: Sezione trasversale tipo tratto C-D 7
Figura 7: Sezione trasversale tipo tratto B-C 8
Figura 8: Sezione trasversale tipo tratto I-L 9
Figura 9: Verifica a ribaltamento, sistema di forze agenti, stato di fatto, fase di cresta 14

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA IN AMBITO PORTUALE – PORTO DI GENOVA
PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE DI CALCOLO SULLA STABILITÀ DELLE DIGHE

1 PREMESSA

Il nuovo impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica si svilupperà nell'area portuale compresa tra la fiera di Genova e il porto di Genova Voltri (GE). L'impianto sarà costituito da un totale di 39 aerogeneratori, che saranno installati sulle dighe foranee esistenti e poste a protezione delle suddette aree.

La presente relazione riporta le verifiche di stabilità delle dighe con riferimento al carico trasmesso dagli aerogeneratori in aggiunta ai carichi dovuti al moto ondoso. Tali verifiche sono sviluppate con riferimento alle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni di fondazione ed alle caratteristiche strutturali e geometriche delle dighe.

Nelle seguenti figure viene riportata la planimetria di inquadramento della zona in oggetto.

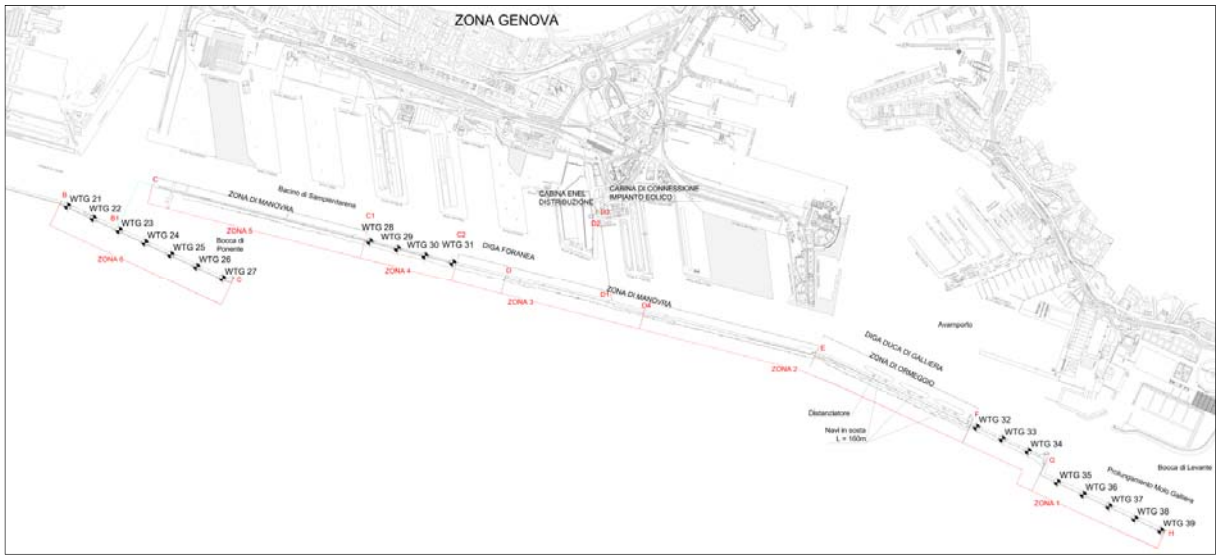


Figura 1: Planimetria di inquadramento – Zona Genova

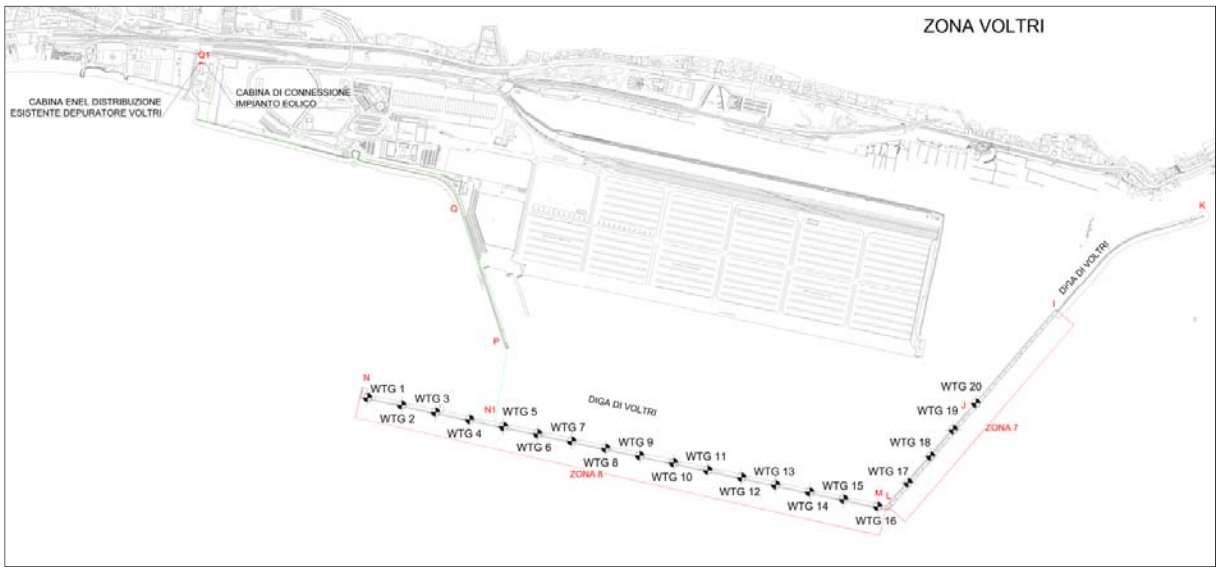


Figura 2: Planimetria di inquadramento – Zona Voltri

Quanto riportato nella presente relazione si basa sulle informazioni all'oggi disponibili ed in accordo a quanto riportato all'interno dello studio di fattibilità. Nelle fasi successive sarà necessario integrare le informazioni disponibili mediante indagini.

2 RIFERIMENTI

La principale normativa presa a riferimento è il D.M.LL.PP. 14.01.2008 di seguito anche richiamato con il nome NTC2008 e relativa Circolare esplicativa "Istruzioni per l'applicazione delle NTC2008" di cui alla G.U. n°47 del 26.02.2009.

Si sono considerati inoltre i seguenti documenti:

- Autorità Portuale di Genova, 2009. Prot. N. 1653 del 28.10.2009.
- Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici, Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR (CSLP), 1996, Istruzioni Tecniche per la Progettazione delle Dighe Marittime.
- Consorzio Fincosit - Girola - Impremoviter, 1971, "Appalto concorso per la costruzione dell'Antemurale del bacino di Voltri. Parte VII. Calcoli Geotecnici", 3 Aprile, Padova.
- D'Appolonia, 2004, "Distretto Industriale e Fieristico del Porto di Genova. Realizzazione nuova Darsena Nautica ed ampliamento Darsena Tecnica. Progetto Definitivo (P. 2406)", Relazione Geologica e Geotecnica, Doc. No. 03-810-H1-rev.2, Febbraio 2004, Genova.
- Enel Green Power, 2010, "Lettera inviata a Spett.le Autorità Portuale Genova Direzione tecnica. Oggetto: Progetto di un impianto di produzione da fonte eolica in ambito portuale Nota di riunione del 7 aprile 2010 presso l'Autorità Portuale di Genova e individuazione di zone con particolari vincolistiche Rif. Vs. Lettera del 28/10/2009 Prot. N. 1653", Area Italia Sviluppo – Sviluppo Mercato Generazione, Catania, 08/04/2010.
- Ing. Mantelli & C, 1971, "Bacino Portuale di Voltri. Appalto concorso per la costruzione dell'antemurale. Relazioni sulle indagini geognostica e geotecnica eseguite sui terreni di fondazione", 26 Marzo, Milano.
- Mestri, G, 1989, "A Re-evalutation of $su_{(mob)}$=0.22 σp Using Laboratory Shear Tests", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 26, No 1, Febbruary.
- Rockscience Inc, 2006, "SLIDE 5.0 Stability analysis for soil and rock slopes", Toronto
- Università degli studi di Genova – Istituto di Idraulica, 1998, "Analisi probabilistica degli stati di mare presso la diga Foranea del Porto di Genova. Azione del moto ondoso su un cassone di diga; raffronto con l'azione trasmessa da una turbina eolica.", Convenzione tra la Regione Liguria, il Dipartimento di Fisica, l'Istituto di Idraulica e il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università degli Studi di Genova relativa alla consulenza per lo studio sulla fattibilità di un insediamento eolico "off-shore" nell'area antistante il Porto di Genova.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 2003, Coastal Engineering Manual (CEM), Pub. Number EM 110-2-1100, Part VI.

3 CONDIZIONI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CALCOLO

Nel presente capitolo si riportano le combinazioni di calcolo delle azioni utilizzate nelle differenti verifiche a partire dalle condizioni di carico.

3.1 Condizioni di carico

Al fine di effettuare le verifiche di stabilità della diga, si sono considerate le condizioni di carico fornite dal fornitore VERGNET (Rif. GEV MP32R – Tower foundation design description: BM-0000-SPM-245 Rev. C).

La tabella seguente riepiloga le condizioni di carico fornite da VERGENT.

Tabella 1: Condizioni di carico fornite dal produttore

Load case	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kN.m	My kN.m	Mz kN.m	Safety factor on loads (γf)
6.1f	-175,0	-41,8	-266,9	1306,2	-2981,9	-4,9	1.35
6.1m	-173,0	2,3	-281,9	-69,9	-2879,9	3,3	1.35
7.1b	-92,0	-11,8	-209,1	433,7	-1601,3	-32,0	1.1
8.2a	-0,85	33	-224,3	1049,9	12,85	113,8	1.1

La figura seguente mostra la convenzione delle sollecitazioni.

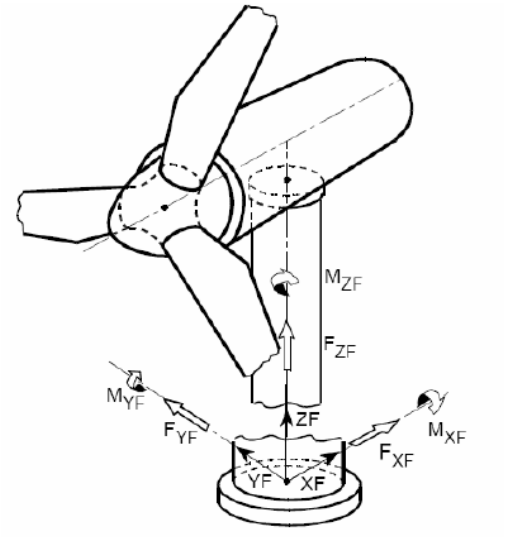


Figura 3: Convenzione condizioni di carico

Si è definito il carico da onda come riportato nel seguente paragrafo.

3.1.1 Carico da onda

A partire dalla definizione del clima ondoso al largo del Golfo di Genova riportata nello studio redatto da Università degli studi di Genova – Istituto di Idraulica, 1998 si sono valutati i carichi dovuti all'azione del moto ondoso sulle dighe in esame.

Le verifiche sono state svolte considerando l'azione dell'onda con periodo di ritorno di 50 anni.

Per quanto riguarda l'altezza d'onda si possono distinguere due zone, la zona antistante il porto di Voltri e la zona di Genova a cui si associano le seguenti caratteristiche del moto ondoso incidente(altezza d'onda significativa e periodo di picco):

- Zona Genova: H_s = 6.11 m
  T_p = 12.42 sec
- Zona Voltri: H_s = 6.41 m
  T_p = 12.42 sec

L'onda di progetto adottata nelle formulazioni per determinare i carichi agenti sulle dighe viene definita rispettando le metodologie adottate e menzionate nel seguito. I valore dell'altezza d'onda viene quindi incrementata di un fattore a favore di sicurezza come descritto sotto:

- Fase di cresta: (come prescritto da Goda, 1974);
- Fase di cavo: (come prescritto da CSLP, 1996).

L'azione del moto ondoso viene determinata in corrispondenza delle sezioni su cui si ipotizza di installare gli aerogeneratori.

- Zona 1: nella zona 1 si hanno due differenti tratti, come mostrato nelle figure seguenti.

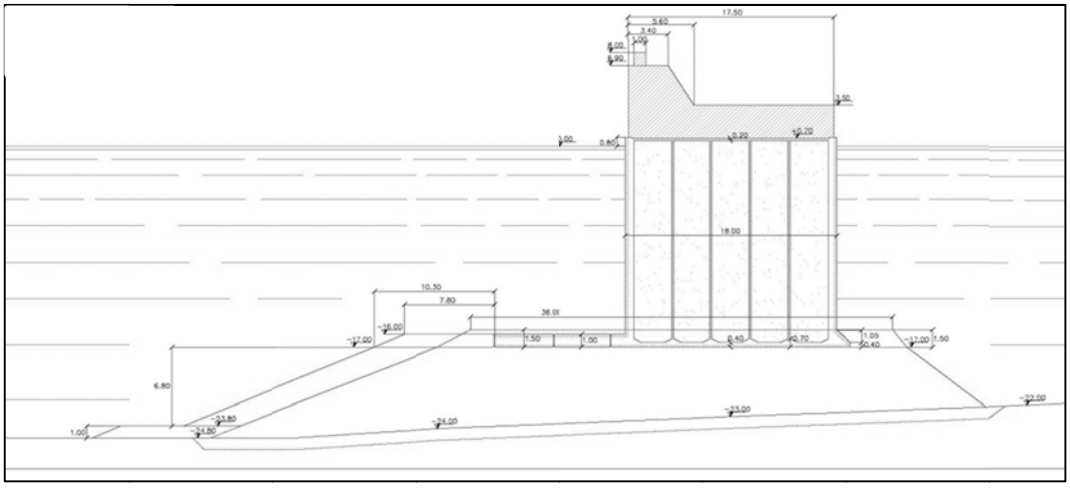


Figura 4: Sezione trasversale tipo tratto G-H

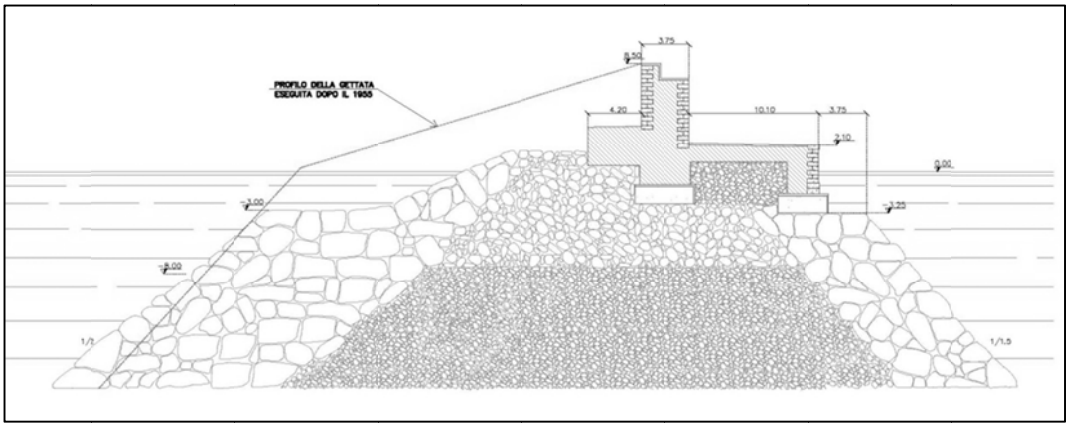


Figura 5: Sezione trasversale tipo tratto F-G

1. Sezione tipo Tratto G-H (Figura 4): l'azione del moto ondoso sulle dighe a parete verticale viene quantificata sia in condizione di cresta d'onda, sia in condizioni di cavo d'onda.

Il modello adottato per quantificare l'azione del moto ondoso su una diga a parete verticale in condizioni di cresta è quello proposto da Goda (1974) come citato in USACE, 2003. Gli sforzi agenti sulla parete risultano:

F_{Hs} = 1753 kN/m
M_{Hs} = 20952 kNm/m
F_U = 605 kN/m
M_U = 8234 kNm/m

Il modello adottato per quantificare l'azione del moto ondoso su una diga a parete verticale in condizioni di cavo è quello proposto in CSLP, 1996. Gli sforzi agenti sulla parete risultano:

F_{Hs} = 1217 kN/m
M_{Hs} = 6625 kNm/m
F_U = 1326 kN/m
M_U = 8483 kNm/m

2. Sezione tipo Tratto F-G (Figura 5): le spinte agenti sul massiccio di coronamento sono calcolate in accordo al metodo di Martin et al. (1999). Si tratta di un metodo semi-empirico per il calcolo dei carichi d'onda sui muri di coronamento dei frangiflutti a gettata, sviluppato a partire da ricerche svolte in precedenza da diversi autori ed integrate mediante prove su modello usando onde monocromatiche. Il metodo fa riferimento ad una configurazione geometrica tipica, con muro paraonde parzialmente protetto dalla mantellata. Le azioni risultanti sono:

F_{Hs} = 348 kN/m
M_{Hs} = 1187 kNm/m
F_U = 677 kN/m
M_U = 7534 kNm/m

- Zona 4:

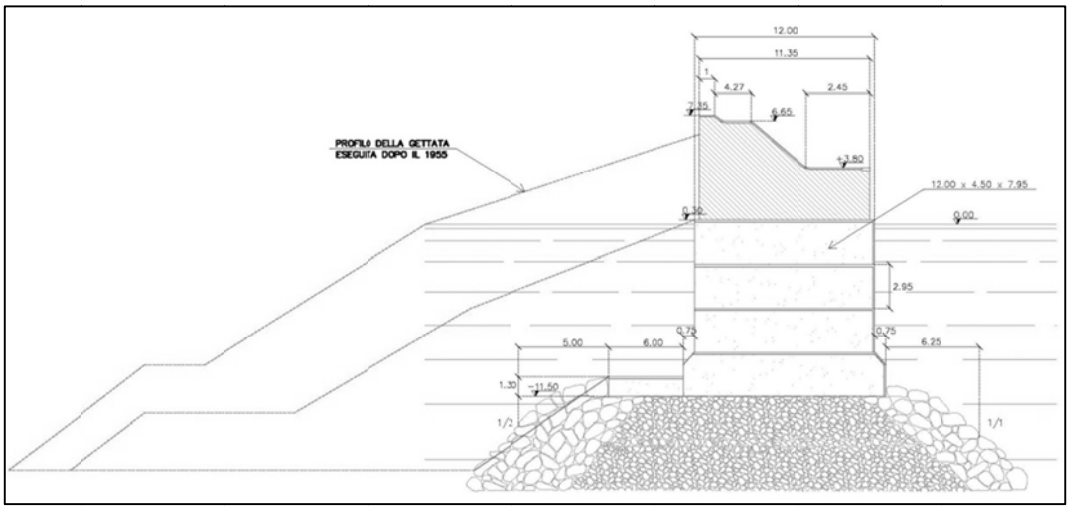


Figura 6: Sezione trasversale tipo tratto C-D

1. Sezione tipo Tratto C-D (Figura 6): l'azione del moto ondoso è quantificata sulla parete verticale protetta da una scogliera in massi a gettata secondo la metodologia proposta da Takahashi, Tanimoto, e Shimosako (1990) come citato in USACE, 2003.

Gli sforzi agenti sulla parete in fase di cresta risultano:

F_{Hs} = 1148 kN/m
M_{Hs} = 10226 kNm/m
F_U = 404 kN/m
M_U = 3634 kNm/m

- Zona 6:

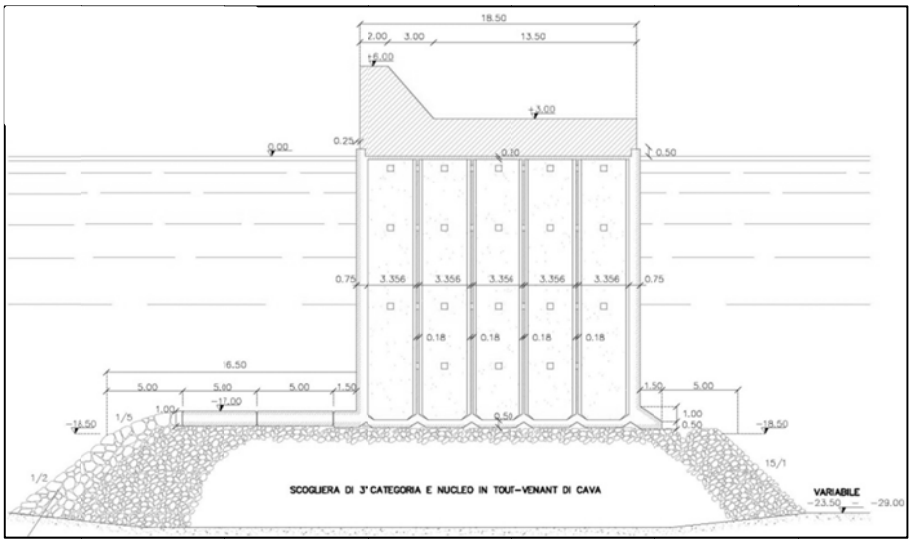


Figura 7: Sezione trasversale tipo tratto B-C

1. Sezione tipo Tratto B-C (Figura 7): l'azione del moto ondoso sulle dighe a parete verticale viene quantificata sia in condizione di cresta d'onda, sia in condizioni di cavo d'onda.

Gli sforzi agenti sulla parete in fase di cresta risultano:

F_{Hs} = 1750 kN/m
M_{Hs} = 21359 kNm/m
F_U = 645 kN/m
M_U = 9464 kNm/m

Gli sforzi agenti sulla parete in fase di cavo risultano:

F_{Hs} = 1318 kN/m
M_{Hs} = 7748 kNm/m
F_U = 1390 kN/m
M_U = 9500 kNm/m

- Zona 7 e Zona 8:

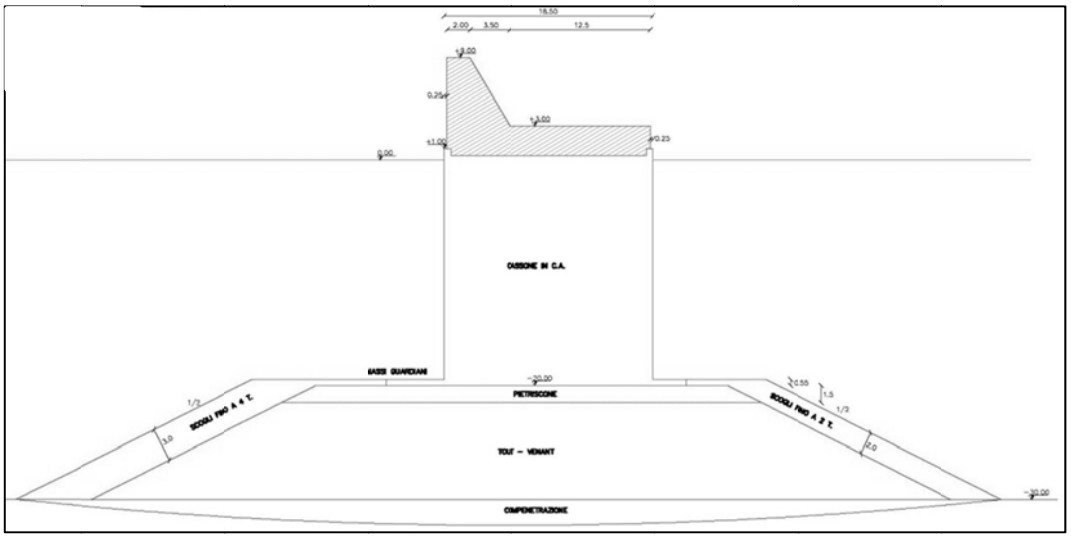


Figura 8: Sezione trasversale tipo tratto I-L

2. Sezione tipo Tratto I-L (Figura 8): l'azione del moto ondoso sulle dighe a parete verticale viene quantificata sia in condizione di cresta d'onda, sia in condizioni di cavo d'onda.

Gli sforzi agenti sulla parete in fase di cresta risultano:

F_{Hs} = 2018 kN/m
M_{Hs} = 28977 kNm/m
F_U = 630 kN/m
M_U = 9452 kNm/m

Gli sforzi agenti sulla parete in fase di cavo risultano:

F_{Hs} = 1585 kN/m
M_{Hs} = 10559 kNm/m
F_U = 1428 kN/m
M_U = 9759 kNm/m

4 Verifiche di stabilità delle dighe

L'obiettivo del presente capitolo è quello di verificare agli stati limite ultimi geotecnici i tratti di opera foranea su cui si prevede vengano installati gli aerogeneratori.

Nello specifico si procede con la verifica dello stato di fatto (ovvero l'opera esistente e le sollecitazioni che gravano attualmente su di essa), e successivamente dello stato di progetto (ovvero l'opera esistente con le sollecitazioni che gravano attualmente su di essa e quelle trasmesse dagli aerogeneratori su di essa installati).

L'obiettivo è quello di determinare se l'incremento dei carichi dovuti alla presenza delle torri eoliche influenza, e in quale misura, la stabilità delle dighe.

Per le verifiche si fa riferimento a quanto disposto nel D.M. 14 Gennaio 2008 (Ministero delle Infrastrutture, 2008). Le verifiche sono sviluppate agli stati limite ultimi, in condizioni statiche e in condizioni sismiche, considerando le opportune combinazioni di carico. Gli stati limite considerati sono:

- Collasso per scorrimento sul piano di posa (scorrimento);
- Collasso per ribaltamento (ribaltamento);
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno (capacità portante);
- Stabilità globale del complesso opera-terreno (stabilità globale).

Per ogni stato limite deve essere rispettata la condizione che il valore dell'azione di progetto (E_d) sia inferiore al valore della resistenza di progetto del sistema geotecnico (R_d).

La determinazione di E_d e di R_d avviene secondo l'applicazione di gruppi di coefficienti parziali rispettivamente ai valori caratteristici delle azioni sollecitanti ed ai parametri geotecnici del sistema terreno/opera. Tali coefficienti sono riportati nel paragrafo 6.2.3 del DM 14 Gennaio 2008, e vengono riassunti nelle seguenti tabelle.

Tabella 2: Coefficienti parziali azioni sollecitanti

Azioni	Effetto	Coefficiente Parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 3: Coefficienti parziali parametri geotecnici

Parametro Geotecnico	Coefficiente Parziale ($\gamma_{M)}$	(M1)	(M2)
tan φ	γ_{ϕ}	1,0	1,25
c	γ_c	1,0	1,25
C_u	γ_{cu}	1,0	1,4
γ	γ_g	1,0	1,0

Nel caso statico le verifiche sono sviluppate in accordo a quanto previsto dal paragrafo 6.5 della normativa per le opere di sostegno. I singoli stati limite devono essere verificati con le seguenti combinazioni:

- Scorrimento:
  - Combinazione 1 (A1+M1+R1);
  - Combinazione 2 (A2+M2+R2).
  - Ribaltamento: deve essere considerato come uno stato limite d'equilibrio utilizzando:
  - EQU+M2.
- Capacità Portante:
  - Combinazione 1 (A1+M1+R1);
  - Combinazione 2 (A2+M2+R2).
- Stabilità globale:
  - Combinazione 2 (A2+M2+R2).

I coefficienti R1 e R2 riportati nelle combinazioni precedenti, sono coefficienti parziali di sicurezza i cui valori sono riportati nella seguente tabella

Tabella 4: Coefficienti parziali di sicurezza

Stato limite	R1	R2
Scorrimento	1.0	1.0
Capacità Portante	1.0	1.0
Stabilità Globale		1.1

Nella verifica dello stato di fatto, l'azione ondosa applicata sul opera non viene ulteriormente amplificata dai coefficienti parziali per azioni sollecitanti previsti da normativa, in quanto come già spiegato nel paragrafo 2.2.3:

- In fase di cresta il valore dell'onda di progetto è determinato amplificando di 1.8 volte l'altezza dell'onda significativa;
- In fase di cavo, il valore dell'onda di progetto è determinato amplificando di 1.67 volte l'altezza dell'onda significativa.

Ne deriva che ai fini delle verifiche dello stato di fatto a scorrimento, le due combinazioni da considerare risultano essere uguali.

Per la verifica del caso sismico viene preso in considerazione quanto prescritto dal paragrafo 7.11.6 della normativa. Le analisi nel caso sismico prendono in considerazione le combinazioni indicate per il caso statico, con la prescrizione che debbano essere posti pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali indicati per il caso statico. Si omettono le verifiche per gli stati limite di scorrimento , ribaltamento e capacità portante, in quanto l'azione sismica incidente non comporta alcun tipo di incremento significativo delle sollecitazioni che gravano sull'opera. Nello sviluppo delle verifiche a stabilità globale viene esclusa la contemporaneità della presenza dell'azione sismica e dell'azione ondosa.

Per le singole verifiche sviluppate sulle sezioni tipologiche dell'opera foranea, sono stati calcolati i coefficienti di sicurezza del sistema opera/terreno e successivamente sono stati raffrontato con i coefficienti parziali riportati nella Tabella 4 si è determinato se l'opera risulta verificata nei confronti dello stato limite.

4.1 Verifiche a scorrimento

Le verifiche a scorrimento sono state sviluppate in modo differente a seconda della tipologia di opera di difesa interessata. Nel caso di diga foranea riconducibile ad un' opera a gettata sono eseguite verifiche a scorrimento del massiccio di coronamento, per le sezioni tipologiche a parete verticale è presa in considerazione la stabilità a scorrimento del cassone sul piano di posa, per la sezione costituita da opera composta è verificato lo scorrimento della pila di massi ciclopici sul piano di fondazione.

Nel seguente tabella (Tabella 5) vengono riassunti i coefficienti di sicurezza delle verifiche condotte sullo stato di fatto nel caso statico nelle seguenti combinazioni di carico:

- Cresta: corrispondente all'azione del moto ondoso sull'opera foranea in condizioni di cresta;
- Cavo: corrispondente all'azione del moto ondoso sull'opera foranea in condizioni di cavo.

Tabella 5: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a scorrimento stato di fatto

	Statico	
ZONA	Cresta	Cavo
1 - Tratto G-H	1.31	2.83
1 - Tratto F-G	1.93	- *
4	1.15	- *
6	1.27	2.61
7-8	1.20	2.31

dove:

*: Condizione non caratteristica.

I coefficienti di sicurezza risultanti dalla verifiche risultano superiori a quelli riportati nella Tabella 4. Ne deriva che lo stato di fatto risulta essere verificato secondo la vigente normativa.

Per le verifiche a scorrimento dello stato di progetto, sempre nel caso statico, vengono sommate alle sollecitazioni legate all'azione del moto ondoso quelle trasmesse dagli aerogeneratori. La verifica viene svolta assumendo i due carichi diretti lungo la stessa direzione, sommando quindi il carico d'onda a quello trasmesso dall'aerogeneratore, condizione possibile nella sola fase di cresta d'onda.

Le azioni trasmesse dagli aerogeneratori alla diga vengono ricondotte al valore riferito a metro lineare di fronte di diga (per effettuare il confronto con l'azione del moto ondoso). Le dimensioni longitudinali assunte sono:

- Zona 1 – Tratto G-H: lunghezza cassone pari a 18 m;
- Zona 1 – Tratto F-G: massiccio di coronamento con giunti ogni 50 m;
- Zona 4 – Tratto C-D: solidarizzazione della sovrastruttura per una lunghezza pari ad almeno 4 pile corrispondente a 18 m;
- Zona 6 – Tratto B-C: lunghezza cassone pari a 19 m;
- Zona 7-8 – Tratto I-L: lunghezza cassone pari a 30 m.

Gli incrementi di carico a metro ottenuti risultano piccoli e non molto significativi se confrontati ai carichi dovuti al moto ondoso. Come osservabile in Tabella 6 le variazioni del coefficiente di sicurezza rispetto allo stato attuale risultano tali da garantire gli adeguati coefficienti di sicurezza.

Tabella 6: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a scorrimento stato di progetto

ZONA	Statico - Cresta
1 - Tratto G-H	1.15
1 - Tratto F-G	1.99
4	1.19
6	1.12
7-8	1.06

Per i dettagli dei calcoli si rimanda all'Appendice A

4.2 Verifiche a ribaltamento

Le verifiche dello stato limite a ribaltamento sono condotte considerando uno stato limite di equilibrio (EQU), analizzando il rapporto tra i momenti sollecitanti e quelli ribaltanti rispetto ad un punto di rotazione.

Definito un punto di rotazione (o), ubicato al piede dell'opera foranea, viene analizzato l'equilibrio alla rotazione, determinando i momenti ribaltanti e stabilizzanti associati ai sistemi di forze che agiscono sull'opera.

I momenti ribaltanti (M_r) sono associati al valore di progetto della risultante (S) delle pressioni (p_1, p_2 p_3), generate dall'azione ondosa sulla parete dell'opera foranea, mentre

quelli stabilizzanti (M_s) sono dovuti al valore di progetto della risultante (R) dei pesi delle parti d'opera della diga foranea.

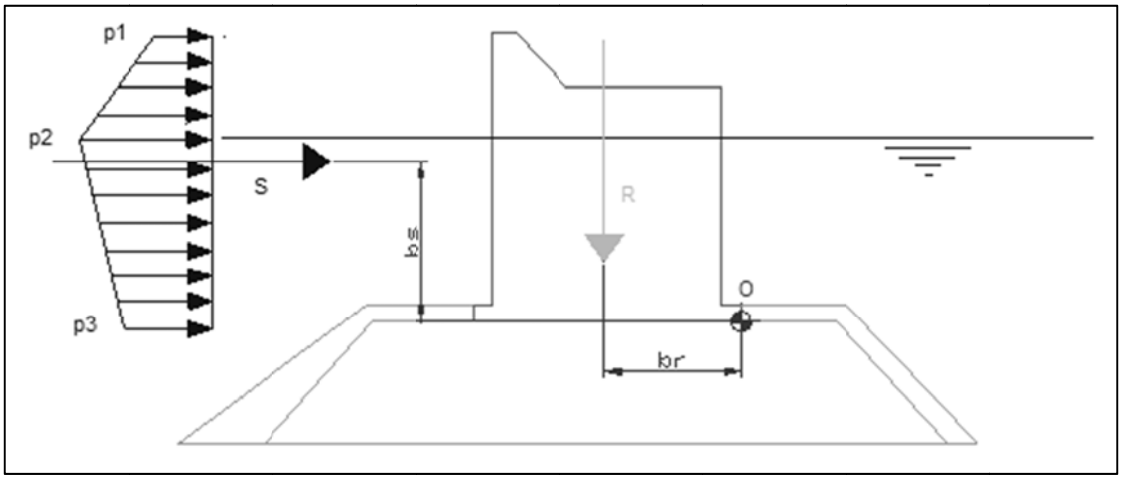


Figura 9: Verifica a ribaltamento, sistema di forze agenti, stato di fatto, fase di cresta

La verifica del ribaltamento impone che sia soddisfatta tale condizione:

$$\frac{Ms}{Mr} \geq \gamma_R$$

Con riferimento alla Figura 9, per lo stato di fatto, si ha la seguente espressione:

$$\frac{R \cdot br}{S \cdot bs} \geq \gamma_R$$

Le combinazioni di carico in condizioni statiche, sia per lo stato di fatto che per quello di progetto, sono sviluppare applicando i coefficienti parziali riportati in Tabella 2 ai valori caratteristici delle azioni sollecitanti e di quelle resistenti.

Il coefficiente γ_R risulta pari a 1, ne deriva che la verifica risulta soddisfatta se il rapporto tra momenti stabilizzanti e momenti ribaltanti è maggiore di 1.

I dettagli dei calcoli sono riportati all'interno dell'Appendice A.

Nella Tabella 7 sono riportati i coefficienti di sicurezza relativi alle verifiche condotte per lo stato di fatto, mentre nella Tabella 8 quelli per lo stato di progetto.

Tabella 7: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a ribaltamento stato di fatto

	Statico	
ZONA	Cresta	Cavo
1 - Tratto G-H	1.50	7.42
1 - Tratto F-G	1.86	- *
4	1.20	- *

6	1.46	6.66
7-8	1.34	5.09

dove:

*: Condizione non caratteristica.

Tabella 8: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a ribaltamento stato di progetto

ZONA	Statico - Cresta
1 - Tratto G-H	1.39
1 - Tratto F-G	1.75
4	1.18
6	1.34
7-8	1.24

4.3 Verifiche a capacità portante

La verifica allo stato limite ultimo di capacità portante, raffronta la pressione limite dei terreni di fondazione con le pressioni esercitate dall'opera sul piano di fondazione. Le analisi sono sviluppate con il seguente criterio:

- Per le opere a parete verticale, sull'interfaccia cassone/rilevato d'imbasamento (1) e sull'interfaccia rilevato d'imbasamento/terreno di fondazione (2);
- Nel caso di opere composte, sul piano di posa massi ciclopici/rilevato di imbasamento e sul piano di fondazione rilevato d' imbasamento/ terreno di fondazione.

Per le opere a gettata le verifiche a capacità portante sono state omesse.

La combinazione di carico considerata per la verifica dello stato di fatto, in condizioni statiche, è la sola condizione di cresta, che corrisponde alla condizione più gravosa a cui soggetta l'opera.

Tabella 9: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a capacità portante stato di fatto

ZONA	Piano	Cresta	
		A1+M1+R1	A2+M2+R2
1 - Tratto G-H	A(1)	9.69	7.25
	B(2)	7.47	3.67
4	C(3)	1.52	2.00
	D(4)	13.67	6.45
6	A	9.68	7.26
	B	22.01	9.13
7-8	A	5.91	4.49
	B	35.54	14.69

Note:

(1): interfaccia cassone/rilevato d'imbasamento;

(2): interfaccia rilevato d'imbasamento/terreno di fondazione

(3): piano di posa massi ciclopici/rilevato di imbasamento

(4): piano di fondazione rilevato d' imbasamento/ terrendo di fondazione

Per la verifica dello stato di progetto, in condizioni statiche, alle sollecitazioni legate alle combinazioni di carico individuate per lo stato di fatto, vengono sommate le sollecitazioni trasmesse dagli aerogeneratori come già precedentemente descritto.

Tabella 10: Coefficiente di sicurezza per le verifiche a capacità portante stato di progetto

ZONA	Piano	Cresta	
		A1+M1+R1	A2+M2+R2
1 - Tratto G-H	A	5.63	4.23
	B	7.54	3.70
4	C	1.77	1.59
	D	13.99	6.06
6	A	7.81	5.88
	B	21.65	8.98
7-8	A	4.37	3.33
	B	35.92	14.84

La verifica risulta soddisfatta sia nello stato di fatto sia considerando l'installazione degli aerogeneratori.

4.4 Verifiche di stabilità globale

La verifica di stabilità globale del complesso opera/terreno di fondazione è sviluppata agli stati limite ultimi di salvaguardia con il metodo a conci di Bishop semplificato, considerando superfici di instabilità globale circolari.

Nel caso sismico l'analisi è stata implementata con metodo pseudo statico, definendo l'azione sismica con una componente verticale e orizzontale, attraverso l'utilizzo di coefficienti sismici orizzontali (k_h) e verticali (k_v).

Tali coefficienti sono determinati attraverso le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta \cdot \frac{a_{max}}{g};$$
$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h.$$

dove βs è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima al sito posto pari a 0.20. Ne deriva che k_h può essere assunto pari a 0.0253, mente k_v è assunto pari a 0.0126.

Per lo sviluppo delle verifiche è stato utilizzato il codice di calcolo è SLIDE 5.0 prodotto da Rockscience Inc (Rockscience Inc, 2006).

Nello stato di fatto le condizioni di carico prese in considerazione sono riportate nella Tabella 11.

Tabella 11: Condizioni di carico per le verifiche di stabilità globale stato di fatto

Caso	Combinazione	Descrizione	Lato opera verificato
Statico	Cresta	Condizioni di cresta d'onda	Lato terra
	Cavo	Condizioni di cavo d'onda	Lato mare
Sismico	1.1	Accelerazione verticale verso il basso, accelerazione orizzontale verso terra	Lato terra
	1.2	Accelerazione verticale verso il basso, accelerazione orizzontale verso mare	Lato mare
	2.1	Accelerazione verticale verso l'alto, accelerazione orizzontale verso terra	Lato terra
	2.2	Accelerazione verticale verso l'alto, accelerazione orizzontale verso mare	Lato mare

Nell'Appendice B sono riportati gli elaborati relativi alle verifiche condotte sullo stato di fatto, mentre la seguente tabella riassume i valori dei coefficienti di sicurezza minimi emersi dalle verifiche.

Tabella 12: Coefficienti di sicurezza per le verifiche di stabilità globale stato di fatto

	Statico		Sismico			
ZONA	Cresta	Cavo	1.1	1.2	2.1	2.2
1 - Tratto G-H	1.53	1.29	1.92	1.57	1.90	1.56
1 - Tratto F-G	1.28	1.13	1.10	1.21	1.10	1.21
4	1.14	1.41	1.21	1.57	1.20	1.55
6	2.39	1.68	3.41	2.53	3.40	2.53
7-8	1.39	1.37	1.10	1.13	1.14	1.17

Come si può osservare i coefficienti di sicurezza risultano superiori al coefficiente minimo imposto da normativa, pari a 1.1. Ne deriva che lo stato di fatto è verificato nei confronti della stabilità globale ai sensi della vigente normativa.

Per lo stato di progetto, sono analizzate le combinazioni di carico riportate nella Tabella 13, dove alle sollecitazioni che nello stato attuale incidono sull'opera sono prese in considerazione anche quelle trasmesse dagli aerogeneratori.

Tabella 13: Condizioni di carico per le verifiche di stabilità globale stato di progetto

Caso	Combinazione	Descrizione	Lato opera verificato
Statico	Cresta	Condizioni di cresta d'onda + carico aerogeneratore	Lato terra
	Cavo	Condizioni di cavo d'onda + carico aerogeneratore	Lato mare
Sismico	1.1	Accelerazione verticale verso il basso, accelerazione orizzontale verso terra + carico aerogeneratore	Lato terra
	1.2	Accelerazione verticale verso il basso, accelerazione orizzontale verso mare + carico aerogeneratore	Lato mare
	2.1	Accelerazione verticale verso l'alto, accelerazione orizzontale verso terra + carico aerogeneratore	Lato terra
	2.2	Accelerazione verticale verso l'alto, accelerazione orizzontale verso mare + carico aerogeneratore	Lato mare

Nella Tabella 14 sono riportati i coefficienti di sicurezza relative alle verifiche di stabilità globale per lo stato di progetto.

Tabella 14: Coefficienti di sicurezza per le verifiche di stabilità globale stato di progetto

	Statico		Sismico			
ZONA	Cresta	Cavo	1.1	1.2	2.1	2.2
1 - Tratto G-H	1.53	1.29	1.92	1.58	1.90	1.57
1 - Tratto F-G	1.28	1.13	1.10	1.21	1.10	1.21
4	1.14	1.40	1.21	1.57	1.20	1.55
6	2.39	1.67	3.32	2.53	3.31	2.53
7-8	1.39	1.37	1.12	1.12	1.16	1.16

Confrontando i coefficienti di sicurezza con il minimo imposto da normativa, pari a 1.1 si evince che le verifiche sono soddisfatte secondo la normativa vigente.

Dal raffronto tra i valori dei coefficienti di sicurezza riportati nella Tabella 12 e nella Tabella 14 si può osservare che le differenze sono trascurabili, se ne deduce che le sollecitazioni trasmesse dagli aerogeneratori risultano influenti ai fini delle stabilità dell'opera.

5 CONCLUSIONI

A seguito delle analisi effettuate risulta che l'installazione di aerogeneratori lungo i tratti delle dighe foranee di Genova risulta fattibile dal punto di vista tecnico.

Le verifiche geotecniche garantiscono i coefficiente di sicurezza imposti dalla normativa vigente (Ministero delle Infrastrutture, 2008). L'incremento dei carichi dovuto all'installazione degli aerogeneratori risulta limitato se confrontato ai carichi dovuti al moto ondoso.

APPENDICE A

ZONA 1 – TRATTO G-H
STATO DI FATTO

		Cresta	Cavo	
Spinte sul cassone				
Onda				
TR	anni	**50**	**50**	periodo di ritorno
Hs	m	**6.1**	**6.1**	altezza d'onda significativa
$H_D = H_{max} = H_{1/250} = 1.8\ H_S$	m	11.0		altezza d'onda di progetto per fase di cresta
$H_D = H_{1/100} = 1.67\ H_S$	m		10.2	altezza d'onda di progetto per fase di cavo
T_p	s	**12.42**	**12.42**	periodo di picco
$T_m = 0.8\ T_p$	s	9.9	9.9	periodo medio
$T_s = 1.1\ T_m$	s	10.9	10.9	periodo significativo
L (T_s)	m	147	147	calcolo di L in profondità finita (iterativo)
L (T_s)	m	147	147	
h_s	m	**25.0**	**25.0**	profondità acqua alla diga
Diga				
d	m	**16**	**16**	fronte libero parete sotto lmm
h'	m	**17**	**17**	h tot fronte parete
h_c	m	**6.9**	**6.9**	altezza max diga sopra lmm
B	m	20.40	20.4	larghezza base cassone
h_w	m	23.9	23.9	altezza tot parete verticale
h_b	m	**25.0**	**25.0**	profondità acqua a distanza $5H_s$ dalla diga
Pressioni - Fase di cresta				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3	**10.0**		
β	°	**0.0**		
H_D/h_s	-	0.4		
$\lambda 1$	-	1.0		
$\lambda 2$	-	1.0		
$\lambda 3$	-	1.0		
$\alpha 1$	-	0.73		
$\alpha 2$	-	0.06		
$\alpha 3$	-	0.74		
η^*	m	16.5		
h^*_c	m	6.9		
p_1	kPa	86.6		
p_2	kPa	50.4		
p_3	kPa	64.0		
p_u	kPa	59.4		
Pressioni - Fase di cavo				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3		**10.0**	
$k = 2\pi / L$	m^{-1}		0.043	
$m = a_m$	m		1.20	
b	m		19.20	
$\eta' = H + (\pi H^2 / (L \tanh(kd)))$	m		6.5	
$p_1 = \gamma_w\ \eta'$	kPa		64.6	
$p_3 = \gamma_w\ (H / \cosh(kd))\ ((h' - \eta') / (d - \eta')) - p1\ ((h' - d) / (d - \eta') - 1))$	kPa		146.7	
$p_u = p_3\ b / (b + m)$	kPa		138.1	
Carichi d'onda				
F_{Hs}	kN/m	1753	1217	
M_{Hs}	kNm/m	20952	6625	
F_U	kN/m	605	1326	
M_U	kNm/m	8234	8483	

Sezione non tracimabile		Cresta	Cavo	
Carichi d'onda				
F_{Hs}	kN/m	1753	1217	
M_{Hs}	kNm/m	20952	6625	
F_U	kN/m	605	1326	
M_U	kNm/m	8234	8483	
Sovrastruttura				
w_S	kN/m	1635	1635	
M_S	kNm/m	20358	17737	
Cassone				
B_c	m	20.40	20.40	larghezza base cassone
w'_c	kN/m	2787	2787	
M_c	kNm/m	28424	28424	
Scorrimento	1			
$R_O = F_{HS}$	kN/m	1753	1217	
$R_V = w_S + w'_c - F_U$	kN/m	3816		
$R_V = w_S + w'_c + F_U$	kN/m		5747	
μ	-	**0.6**	**0.6**	coefficiente di attrito sul piano di appoggio
$FS_S = \mu R_V / R_O$	-	**1.31**	**2.83**	
Ribaltamento (EQU + M2)	1			
$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_c\gamma_R$	kNm/m	43904		
$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_c\gamma_R + M_U\gamma_R$	kNm/m		49180	
$M_{rib} = M_{Hs} + M_U$	kNm/m	29185		
$M_{rib} = M_{Hs}$	kNm/m		6625	
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$	-	**1.50**	**7.42**	

Sezione

Verifica di Capacità portante

		Approccio 1.1 A1 - M1 - R1	**Approccio 1.2 A2 - M2 - R2**
M_{stab}	kNm/m	**43904**	**43904**
M_{rib}	kNm/m	**29185**	**29185**
Mtot	kNm/m	14719	14719
R	kN/m	**3816**	**3816**
u	m	3.9	3.9
B	m	**20.40**	**20.40**
e	m	6.3	6.3
qmax	kN/m^2	659.7	659.7
qmin	kN/m^2	0.0	0.0
qmedia	kN/m^2	329.8	329.8
B*=B-2e	m	7.7	7.7
L	m	**18.00**	**18.00**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.18	1.14
s'_c	-	1.36	1.28
$s_\gamma = s_q$	-	1.48	1.37
s_c	-	1.95	1.74
q'_{lim}	kN/m^2	3196.2	2392.6
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	3196	2393
q_{lim}	kN/m^2	10575	7602
$q_{lim,d}$	kN/m^2	10575	7602
		1	1
FS1	**-**	**9.69**	**7.25**
FS2	**-**	**6.44**	**4.82**
FS3	**-**	**16.03**	**11.52**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**5.00**	**5.00**
B	m	17.71	17.71
l	m	5.00	5.00
γ	kN/m^3	**21.00**	**21.00**
P	kNm/m	699.25	699.25
qmedia	kN/m^2	183	183
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**28**	**28**
ϕ' prog	°	28.0	23.0
ϕ' prog	rad	0.49	0.40
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	16.72	8.25
N_c	-	25.80	18.10
N_q	-	14.72	8.70
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.03	1.02
s'_c	-	1.05	1.04
$s_\gamma = s_q$	-	1.27	1.37
s_c	-	1.05	1.04
q'_{lim}	kN/m^2	1368.2	672.3
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	1368	672
q_{lim}	kN/m^2	1696	900
$q_{lim,d}$	kN/m^2	1696	900
		1	1
FS1	**-**	**7.47**	**3.67**
FS3	**-**	**9.26**	**4.92**

ZONA 1 – TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO

			Cresta (EQU + M2)	Cresta (A1 + M1)	Cresta (A2 + M2)	
Carichi d'onda						
F_{Hs}		kN/m	1753	1753	1753	
M_{Hs}		kNm/m	20952	20952	20952	
F_U		kN/m	605	605	605	
M_U		kNm/m	8234	8234	8234	
Sovrastruttura						
$w_S\ \gamma_R$		kN/m	1472	1472	1472	
$M_S\ \gamma_R$		kNm/m	18322	18322	18322	
Cassone						
B_c		m	20.40	20.40	20.40	larghezza base cassone
$w'_c\ \gamma_R$		kN/m	2508	2508	2508	
$M_c\ \gamma_R$		kNm/m	23024	23024	23024	
Sovraccarico eolico						
$F_z\ \gamma_R$		kN/m	13	15	15	
$F_x\ \gamma_Q$		kN/m	15	15	13	
$M_y\ \gamma_Q$		kNm/m	550	550	477	
Scorrimento	1					
$R_O = F_{HS} + F_x$		kN/m		1767	1766	
$R_V = w_S + w'_c - F_U + F_z$		kN/m		3389	3389	
μ		-		**0.6**	**0.6**	coefficiente di attrito sul piano di appoggio
$FS_S = \mu\ R_V\ / R_O$		-		**1.15**	**1.15**	
Ribaltamento	1					
$M_{stab} = M_S + M_c$		kNm/m	41346			
$M_{rib} = M_{Hs} + M_U + M_y$		kNm/m	29736			
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$		-	**1.39**			

Sezione

Verifica di Capacità portante

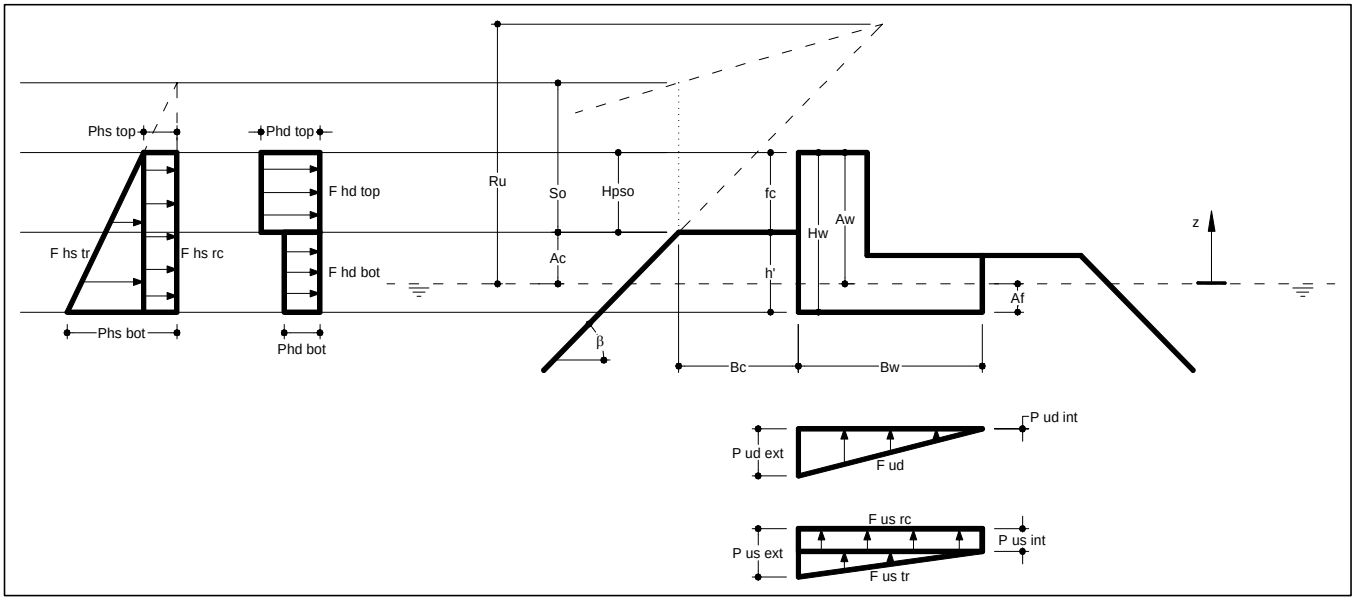
		Approccio 1.1 A1 - M1 - R1	Approccio 1.2 A2 - M2 - R2
M_{stab}	kNm/m	**41346**	**41346**
M_{rib}	kNm/m	**29736**	**29736**
Mtot	kNm/m	11610	11610
R	kN/m	**3389**	**3389**
u	m	3.4	3.4
B	m	**20.40**	**20.40**
e	m	6.8	6.8
qmax	kN/m^2	659.5	659.5
qmin	kN/m^2	0.0	0.0
qmedia	kN/m^2	329.7	329.7
B*=B-2e	m	6.9	6.9
L	m	**18.00**	**18.00**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.16	1.12
s'_c	-	1.32	1.25
$s_\gamma = s_q$	-	1.48	1.37
s_c	-	1.95	1.74
q'_{lim}	kN/m^2	2790.7	2096.2
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	2791	2096
q_{lim}	kN/m^2	10575	7602
$q_{lim,d}$	kN/m^2	10575	7602
		1	1
FS1	**-**	**8.46**	**6.36**
FS2	**-**	**5.63**	**4.23**
FS3	**-**	**16.04**	**11.53**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**5.00**	**5.00**
B	m	16.85	16.85
l	m	5.00	5.00
γ	kN/m^3	**21.00**	**21.00**
P	kNm/m	651.85	651.85
qmedia	kN/m^2	173	173
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**28**	**28**
ϕ' prog	°	28.0	23.0
ϕ' prog	rad	0.49	0.40
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	16.72	8.25
N_c	-	25.80	18.10
N_q	-	14.72	8.70
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.03	1.02
s'_c	-	1.05	1.04
$s_\gamma = s_q$	-	1.26	1.37
s_c	-	1.05	1.04
q'_{lim}	kN/m^2	1301.9	639.7
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	1302	640
q_{lim}	kN/m^2	1596	857
$q_{lim,d}$	kN/m^2	1596	857
		1	1
FS1	**-**	**7.54**	**3.70**
FS3	**-**	**9.24**	**4.96**

ZONA 1 – TRATTO F-G
STATO DI FATTO

Azioni onda su coronamento

Onda			
Direzione	-	Trunk	
$H_{S\ loc}$	m	6.1	altezza d'onda significativa sull'opera
T_p	s	12.5	periodo di picco
$H_D = H_{2/100} = 1.40\ H_S$	m	8.6	altezza d'onda di progetto
h_s	m	17.0	profondità acqua alla diga
$L\ (T_p)$	m	**149**	L in profondità finita
$L\ (T_p)$	m	149	
Diga - Muro Paraonde			
cot β	-	3.00	pendenza mantellata
B_c	m	0.00	larghezza cresta mantellata
A_c	m	8.50	quota cresta mantellata
R_c	m	8.50	quota cresta muro di coronamento
H_w	m	11.00	altezza totale muro di coronamento
f_c	m	0.00	altezza libera muro di coronamento
h'	m	11.00	altezza protetta muro di coronamento
A_f	m	-2.50	quota base muro di coronamento
B_w	m	18.20	larghezza base muro di coronamento
Mantellata			
$L_{e\ armor}$	m	**1.80**	dimensione equivalente dell'elemento di mantellata



Pressioni - H ***Martin et al., 1999***

$R_{u\,D}$	m	6.7	Run up di progetto
C_f	-	**1.00**	
$\alpha = 2C_f\,(R_u / H_D \cos\beta)^2$	-	1.10	
γ_w	kN/m^3	**10.3**	
$S_0 = H_D\,(1 - A_c / R_u)$	m	-2.32	Spessore lama d'acqua all'estremità della scarpata
H_{Ps0}	m	-2.32	
$P_{hd\,top} = P_{S0} = \alpha\,\gamma\,S_0$	kPa	26.3	
$\lambda = 0.8\,e^{-10.9\,Bc\,/\,L}$	-	0.80	
$P_{hd\,bot} = \lambda\,P_{S0}$	kPa	21.0	
H_D / L	-	0.057	
B_c / L_e	-	0.00	
a	-	**0.446**	
b	-	**0.068**	
c	-	**259.0**	
$\mu = a\,e^{\,c\,(H\,/\,L\,-\,b)\text{^}2}$	-	0.46	
$P_{hs\,top} = \mu\,\gamma\,(S_0 - H_{Ps0})$	kPa	0.0	
$P_{hs\,bot} = \mu\,\gamma\,(S_0 + A_c - A_f)$	kPa	41.0	

Pressioni - U

$P_{Ud\,ext} = \lambda\,P_{S0}$	kPa	21.0	
$P_{Ud\,int}$	kPa	**0.0**	
$P_{Us\,ext} = P_{sbot}$	kPa	41.0	
B_w / L	-	0.122	
$\delta = f\,(B_c / L)$	-	**0.30**	
$P_{Us\,int} = \delta\,P_{Us\,ext}$	kPa	12.3	

Risultanti

F_h	kN/m	348
M_{Fh}	kNm/m	1,187
F_U	kN/m	677
M_{Fu}	kNm/m	7534

Azioni Mantellata su coronamento in condizioni di cresta

Struttura

A_c	m	8.5	quota cresta mantellata
R_c	m	8.5	quota cresta muro di coronamento
H_w	m	11.0	altezza totale muro di coronamento
B_w	m	14.0	larghezza base muro di coronamento
H'_w	m	11.0	altezza protetta muro di coronamento
H_f	m	0.0	altezza sperone di fondazione

Coeff. di spinta attiva

ξ	°	**90**	inclinazione paramento a monte
β	°	**0**	inclinazione terreno a monte
δ	°	**27**	angolo di attrito muro-terreno

Spinta attiva mantellata

z_{top}	z_{bot}	falda	H_i	γ_{sat}	ϕ	γ'	$\sigma_{v\,top}$	$\sigma_{v\,bot}$	θ	k_a	F	M
m	m	x=si	m	kN/m^3	deg	kN/m^3	kPa	kPa	deg	-	kN/m	kN/m m
8.5	-2.5	**x**	11.0	**19.5**	**40**	9.5	0.0	104.5	0.0	0.20	114.9	421.4
			0.0	**0**	**0**	0	104.5	104.5	0.0	1.12	0.0	0.0
			0.0	**0**	**0**	0	104.5	104.5	0.0	1.12	0.0	0.0
											114.9	421.4

Risultanti

F_{ah}	kN/m	102
F_{av}	kN/m	52
M_{Fah}	kN/m m	375
M_{Fav}	kN/m m	730

Verifiche di stabilità del coronamento

Carichi d'onda sul muro paraonde

Direzione	-	Trunk	
F_h	kN/m	348	
M_{Fh}	kNm/m	1,187	
F_U	kN/m	677	
M_{Fu}	kNm/m	7534	

Muro di Coronamento

w_S	kN/m	2,075	
M_S	kNm/m	16,197	

Mantellata scogliera

F_{ah}	kN/m	102	spinta attiva
F_{av}	kN/m	52	
M_{Fah}	kNm/m	375	
M_{Fav}	kNm/m	730	

Scorrimento 1

$R_V = w_S + F_{av} - F_U$	kN/m	1,450	
$R_O = F_h + F_{ah}$	kN/m	451	
μ	-	**0.6**	coefficiente di attrito sovrastruttura / scogliera
η	°	0.00	inclinazione piano di posa equivalente
$FS_S = \mu (R_V \cos\eta + R_O \sin\eta) / (R_O \cos\eta - R_V \sin\eta)$	-	**1.93**	

Ribaltamento (EQU + M2) 1

$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_{Fav}\gamma_R$	kNm/m	16,927	
$M_{rib} = M_{Fh} + M_{Fah} + M_{Fu}$	kNm/m	9,096	
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$	-	**1.86**	

ZONA 1 – TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO

Verifiche di stabilità del coronamento

			(EQU + M2)	(A1 + M1)	(A2 + M2)	
Carichi d'onda sul muro paraonde						
Direzione		-				
F_h		kN/m	348	348	348	
M_{Fh}		kNm/m	1,187	1,187	1,187	
F_U		kN/m	677	677	677	
M_{Fu}		kNm/m	7534	7534	7534	
Muro di Coronamento						
$w_S\ \gamma_R$		kN/m	2,013	2,236	2,236	
$M_S\ \gamma_R$		kNm/m	15,591	17,324	17,324	
Mantellata scogliera						
$F_{ah}\ \gamma_R$		kN/m	113	133	102	spinta attiva
$F_{av}\ \gamma_R$		kN/m	47	52	52	
$M_{Fah}\ \gamma_R$		kNm/m	413	488	375	
$M_{Fav}\ \gamma_R$		kNm/m	657	730	730	
Sovraccarico eolico						
$F_z\ \gamma_R$		kN/m	5	5	5	
$F_x\ \gamma_Q$		kN/m	5	5	5	
$M_y\ \gamma_Q$		kNm/m	116	116	100	
Scorrimento	**1.4**					
$R_V = w_S + F_{av} - F_U + F_z$		kN/m		1,617	1,617	
$R_O = F_h + F_{ah} + F_x$		kN/m		487	455	
μ		-		**0.6**	**0.6**	coefficiente di attrito sovrastruttura / scogliera
η		°		0.00	0.00	inclinazione piano di posa equivalente
$FS_S = \mu (R_V \cos\eta + R_O \sin\eta) / (R_O \cos\eta - R_V \sin\eta)$		-		**1.99**	**2.13**	
Ribaltamento	**1.5**					
$M_{stab} = M_S + M_{Fav}$		kNm/m	16,249			
$M_{rib} = M_{Fh} + M_{Fah} + M_{FU} + M_y$		kNm/m	9,250			
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$		-	**1.76**			

ZONA 4 – TRATTO C-D
STATO DI FATTO

Sezione non tracimabile
Spinte sul cassone

		Cresta	Cavo	
Onda				
TR	anni	**50**	**50**	periodo di ritorno
Hs	m	**6.1**	**6.1**	altezza d'onda significativa
$H_D = H_{max} = H_{1/250} = 1.8\ H_S$	m	11.0		altezza d'onda di progetto per fase di cresta
$H_D = H_{1/100} = 1.67\ H_S$	m		10.2	altezza d'onda di progetto per fase di cavo
T_p	s	**12.42**	**12.42**	periodo di picco
$T_m = 0.8\ T_p$	s	9.9	9.9	periodo medio
$T_s = 1.1\ T_m$	s	10.9	10.9	periodo significativo
L (T_s)	m	141	141	calcolo di L in profondità finita (iterativo)
L (T_s)	m	141	141	
h_s	m	**20.0**	**20.0**	profondità acqua alla diga
Diga				
d	m	**10.35**	**10.35**	fronte libero parete sotto lmm
h'	m	**11.5**	**11.5**	h tot fronte parete
h_c	m	**7.35**	**7.35**	altezza max diga sopra lmm
B	m	**13.50**	**13.5**	larghezza base cassone
h_w	m	18.85	18.85	altezza tot parete verticale
h_b	m	**22.0**	**22.0**	profondità acqua a distanza $5H_s$ dalla diga
Pressioni - Fase di cresta				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3	**10.0**		
β	°	**0.0**		
H_D/h_s	-	0.5		
$\lambda 1$	-	0.8		
$\lambda 2$	-	0.0		
$\lambda 3$	-	0.8		
$\alpha 1$	-	0.79		
$\alpha 2$	-	0.20		
$\alpha 3$	-	0.83		
η^*	m	13.7		
h^*_c	m	7.4		
p_1	kPa	72.2		
p_2	kPa	33.5		
p_3	kPa	59.8		
p_u	kPa	59.8		
Pressioni - Fase di cavo				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3		**10.0**	
$k = 2\pi / L$	m^{-1}		0.045	
$m = a_m$	m		1.00	
b	m		12.50	
$\eta' = H + (\pi H^2 / (L \tanh(kd)))$	m		4.8	
$p_1 = \gamma_w\ \eta'$	kPa		48.2	
$p_3 = \gamma_w\ (H / \cosh(kd))\ ((h' - \eta') / (d - \eta')) - p1\ ((h' - d) / (d - \eta')) - 1))$	kPa		140.2	
$p_u = p_3\ b / (b + m)$	kPa		129.9	
Carichi d'onda				
$F_{Hs\ 1}$	kN/m	759	116	
$F_{Hs\ 2}$	kN/m	389	775	
$F_{Hs\ 3}$			254	
F_{Hs}	kN/m	1148	637	
$M_{Hs\ 1}$	kNm/m	4502.6	829	
$M_{Hs\ 2}$	kNm/m	4469.5	2144	
$M_{Hs\ 3}$	kNm/m	1254.1	938	
M_{Hs}	kNm/m	10226	2035	
F_U	kN/m	404	812	
M_U	kNm/m	3634	3382	

Diga Sampierdarena

Calcolo Pesi

Geometria banchina								
Largh. Base (senza mens.)	m	**13.50**	Altezza Banchina	m	**6.00**			
Mensola lato Mare	m	**0.00**	Lungh. Elemento	m	**4.50**			
Aggetto coronam.	m	**0.00**	Quota imbasamento	m	**11.50**			
Canaletta/bordo	m	**0.00**	Largh. Masso Intermed.	m	**12.00**			
Struttura								
	Largh.	H	Lungh.	γ		**N**	Braccio	**M**
	m	m	m	KN/m^3		KN	m	KNm
Coronam.	11.35	3.50	4.5	24		4,290.300	5.68	24,347.453
ded. Vuoto	0.00	0.00	4.5	24		0.000	0.00	0.000
Masso Sommitale Em.	12.00	0.30	4.5	24		388.800	6.00	2,332.800
Masso Sommitale Im.	12.00	2.65	4.5	14		2,003.400	6.00	12,020.400
Masso Intermedio	12.00	2.95	4.5	14		2,230.200	6.00	13,381.200
Masso Intermedio	12.00	2.95	4.5	14		2,230.200	6.00	13,381.200
Masso Fondo	13.50	2.95	4.5	14		2,508.975	6.75	16,935.581
Parziale massi						**13,651.875**		**82,398.634**
Terreno sull'ala della banchina								
Terreno	0.00	1.50	3	18		0.000	11.35	0.000
Terreno Imm.	0.00	1.00	3	9		0.000	11.35	0.000
Terreno Imm.	0.00	1.75	3	9		0.000	11.35	0.000
Parziale scogli e riemp.						**0.000**		**0.000**
Az. Stabiliz. (KN) e (KNm) a ml						**3033.750**		**18310.808**

Diga Sampierdarena

Verifica di Stabilità a Gravità

Coefficienti delle azioni (SLU)		EQU	A1	A2	
$\gamma_{G\,PU}$	-	**1.10**	**1.30**	**1.00**	permanente sfavorevole
$\gamma_{G\,PF}$	-	**0.90**	**1.00**	**1.00**	permanente favorevole
$\gamma_{Q\,VU}$	-	**1.50**	**1.50**	**1.30**	variabile sfavorevole
$\gamma_{Q\,VF}$	-	**0.00**	**0.00**	**0.00**	variabile favorevole

		Combinazione EQU - M2	Combinazione A1 - M1	Combinazione A2 - M2	
Peso prorio stuttura					
$N^* = N\,\gamma_{G\,PF}$	kN/m	2730	3034	3034	
$M^* = M\,\gamma_{G\,PF}$	kNm/m	16480	18311	18311	
Spinte scogliera					
$F_{h\,emersa} = F_H\,\gamma_{G\,PU}$	kN/m	37	94	34	
$M_{h\,emersa} = M_H\,\gamma_{G\,PU}$	kNm/m	498	1268	453	
$F_h = F_H\,\gamma_{G\,PU}$	kN/m	162	162	159	
$F_v = F_V\,\gamma_{G\,PF}$	kN/m	62	62	80	
$M_{Fh} = M_{FH}\,\gamma_{G\,PU}$	kNm/m	651	651	641	
$M_{Fv} = M_{FV}\,\gamma_{G\,PF}$	kNm/m	843	843	1079	
Spinta moto ondoso					
$F_{Hs\,1}$	kN/m	759	759	759	
$F_{Hs\,2}$	kN/m	389	389	389	
F_U	kN/m	404	404	404	
$M_{Hs\,1}$	kNm/m	4503	4503	4503	
$M_{Hs\,2}$	kNm/m	4470	4470	4470	
$M_{Hs\,3}$	kNm/m	1254	1254	1254	
M_U	kNm/m	3634	3634	3634	

Verifica a Scorrimento					
$S = F_h + F_{Qh} + F_{Hs1} + F_{Hs2} + F_{h\,emersa}$	kN/m		1403	1341	
$R_V = N^* + F_v + F_{Qv} - F_U$	kN/m		2692	2710	
μ (coefficiente di attrito sul piano di appoggio)	-		**0.6**	**0.6**	
$FS_S = \mu\,R_V\,/\,S$	-		**1.15**	**1.21**	>1.0
Verifica a Ribaltamento					
$M_{stab} = M^* + M_{Fv} + M_{QFv} - M_U$	kNm/m	13689	15520	15756	
$M_{rib} = M_{Fh} + M_{QFh} + M_{Hs\,1} + M_{Hs\,2} + M_{Hs\,3} + M_{h\,emersa}$	kNm/m	11376	12145	11320	
$FS_R = M_{stab}\,/\,M_{rib}$	-	**1.20**	**1.28**	**1.39**	>1.0
Verifica a Schiacciamento (scanno imbasamento)					
M_{stab}	kNm/m		**15520**	**15756**	
M_{rib}	kNm/m		**12145**	**11320**	
Mtot	kNm/m		3375	4435	
R	kN/m		**2692**	**2710**	
u	m		1.3	1.6	
B	m		**13.50**	**13.50**	
e	m		5.5	5.1	
qmax	kN/m^2		1432.0	1103.8	
qmin	kN/m^2		0.0	0.0	
qmedia	kN/m^2		716.0	551.9	
B*=B-2e	m		2.5	3.3	
L	m		**4.50**	**4.50**	
γ	kN/m^3		**19**	**19**	
ϕ' carat	°		**38**	**38**	
ϕ' prog	°		38.0	32.0	
ϕ' prog	rad		0.66	0.56	

q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.23	1.24
s'_c	-	1.47	1.47
$s_\gamma = s_q$	-	1.00	1.00
s_c	-	3.52	2.95
q'_{lim}	kN/m^2	1086.3	1102.1
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	1086	1102
q_{lim}	kN/m^2	4740	3675
$q_{lim,d}$	kN/m^2	4740	3675
		1	1
FS1	**-**	**1.52**	**2.00**
FS2	**-**	**1.01**	**1.33**
FS3	**-**	**3.31**	**3.33**
Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**4.50**	**5.50**
B	m	11.51	12.27
l	m	4.50	4.50
γ	kN/m^3	**21.00**	**22.00**
P	kNm/m	346.84	346.84
qmedia	kN/m^2	186	175
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**35**	**35**
ϕ' prog	°	35.0	29.3
ϕ' prog	rad	0.61	0.51
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	48.03	20.08
N_c	-	46.12	28.42
N_q	-	33.30	16.92
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.02	1.02
s'_c	-	1.05	1.04
$s_\gamma = s_q$	-	1.94	1.79
s_c	-	1.05	1.04
q'_{lim}	kN/m^2	2543.7	1131.5
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	2544	1131
q_{lim}	kN/m^2	4834	1990
$q_{lim,d}$	kN/m^2	4834	1990
		1	1
FS1	**-**	**13.67**	**6.45**
FS3	**-**	**25.97**	**11.34**

ZONA 4 – TRATTO C-D
STATO DI PROGETTO

Diga Sampierdarena

Verifica di Stabilità a Gravità

Coefficienti delle azioni (SLU)		EQU	A1	A2	
$\gamma_{G\,PU}$	-	1.1	1.30	1.00	permanente sfavorevole
$\gamma_{G\,PF}$	-	0.9	1.00	1.00	permanente favorevole
$\gamma_{Q\,VU}$	-	1.5	1.50	1.30	variabile sfavorevole
$\gamma_{Q\,VF}$	-	0.00	0.00	0.00	variabile favorevole

		Combinazione EQU - M2	Combinazione A1 - M1	Combinazione A2 - M2	
Peso prorio stuttura					
$N^* = N\,\gamma_{G\,PF}$	kN/m	2730	3034	3034	
$M^* = M\,\gamma_{G\,PF}$	kNm/m	16480	18311	18311	
Spinte scogliera					
$F_{h\,emersa} = F_H\,\gamma_{G\,PU}$	kN/m	37	44	34	
$M_{h\,emersa} = M_H\,\gamma_{G\,PU}$	kNm/m	498	589	453	
$F_h = F_H\,\gamma_{G\,PU}$	kN/m	159	162	159	
$F_v = F_V\,\gamma_{G\,PF}$	kN/m	80	62	80	
$M_{Fh} = M_{FH}\,\gamma_{G\,PU}$	kNm/m	641	651	641	
$M_{Fv} = M_{FV}\,\gamma_{G\,PF}$	kNm/m	1079	843	1079	
Sovraccarico eolico					
F_z	kN/m	13	15	15	
$F_x\,\gamma_Q$	kN/m	15	13	13	
$M_y\,\gamma_Q$	kNm/m	472	409	409	
Spinta moto ondoso					
$F_{Hs\,1}$	kN/m	759	759	759	
$F_{Hs\,2}$	kN/m	389	389	389	
F_U	kN/m	404	404	404	
$M_{Hs\,1}$	kNm/m	4503	4503	4503	
$M_{Hs\,2}$	kNm/m	4470	4470	4470	
$M_{Hs\,3}$	kNm/m	1254	1254	1254	
M_U	kNm/m	3634	3634	3634	
Verifica a Scorrimento					
$S = F_h + F_{Qh} + F_{Hs1} + F_{Hs2} + F_{h\,emersa} + F_x$	kN/m		1366	1355	
$R_V = N^* + F_v + F_{Qv} - F_U + F_z$	kN/m		2707	2723	
μ (coefficiente di attrito sul piano di appoggio)	-		**0.6**	**0.6**	
$FS_S = \mu\,R_V / S$	-		**1.19**	**1.21**	>1.0
Verifica a Ribaltamento					
$M_{stab} = M^* + M_{Fv} + M_{QFv} - M_U$	kNm/m	13924	15520	15756	
$M_{rib} = M_{Fh} + M_{Hs\,1} + M_{Hs\,2} + M_{Hs\,3} + M_{h\,emersa} + M_y$	kNm/m	11837	11875	11729	
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$	-	**1.18**			>1.0
Verifica a Schiacciamento (scanno imbasamento)					
M_{stab}	kNm/m		**15520**	**15756**	
M_{rib}	kNm/m		**11875**	**11729**	
Mtot	kNm/m		3645	4027	
R	kN/m		**2707**	**2723**	
u	m		1.3	1.5	
B	m		**13.50**	**13.50**	
e	m		5.4	5.3	
qmax	kN/m^2		1340.6	1227.2	
qmin	kN/m^2		0.0	0.0	
qmedia	kN/m^2		670.3	613.6	

B*=B-2e	m	2.7	3.0
L	m	**4.50**	**4.50**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.25	1.21
s'_c	-	1.50	1.43
$s_\gamma = s_q$	-	1.00	1.00
s_c	-	3.52	2.95
q'_{lim}	kN/m^2	1183.2	977.5
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	1183	977
q_{lim}	kN/m^2	4740	3675
$q_{lim,d}$	kN/m^2	4740	3675
		1	1
FS1	**-**	**1.77**	**1.59**
FS2	**-**	**1.17**	**1.06**
FS3	**-**	**3.54**	**2.99**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)

Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**4.50**	**5.50**
B	m	11.69	11.96
l	m	4.50	4.50
γ	kN/m^3	**21.00**	**22.00**
P	kNm/m	356.03	356.03
qmedia	kN/m^2	185	182
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**35**	**35**
ϕ' prog	°	35.0	29.3
ϕ' prog	rad	0.61	0.51
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	48.03	20.08
N_c	-	46.12	28.42
N_q	-	33.30	16.92
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.02	1.02
s'_c	-	1.05	1.04
$s_\gamma = s_q$	-	1.96	1.77
s_c	-	1.05	1.04
q'_{lim}	kN/m^2	2586.1	1101.1
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	2586	1101
q_{lim}	kN/m^2	4950	1916
$q_{lim,d}$	kN/m^2	4950	1916
		1	1
FS1	**-**	**13.99**	**6.06**
FS3	**-**	**26.79**	**10.55**

ZONA 6 – TRATTO B-C
STATO DI FATTO

Spinte sul cassone

		Cresta	Cavo	
Onda				
TR	anni	**50**	**50**	periodo di ritorno
Hs	m	**6.1**	**6.1**	altezza d'onda significativa
$H_D = H_{max} = H_{1/250} = 1.8\ H_S$	m	11.0		altezza d'onda di progetto per fase di cresta
$H_D = H_{1/100} = 1.67\ H_S$	m		10.2	altezza d'onda di progetto per fase di cavo
T_p	s	**12.42**	**12.42**	periodo di picco
$T_m = 0.8\ T_p$	s	9.9	9.9	periodo medio
$T_s = 1.1\ T_m$	s	10.9	10.9	periodo significativo
L (T_s)	m	145	145	calcolo di L in profondità finita (iterativo)
L (T_s)	m	145	145	
h_s	m	**24.0**	**24.0**	profondità acqua alla diga
Diga				
d	m	**17**	**17**	fronte libero parete sotto lmm
h'	m	**18**	**18**	h tot fronte parete
h_c	m	**6**	**6**	altezza max diga sopra lmm
B	m	22.00	22	larghezza base cassone
h_w	m	24	24	altezza tot parete verticale
h_b	m	**24.0**	**24.0**	profondità acqua a distanza $5H_s$ dalla diga
Pressioni - Fase di cresta				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3	**10.0**		
β	°	**0.0**		
H_D/h_s	-	0.5		
$\lambda 1$	-	1.0		
$\lambda 2$	-	1.0		
$\lambda 3$	-	1.0		
$\alpha 1$	-	0.74		
$\alpha 2$	-	0.04		
$\alpha 3$	-	0.72		
η^*	m	16.5		
h^*_c	m	6.0		
p_1	kPa	85.8		
p_2	kPa	54.6		
p_3	kPa	61.9		
p_u	kPa	58.7		
Pressioni - Fase di cavo				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3		**10.0**	
$k = 2\pi / L$	m^{-1}		0.043	
$m = a_m$	m		1.50	
b	m		20.50	
$\eta' = H + (\pi H^2 / (L \tanh(kd)))$	m		6.6	
$p_1 = \gamma_w\ \eta'$	kPa		66.1	
$p_3 = \gamma_w\ (H / \cosh(kd))\ ((h' - \eta') / (d - \eta') - p1\ ((h' - d) / (d - \eta') - 1))$	kPa		145.6	
$p_u = p_3\ b / (b + m)$	kPa		135.6	
Carichi d'onda				
F_{Hs}	kN/m	1750	1318	
M_{Hs}	kNm/m	21359	7748	
F_U	kN/m	645	1390	
M_U	kNm/m	9464	9500	

Sezione non tracimabile		Cresta	Cavo	
Carichi d'onda				
F_{Hs}	kN/m	1750	1318	
M_{Hs}	kNm/m	21359	7748	
F_U	kN/m	645	1390	
M_U	kNm/m	9464	9500	
Sovrastruttura				
w_S	kN/m	1419	1419	
M_S	kNm/m	17717	15623	
Cassone				
B_c	m	22.00	22.00	larghezza base cassone
w'_c	kN/m	2930	2930	
M_c	kNm/m	32234	32234	
Scorrimento	1			
$R_O = F_{HS}$	kN/m	1750	1318	
$R_V = w_S + w'_c - F_U$	kN/m	3704		
$R_V = w_S + w'_c + F_U$	kN/m		5739	
μ	-	**0.6**	**0.6**	coefficiente di attrito sul piano di appoggio
$FS_S = \mu R_V / R_O$	-	**1.27**	**2.61**	
Ribaltamento (EQU + M2)	1			
$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_c\gamma_R$	kNm/m	44956		
$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_c\gamma_R + M_U\gamma_R$	kNm/m		51621	
$M_{rib} = M_{Hs} + M_U$	kNm/m	30823		
$M_{rib} = M_{Hs}$	kNm/m		7748	
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$	-	**1.46**	**6.66**	

Sezione

Verifica di Capacità portante

		Approccio 1.1 A1 - M1 - R1	**Approccio 1.2 A2 - M2 - R2**
M_{stab}	kNm/m	**44956**	**44956**
M_{rib}	kNm/m	**30823**	**30823**
Mtot	kNm/m	14133	14133
R	kN/m	**3704**	**3704**
u	m	3.8	3.8
B	m	**22.00**	**22.00**
e	m	7.2	7.2
qmax	kN/m^2	647.1	647.1
qmin	kN/m^2	0.0	0.0
qmedia	kN/m^2	323.6	323.6
B*=B-2e	m	7.6	7.6
L	m	**19.00**	**19.00**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.17	1.13
s'_c	-	1.34	1.26
$s_\gamma = s_q$	-	1.49	1.38
s_c	-	1.97	1.75
q'_{lim}	kN/m^2	3131.9	2349.0
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	3132	2349
q_{lim}	kN/m^2	11484	8246
$q_{lim,d}$	kN/m^2	11484	8246
		1	1
FS1	**-**	**9.68**	**7.26**
FS2	**-**	**6.44**	**4.83**
FS3	**-**	**17.75**	**12.74**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**5.00**	**5.00**
B	m	17.63	17.63
l	m	5.00	5.00
γ	kN/m^3	**21.00**	**21.00**
P	kNm/m	694.74	694.74
qmedia	kN/m^2	179	179
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**35**	**35**
ϕ' prog	°	35.0	29.3
ϕ' prog	rad	0.61	0.51
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	48.03	20.08
N_c	-	46.12	28.42
N_q	-	33.30	16.92
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.04	1.03
s'_c	-	1.07	1.06
$s_\gamma = s_q$	-	1.34	1.38
s_c	-	1.07	1.06
q'_{lim}	kN/m^2	3948.9	1638.6
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	3949	1639
q_{lim}	kN/m^2	5116	2193
$q_{lim,d}$	kN/m^2	5116	2193
		1	1
FS1	**-**	**22.01**	**9.13**
FS3	**-**	**28.51**	**12.22**

ZONA 6 – TRATTO B-C
STATO DI PROGETTO

			Cresta (EQU + M2)	Cresta (A1 + M1)	Cresta (A2 + M2)
Carichi d'onda					
F_{Hs}		kN/m	1750	1750	1750
M_{Hs}		kNm/m	21359	21359	21359
F_U		kN/m	645	645	645
M_U		kNm/m	9464	9464	9464
Sovrastruttura					
w_S		kN/m	1277	1277	1277
M_S		kNm/m	15945	15945	15945
Cassone					
B_c		m	22.00	22.00	22.00
w'_c		kN/m	2637	2637	2637
M_c		kNm/m	26109	26109	26109
Sovraccarico eolico					
F_z		kN/m	13	14	14
$F_x \gamma_Q$		kN/m	14	14	12
$M_y \gamma_Q$		kNm/m	527	527	457
Scorrimento	1				
$R_O = F_{HS}$		kN/m		1764	1762
$R_V = w_S + w'_c - F_U$		kN/m		3283	3283
μ		-		**0.6**	**0.6**
$FS_S = \mu R_V / R_O$		-		**1.12**	**1.12**
Ribaltamento	1				
$M_{stab} = M_S + M_c$		kNm/m	42055		
$M_{rib} = M_{Hs} + M_U$		kNm/m	31350		
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$		-	**1.34**		

Sezione

Verifica di Capacità portante

		Approccio 1.1 A1 - M1 - R1	Approccio 1.2 A2 - M2 - R2
M_{stab}	kNm/m	**42055**	**42055**
M_{rib}	kNm/m	**31350**	**31350**
Mtot	kNm/m	10705	10705
R	kN/m	**3283**	**3283**
u	m	3.3	3.3
B	m	**22.00**	**22.00**
e	m	7.7	7.7
qmax	kN/m^2	671.2	671.2
qmin	kN/m^2	0.0	0.0
qmedia	kN/m^2	335.6	335.6
B*=B-2e	m	6.5	6.5
L	m	**19.00**	**19.00**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.14	1.11
s'_c	-	1.29	1.22
$s_\gamma = s_q$	-	1.49	1.38
s_c	-	1.97	1.75
q'_{lim}	kN/m^2	2620.2	1973.5
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	2620	1974
q_{lim}	kN/m^2	11484	8246
$q_{lim,d}$	kN/m^2	11484	8246
		1	1
FS1	**-**	**7.81**	**5.88**
FS2	**-**	**5.19**	**3.91**
FS3	**-**	**17.11**	**12.29**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**5.00**	**5.00**
B	m	16.52	16.52
l	m	5.00	5.00
γ	kN/m^3	**21.00**	**21.00**
P	kNm/m	633.69	633.69
qmedia	kN/m^2	171	171
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**35**	**35**
ϕ' prog	°	35.0	29.3
ϕ' prog	rad	0.61	0.51
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	48.03	20.08
N_c	-	46.12	28.42
N_q	-	33.30	16.92
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.04	1.03
s'_c	-	1.07	1.06
$s_\gamma = s_q$	-	1.32	1.38
s_c	-	1.07	1.06
q'_{lim}	kN/m^2	3698.2	1534.7
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	3698	1535
q_{lim}	kN/m^2	4717	2055
$q_{lim,d}$	kN/m^2	4717	2055
		1	1
FS1	**-**	**21.65**	**8.98**
FS3	**-**	**27.61**	**12.03**

ZONA 7 E ZONA 8 – TRATTO I-L
STATO DI FATTO

		Cresta	Cavo	
Spinte sul cassone				
Onda				
TR	anni	**50**	**50**	periodo di ritorno
Hs	m	**6.4**	**6.4**	altezza d'onda significativa
$H_D = H_{max} = H_{1/250} = 1.8\ H_S$	m	11.5		altezza d'onda di progetto per fase di cresta
$H_D = H_{1/100} = 1.67\ H_S$	m		10.7	altezza d'onda di progetto per fase di cavo
T_p	s	**12.42**	**12.42**	periodo di picco
$T_m = 0.8\ T_p$	s	9.9	9.9	periodo medio
$T_s = 1.1\ T_m$	s	10.9	10.9	periodo significativo
L (T_s)	m	156	156	calcolo di L in profondità finita (iterativo)
L (T_s)	m	156	156	
h_s	m	**30.0**	**30.0**	profondità acqua alla diga
Diga				
d	m	**19**	**19**	fronte libero parete sotto lmm
h'	m	**20**	**20**	h tot fronte parete
h_c	m	**9**	**9**	altezza max diga sopra lmm
B	m	22.50	22.5	larghezza base cassone
h_w	m	29	29	altezza tot parete verticale
h_b	m	**30.0**	**30.0**	profondità acqua a distanza $5H_s$ dalla diga
Pressioni - Fase di cresta				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3	**10.0**		
β	°	**0.0**		
H_D/h_s	-	0.4		
$\lambda 1$	-	1.0		
$\lambda 2$	-	1.0		
$\lambda 3$	-	1.0		
$\alpha 1$	-	0.69		
$\alpha 2$	-	0.05		
$\alpha 3$	-	0.70		
η^*	m	17.3		
h^*_c	m	9.0		
p_1	kPa	85.3		
p_2	kPa	41.0		
p_3	kPa	59.6		
p_u	kPa	56.0		
Pressioni - Fase di cavo				
$\gamma_w = \rho_w\ g$	kN/m^3		**10.0**	
$k = 2\pi / L$	m^{-1}		0.040	
$m = a_m$	m		2.00	
b	m		20.50	
$\eta' = H - (\pi H^2 / (L \tanh(kd)))$	m		7.1	
$p_1 = \gamma_w\ \eta'$	kPa		71.2	
$p_3 = \gamma_w\ (H / \cosh(kd))\ ((h' - \eta') / (d - \eta')) - p1\ ((h' - d) / (d - \eta')) - 1))$	kPa		152.9	
$p_u = p_3\ b / (b + m)$	kPa		139.3	
Carichi d'onda				
F_{Hs}	kN/m	2018	1585	
M_{Hs}	kNm/m	28977	10559	
F_U	kN/m	630	1428	
M_U	kNm/m	9452	9759	

Sezione non tracimabile		Cresta	Cavo	
Carichi d'onda				
F_{Hs}	kN/m	2018	1585	
M_{Hs}	kNm/m	28977	10559	
F_U	kN/m	630	1428	
M_U	kNm/m	9452	9759	
Sovrastruttura				
w_S	kN/m	1463	1463	
M_S	kNm/m	21144	13956	
Cassone				
B_c	m	22.50	22.50	larghezza base cassone
w'_c	kN/m	3197	3197	
M_c	kNm/m	35969	35969	
Scorrimento	1			
$R_O = F_{HS}$	kN/m	2018	1585	
$R_V = w_S + w'_c - F_U$	kN/m	4030		
$R_V = w_S + w'_c + F_U$	kN/m		6088	
μ	-	**0.6**	**0.6**	coefficiente di attrito sul piano di appoggio
$FS_S = \mu R_V / R_O$	-	**1.20**	**2.31**	
Ribaltamento (EQU + M2)	1			
$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_c\gamma_R$	kNm/m	51401		
$M_{stab} = M_S\gamma_R + M_c\gamma_R + M_U\gamma_R$	kNm/m		53715	
$M_{rib} = M_{Hs} + M_U$	kNm/m	38429		
$M_{rib} = M_{Hs}$	kNm/m		10559	
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$	-	**1.34**	**5.09**	

Sezione

Verifica di Capacità portante

		Approccio 1.1 A1 - M1 - R1	**Approccio 1.2 A2 - M2 - R2**
M_{stab}	kNm/m	**51401**	**51401**
M_{rib}	kNm/m	**38429**	**38429**
Mtot	kNm/m	12972	12972
R	kN/m	**4030**	**4030**
u	m	3.2	3.2
B	m	**22.50**	**22.50**
e	m	8.0	8.0
qmax	kN/m^2	834.5	834.5
qmin	kN/m^2	0.0	0.0
qmedia	kN/m^2	417.2	417.2
B*=B-2e	m	6.4	6.4
L	m	**30.10**	**30.10**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.09	1.07
s'_c	-	1.18	1.14
$s_\gamma = s_q$	-	1.31	1.24
s_c	-	1.63	1.49
q'_{lim}	kN/m^2	2463.9	1874.6
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	2464	1875
q_{lim}	kN/m^2	10382	7615
$q_{lim,d}$	kN/m^2	10382	7615
		1	1
FS1	**-**	**5.91**	**4.49**
FS2	**-**	**3.93**	**2.99**
FS3	**-**	**12.44**	**9.13**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**10.00**	**10.00**
B	m	26.44	26.44
l	m	10.00	10.00
γ	kN/m^3	**21.00**	**21.00**
P	kNm/m	1808.22	1808.22
qmedia	kN/m^2	170	170
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**35**	**35**
ϕ' prog	°	35.0	29.3
ϕ' prog	rad	0.61	0.51
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	48.03	20.08
N_c	-	46.12	28.42
N_q	-	33.30	16.92
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.06	1.05
s'_c	-	1.11	1.09
$s_\gamma = s_q$	-	1.32	1.24
s_c	-	1.11	1.09
q'_{lim}	kN/m^2	6042.0	2496.8
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	6042	2497
q_{lim}	kN/m^2	7566	2970
$q_{lim,d}$	kN/m^2	7566	2970
		1	1
FS1	**-**	**35.54**	**14.69**
FS3	**-**	**44.51**	**17.47**

ZONA 7 E ZONA 8 – TRATTO I-L
STATO DI PROGETTO

			Cresta (EQU + M2)	Cresta (A1 + M1)	Cresta (A2 + M2)	
Carichi d'onda						
F_{Hs}		kN/m	2018	2018	2018	
M_{Hs}		kNm/m	28977	28977	28977	
F_U		kN/m	630	630	630	
M_U		kNm/m	9452	9452	9452	
Sovrastruttura						
$w_S\ \gamma_R$		kN/m	1316	1316	1316	
$M_S\ \gamma_R$		kNm/m	19029	19029	19029	
Cassone						
B_c		m	22.50	22.50	22.50	larghezza base cassone
$w'_c\ \gamma_R$		kN/m	2878	2878	2878	
$M_c\ \gamma_R$		kNm/m	29135	29135	29135	
Sovraccarico eolico						
$F_z\ \gamma_R$		kN/m	8	9	9	
$F_x\ \gamma_Q$		kN/m	9	9	8	
$M_y\ \gamma_Q$		kNm/m	349	349	303	
Scorrimento	1					
$R_O = F_{HS} + F_x$		kN/m		2027	2026	
$R_V = w_S + w'_c - F_U + F_z$		kN/m		3573	3573	
μ		-		**0.6**	**0.6**	coefficiente di attrito sul piano di appoggio
$FS_S = \mu\ R_V\ / R_O$		-		**1.06**	**1.06**	
Ribaltamento	1					
$M_{stab} = M_S + M_c$		kNm/m	48164			
$M_{rib} = M_{Hs} + M_U + M_y$		kNm/m	38778			
$FS_R = M_{stab} / M_{rib}$		-	**1.24**			

Sezione

Verifica di Capacità portante

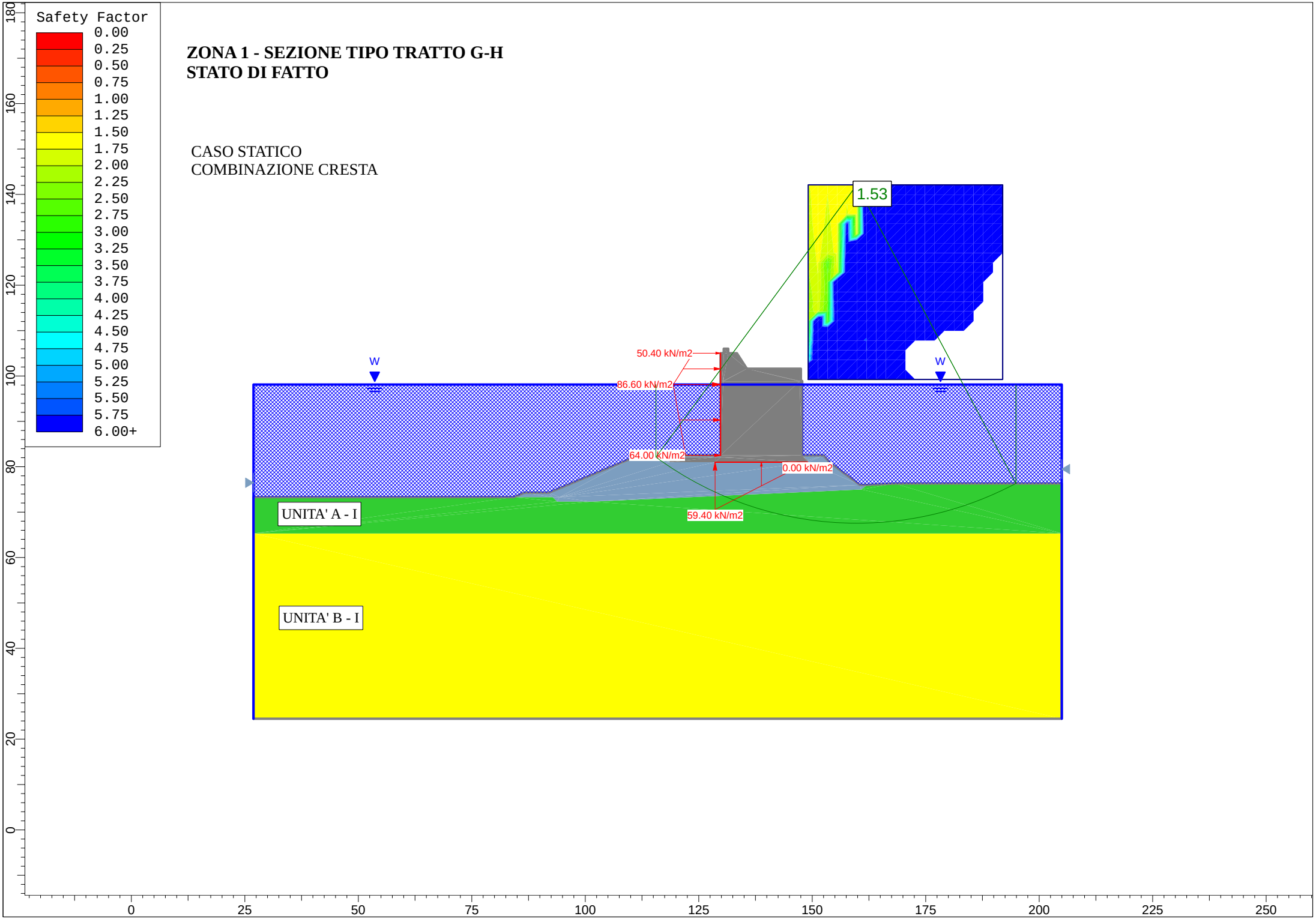
		Approccio 1.1 A1 - M1 - R1	Approccio 1.2 A2 - M2 - R2
M_{stab}	kNm/m	**48164**	**48164**
M_{rib}	kNm/m	**38778**	**38778**
Mtot	kNm/m	9386	9386
R	kN/m	**3573**	**3573**
u	m	2.6	2.6
B	m	**22.50**	**22.50**
e	m	8.6	8.6
qmax	kN/m^2	906.5	906.5
qmin	kN/m^2	0.0	0.0
qmedia	kN/m^2	453.3	453.3
B*=B-2e	m	5.3	5.3
L	m	**30.10**	**30.10**
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**38**	**38**
ϕ' prog	°	38.0	32.0
ϕ' prog	rad	0.66	0.56
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	78.02	30.24
N_c	-	61.35	35.51
N_q	-	48.93	23.19
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.07	1.06
s'_c	-	1.15	1.11
$s_\gamma = s_q$	-	1.31	1.24
s_c	-	1.63	1.49
q'_{lim}	kN/m^2	1980.3	1511.6
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	1980	1512
q_{lim}	kN/m^2	10382	7615
$q_{lim,d}$	kN/m^2	10382	7615
		1	1
FS1	**-**	**4.37**	**3.33**
FS2	**-**	**2.91**	**2.22**
FS3	**-**	**11.45**	**8.40**

Verifica a Schiacciamento (fondazione)			
Caratteristiche geometriche scanno:			
h	m	**10.00**	**10.00**
B	m	25.25	25.25
l	m	10.00	10.00
γ	kN/m^3	**21.00**	**21.00**
P	kNm/m	1677.99	1677.99
qmedia	kN/m^2	161	161
Caratteristiche geometriche terreno in fondazione:			
γ	kN/m^3	**19**	**19**
ϕ' carat	°	**35**	**35**
ϕ' prog	°	35.0	29.3
ϕ' prog	rad	0.61	0.51
q'	kN/m^2	0	0
N_γ	-	48.03	20.08
N_c	-	46.12	28.42
N_q	-	33.30	16.92
$s'_\gamma = s'_q$	-	1.06	1.05
s'_c	-	1.12	1.09
$s_\gamma = s_q$	-	1.31	1.24
s_c	-	1.12	1.09
q'_{lim}	kN/m^2	5774.7	2386.1
$q'_{lim,d}$	kN/m^2	5775	2386
q_{lim}	kN/m^2	7148	2837
$q_{lim,d}$	kN/m^2	7148	2837
		1	1
FS1	**-**	**35.92**	**14.84**
FS3	**-**	**44.47**	**17.65**

APPENDICE B

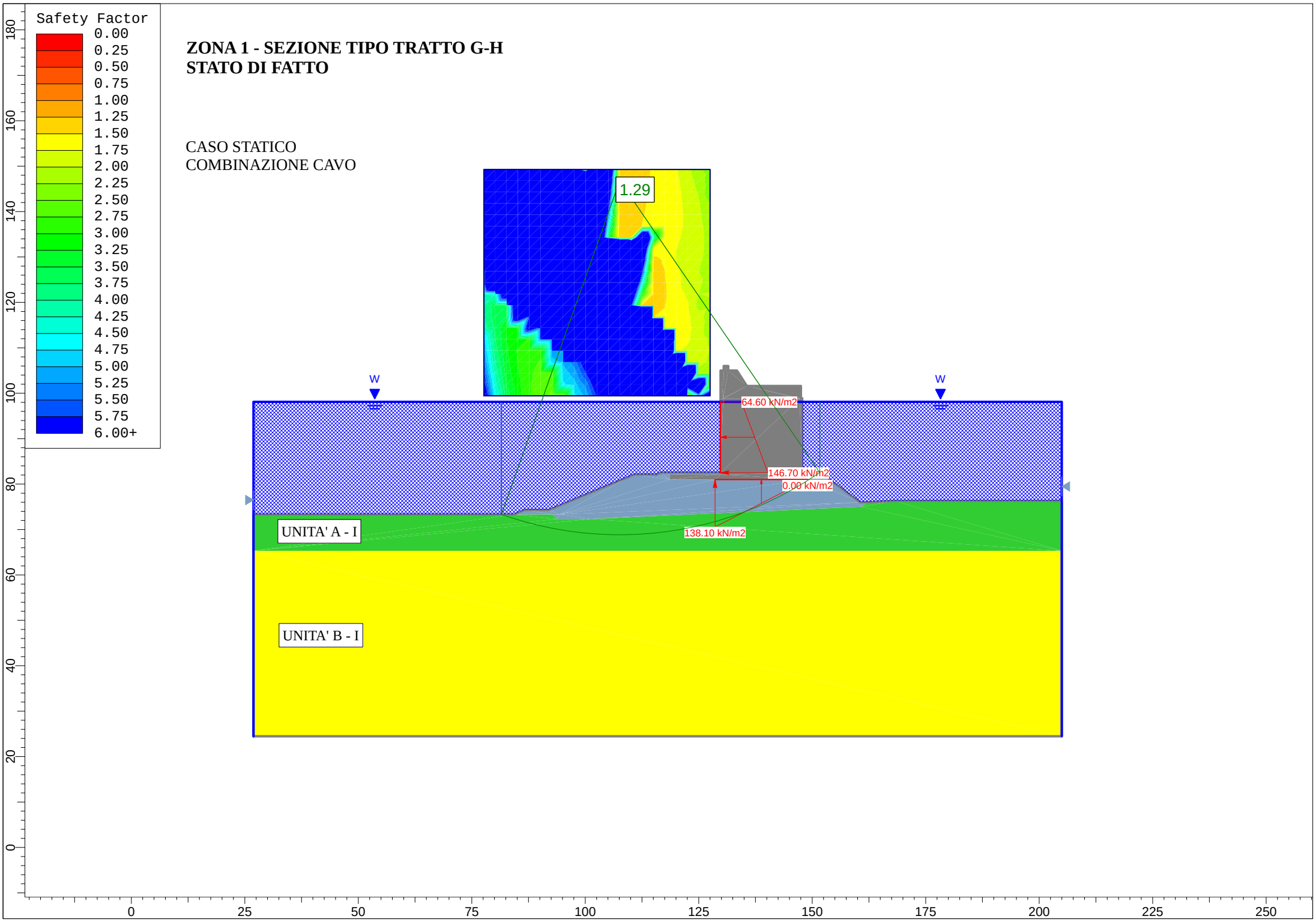
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI FATTO

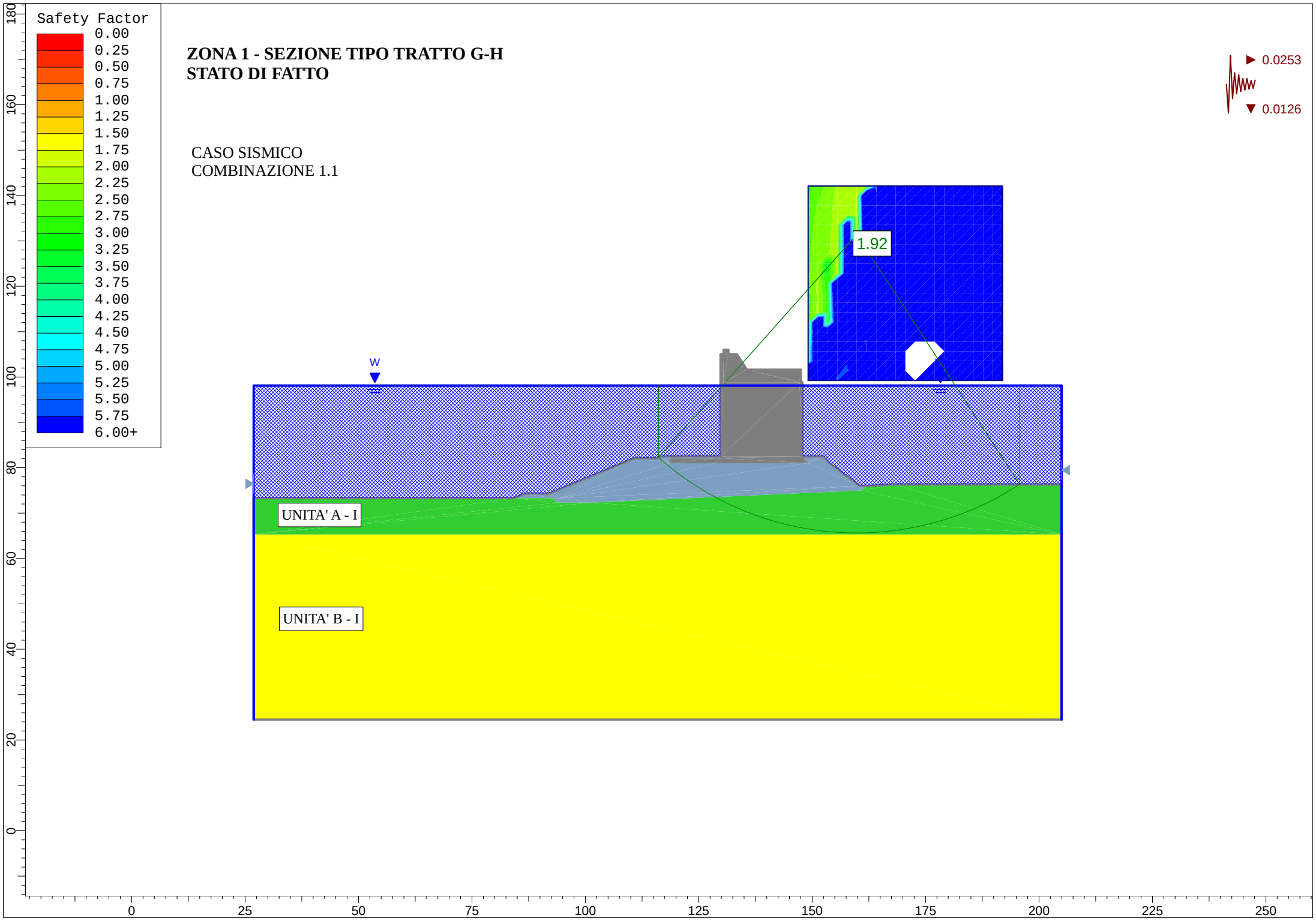
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA



ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI FATTO

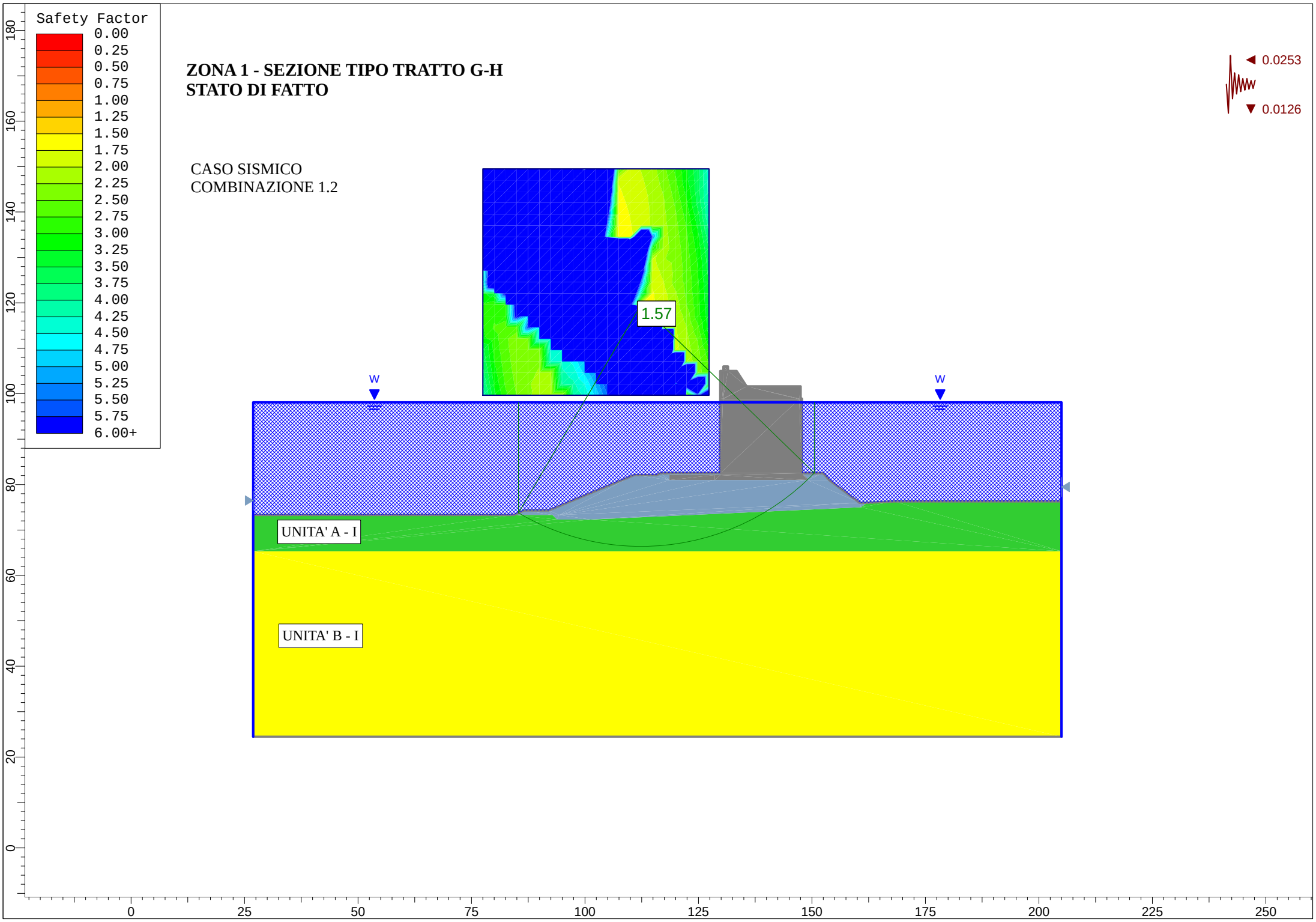
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO




Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
1.92
w
UNITA' A - I
UNITA' B - I
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180

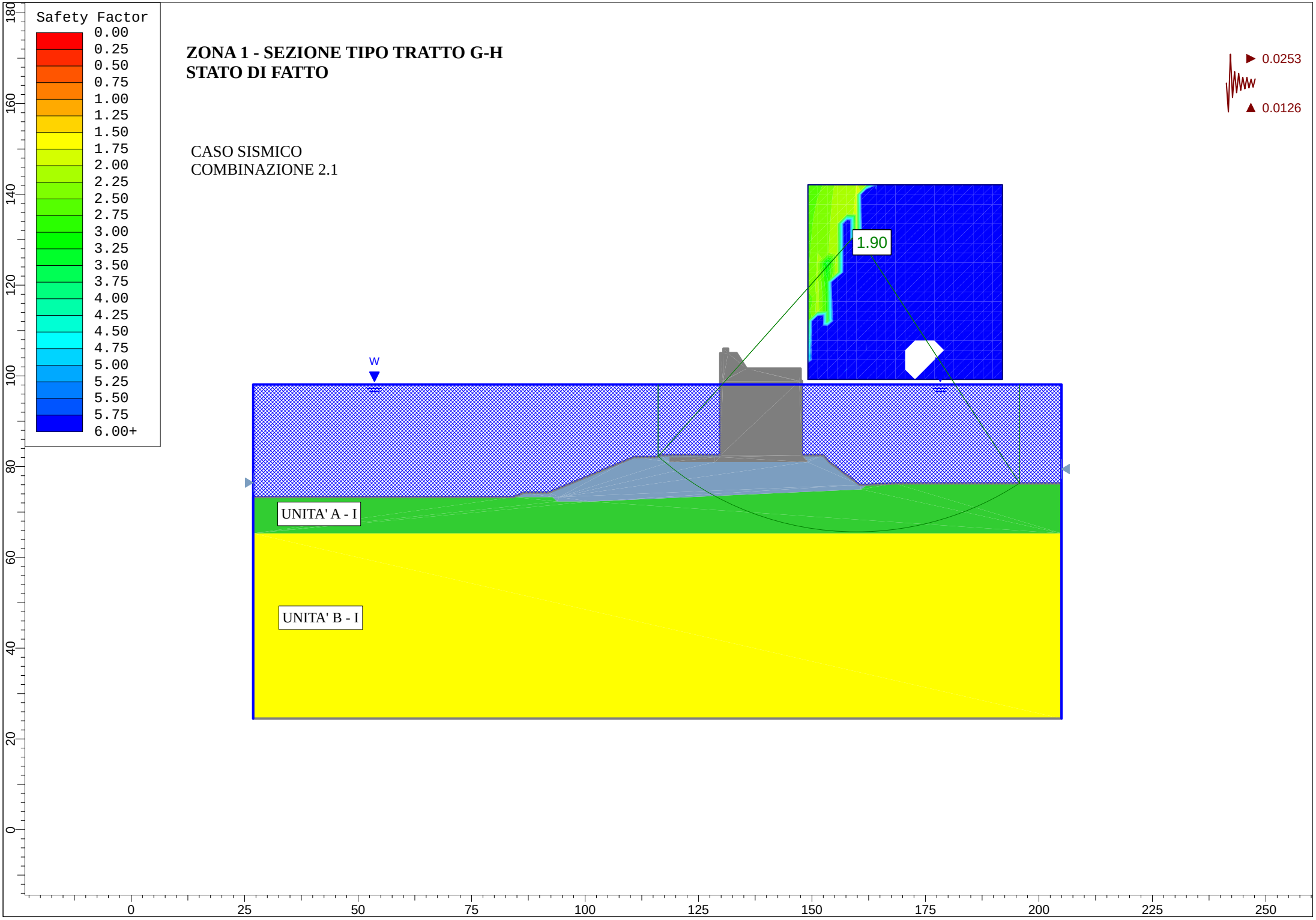
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI FATTO

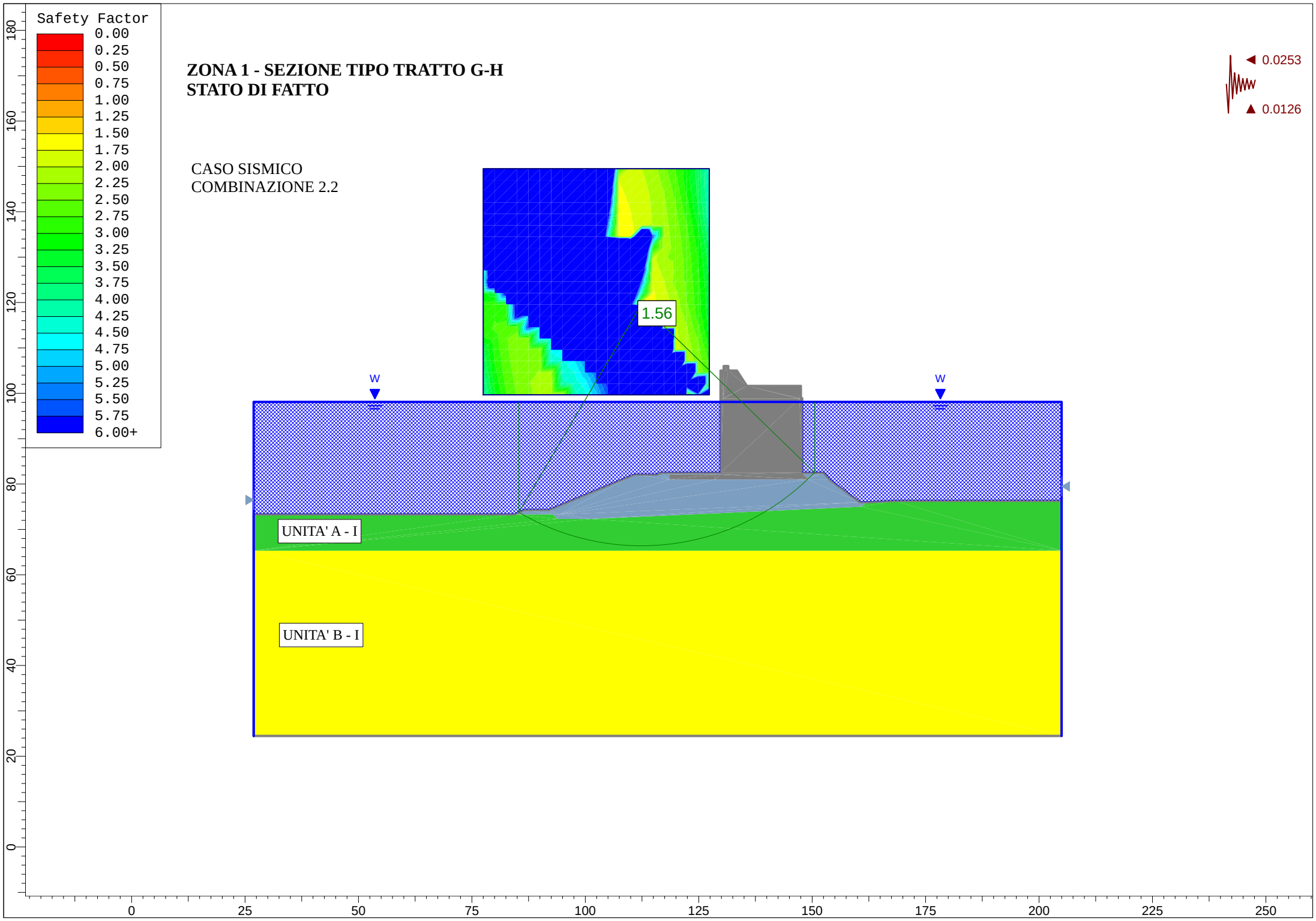
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2



ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI FATTO

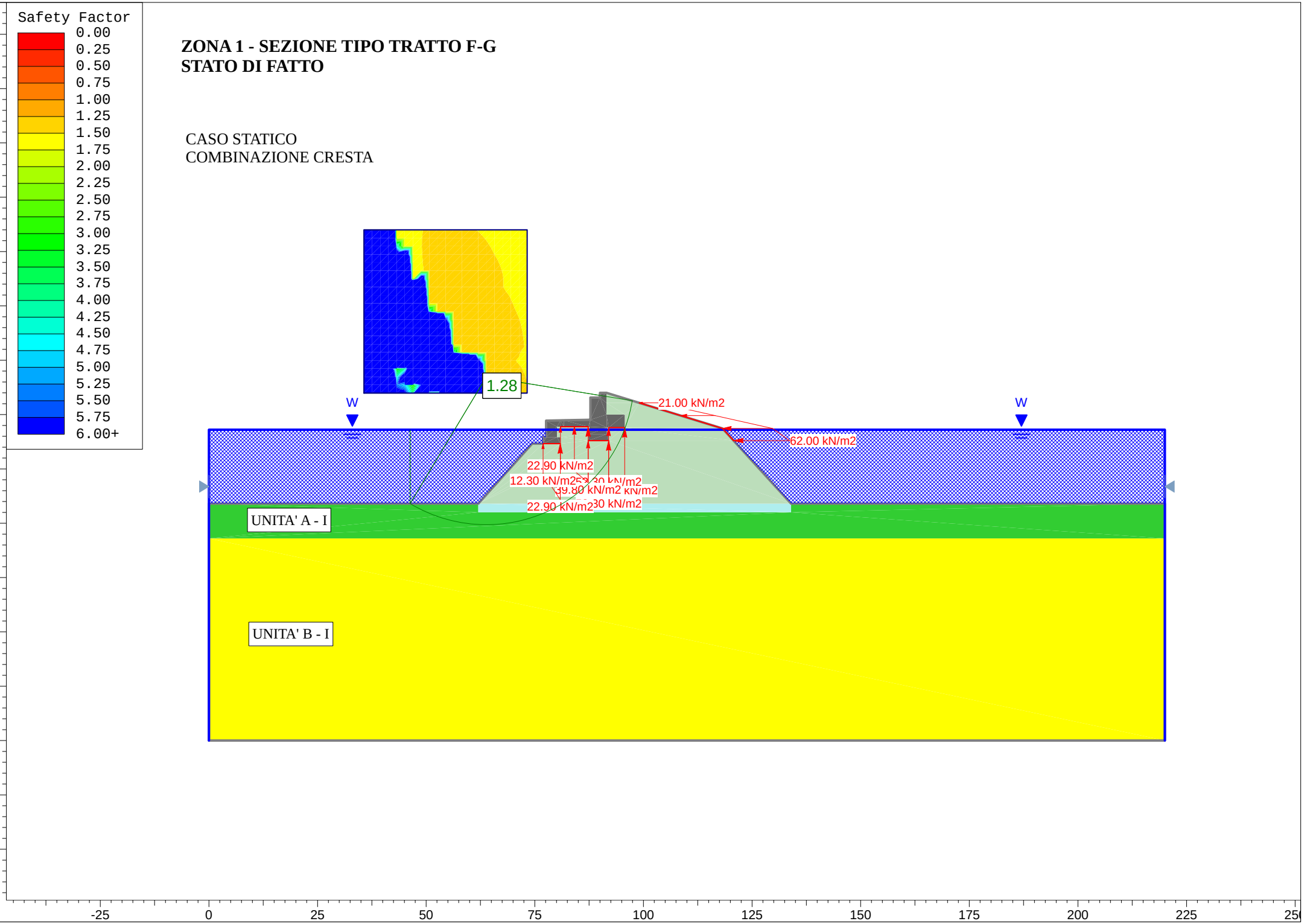
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1




Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.56
W
W
UNITA' A - I
UNITA' B - I
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180

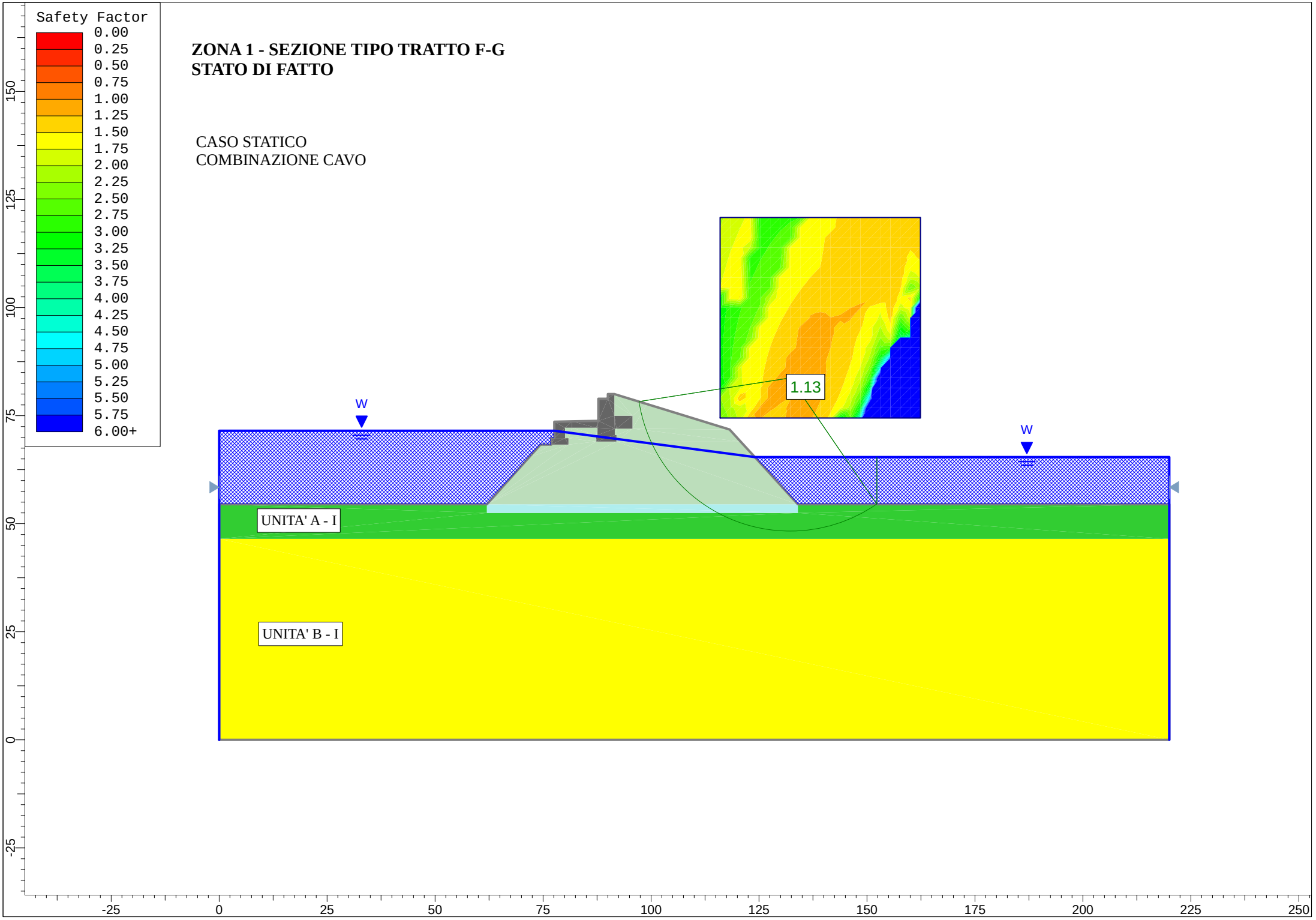
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI FATTO

CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA



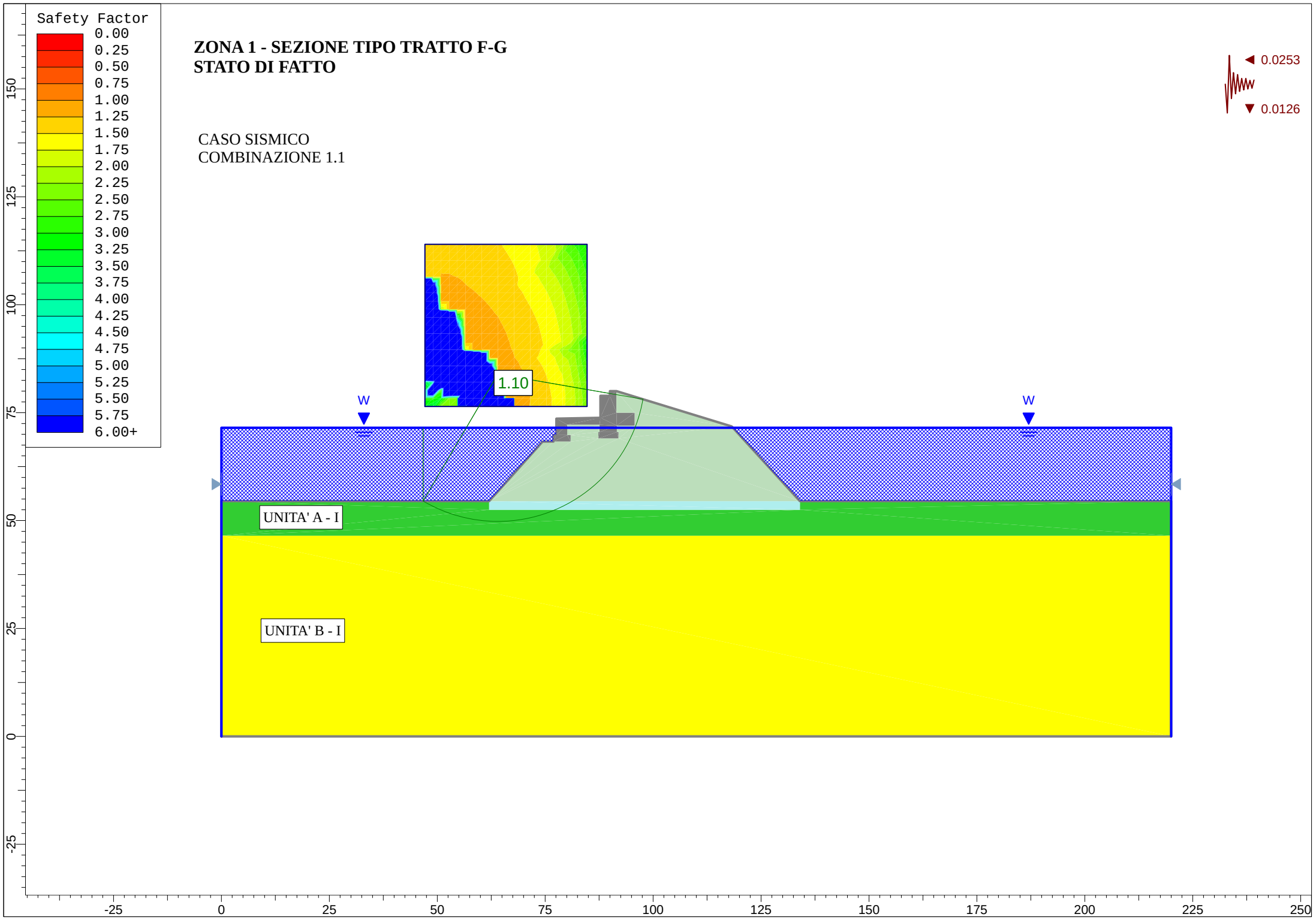
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI FATTO

CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO



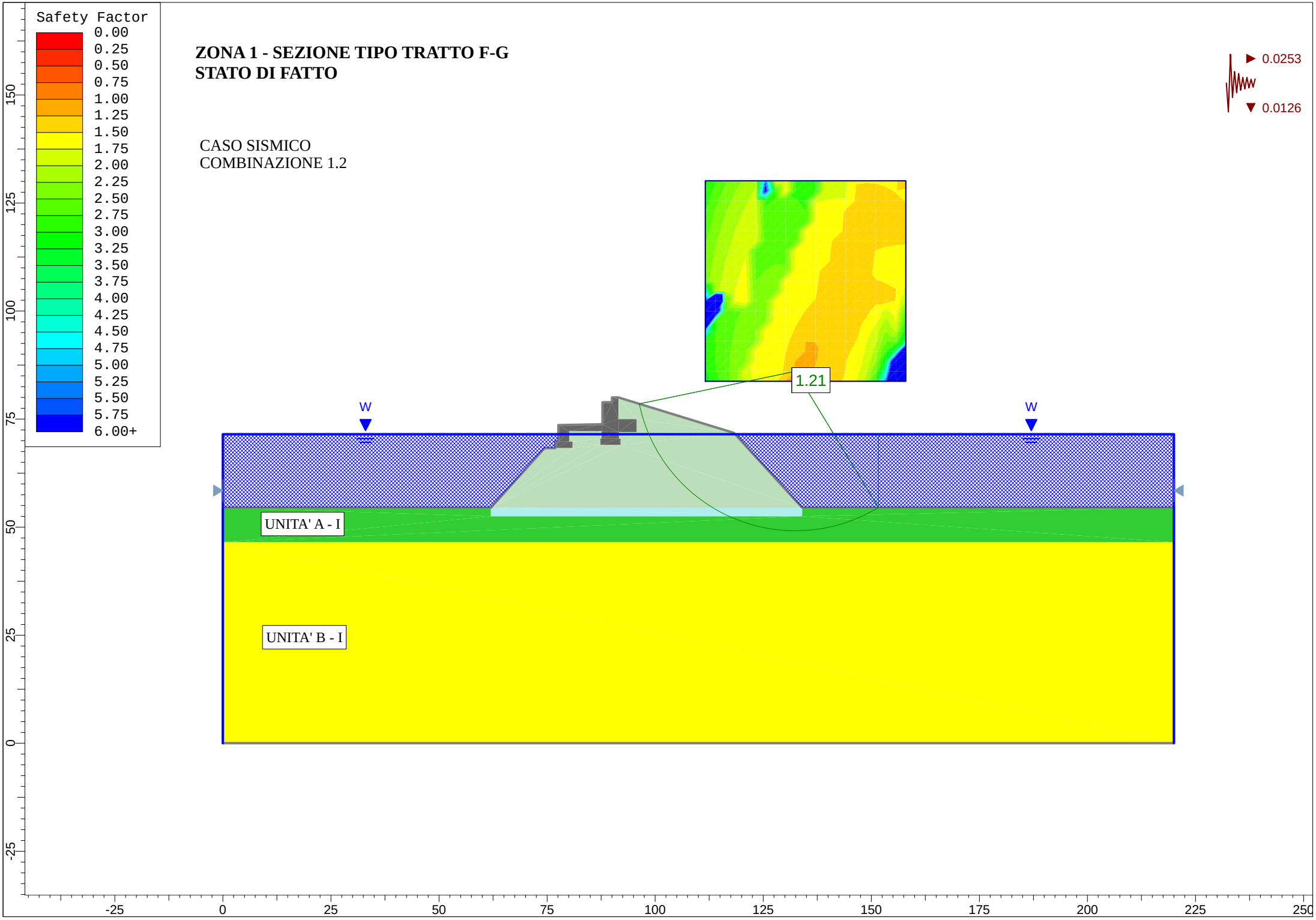
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI FATTO

CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1



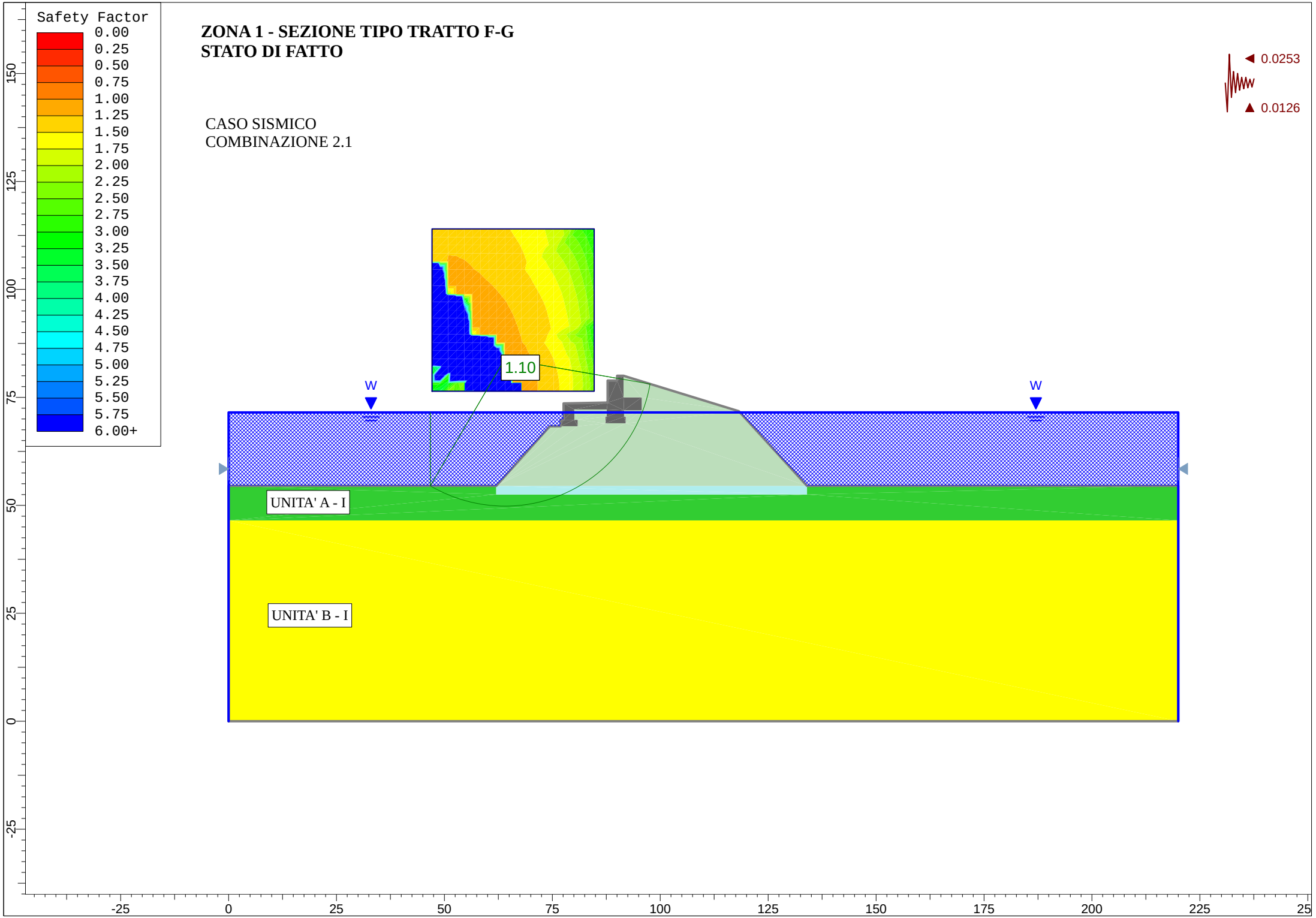
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI FATTO

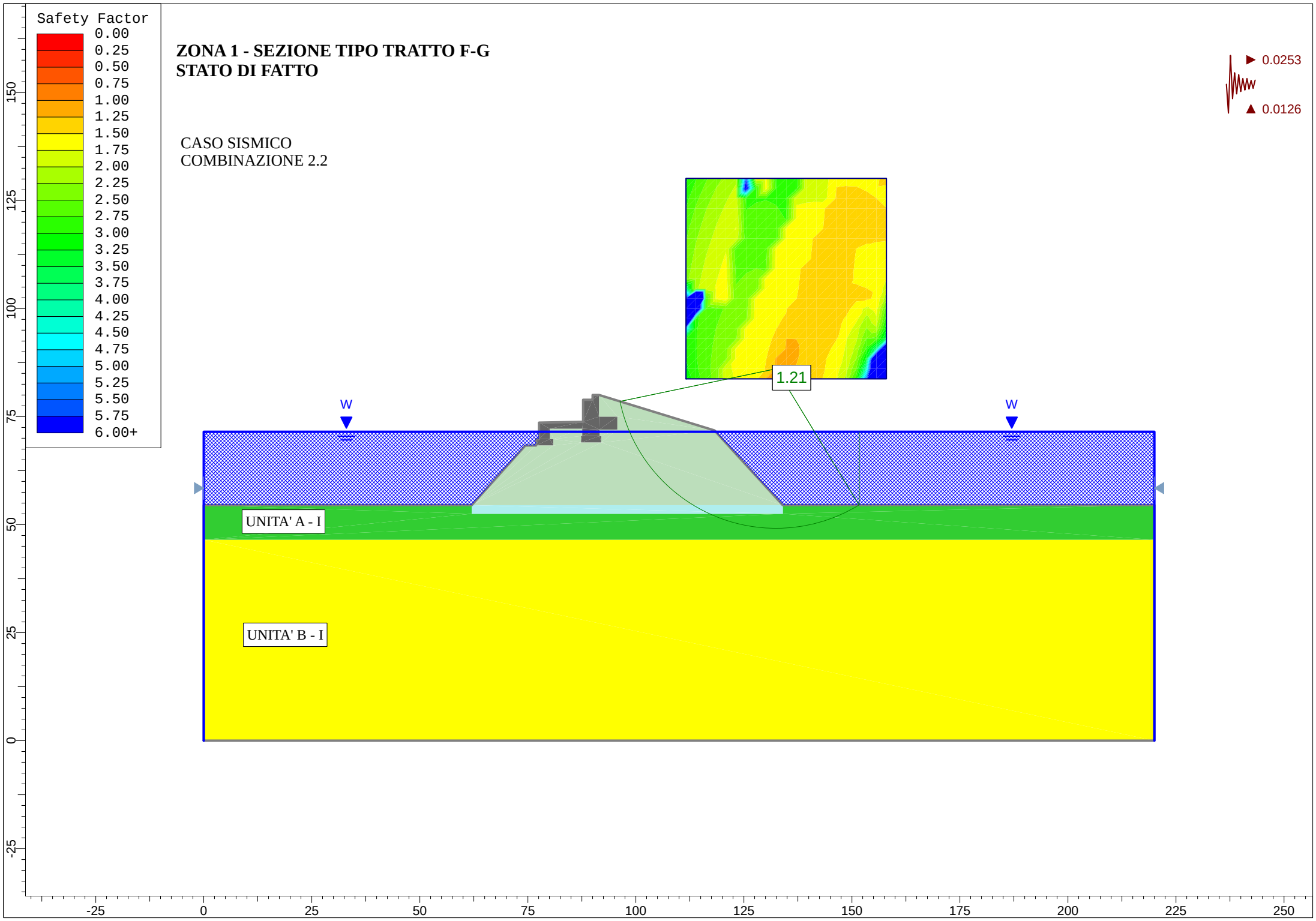
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2

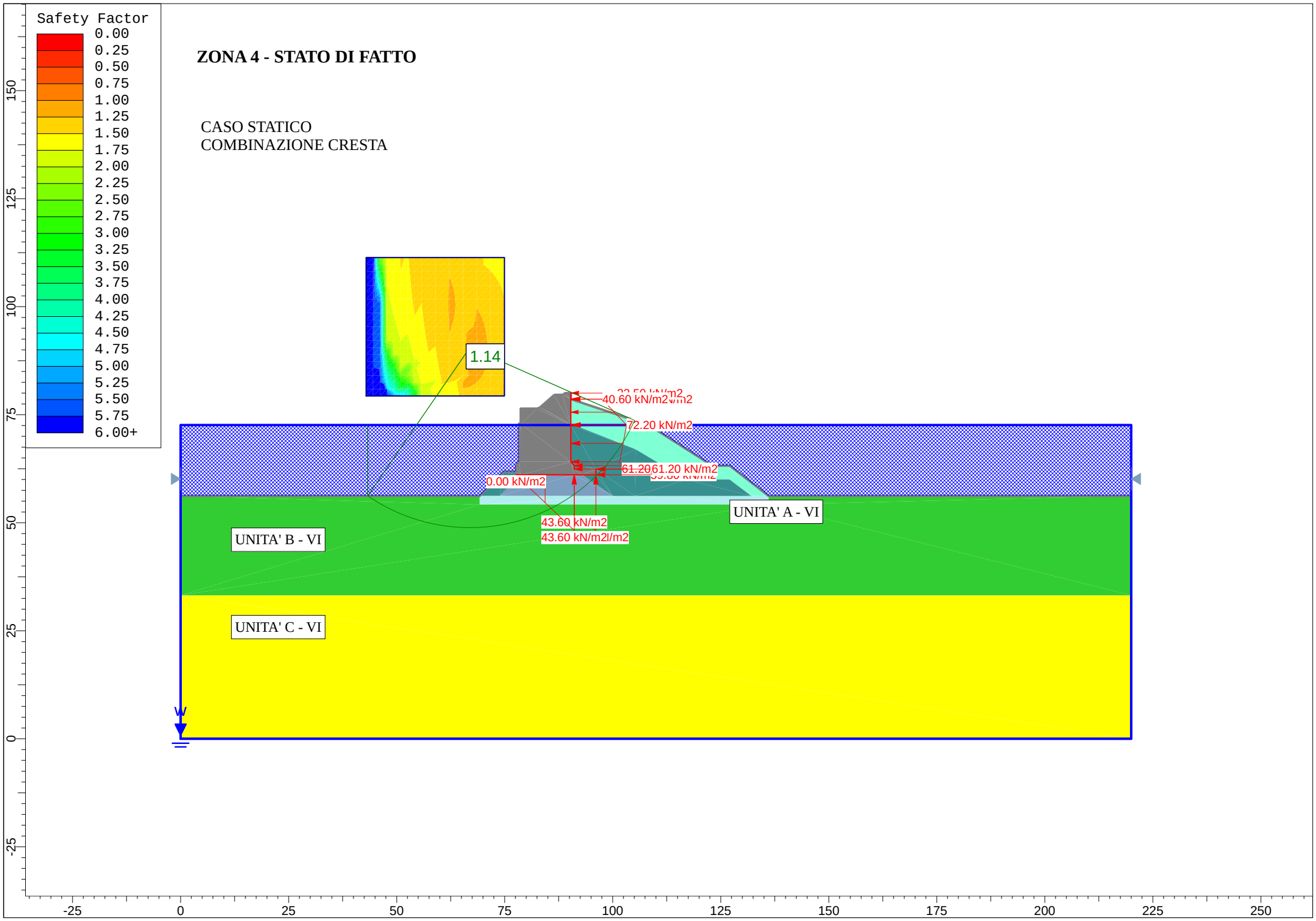


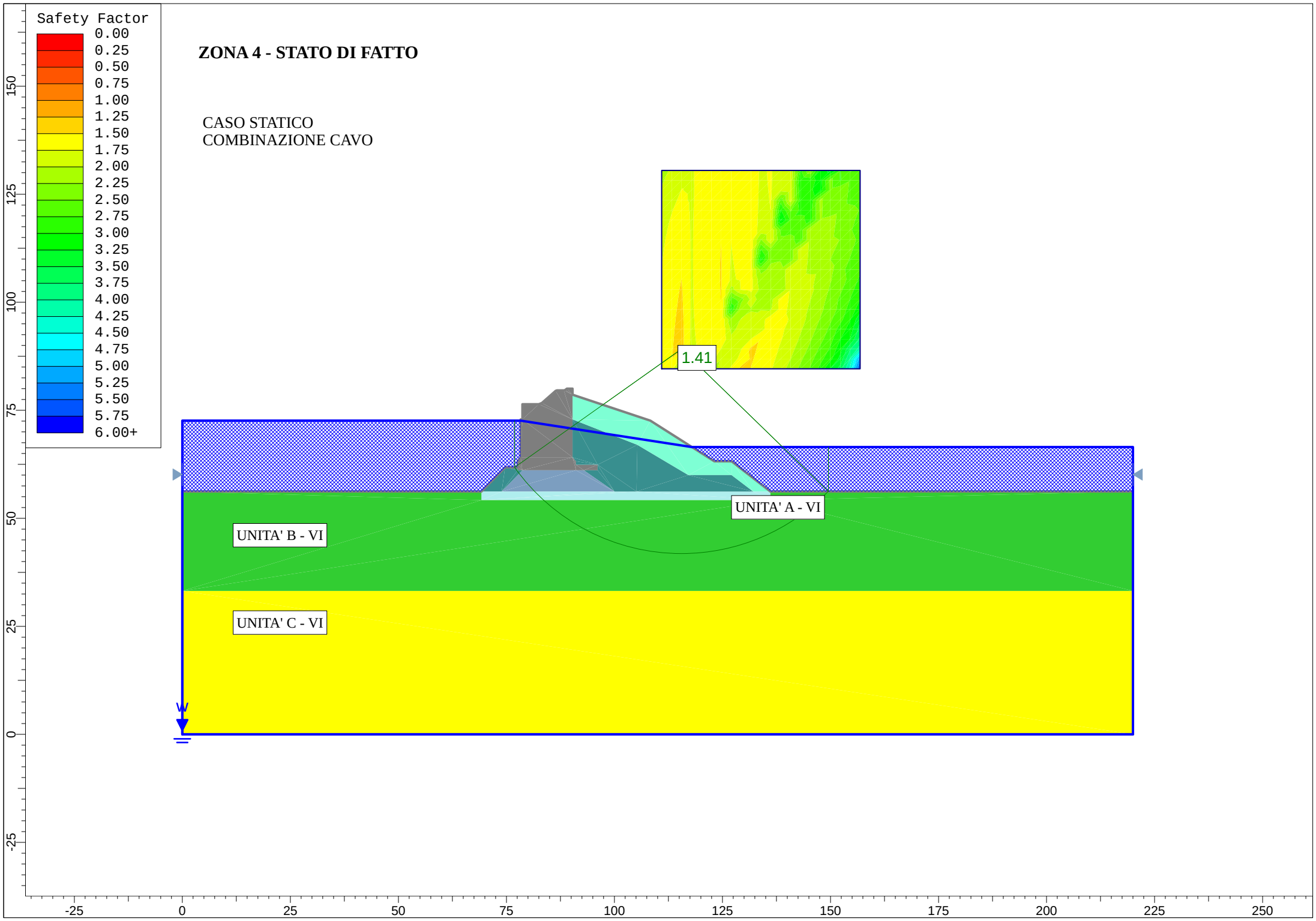
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI FATTO

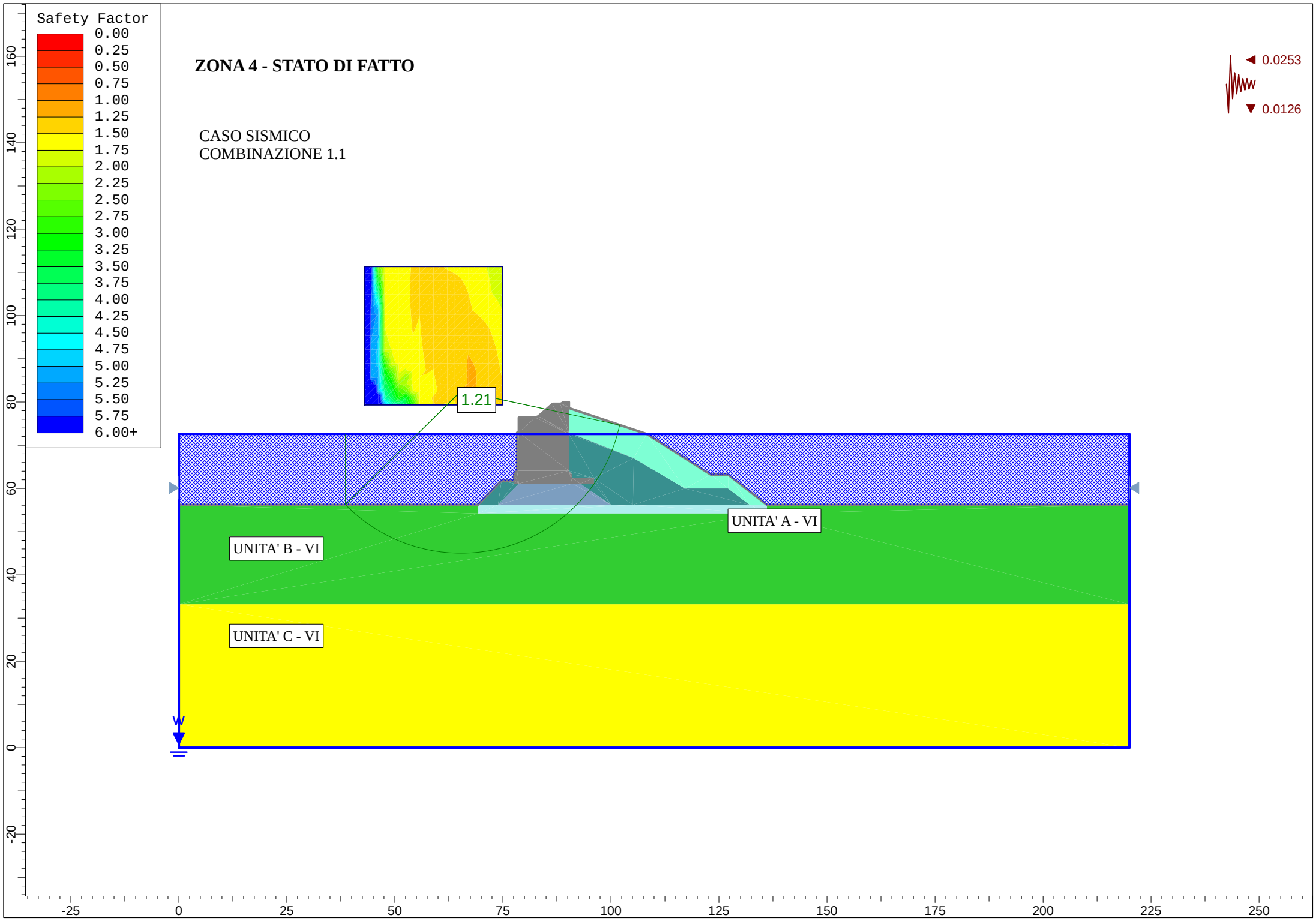
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1

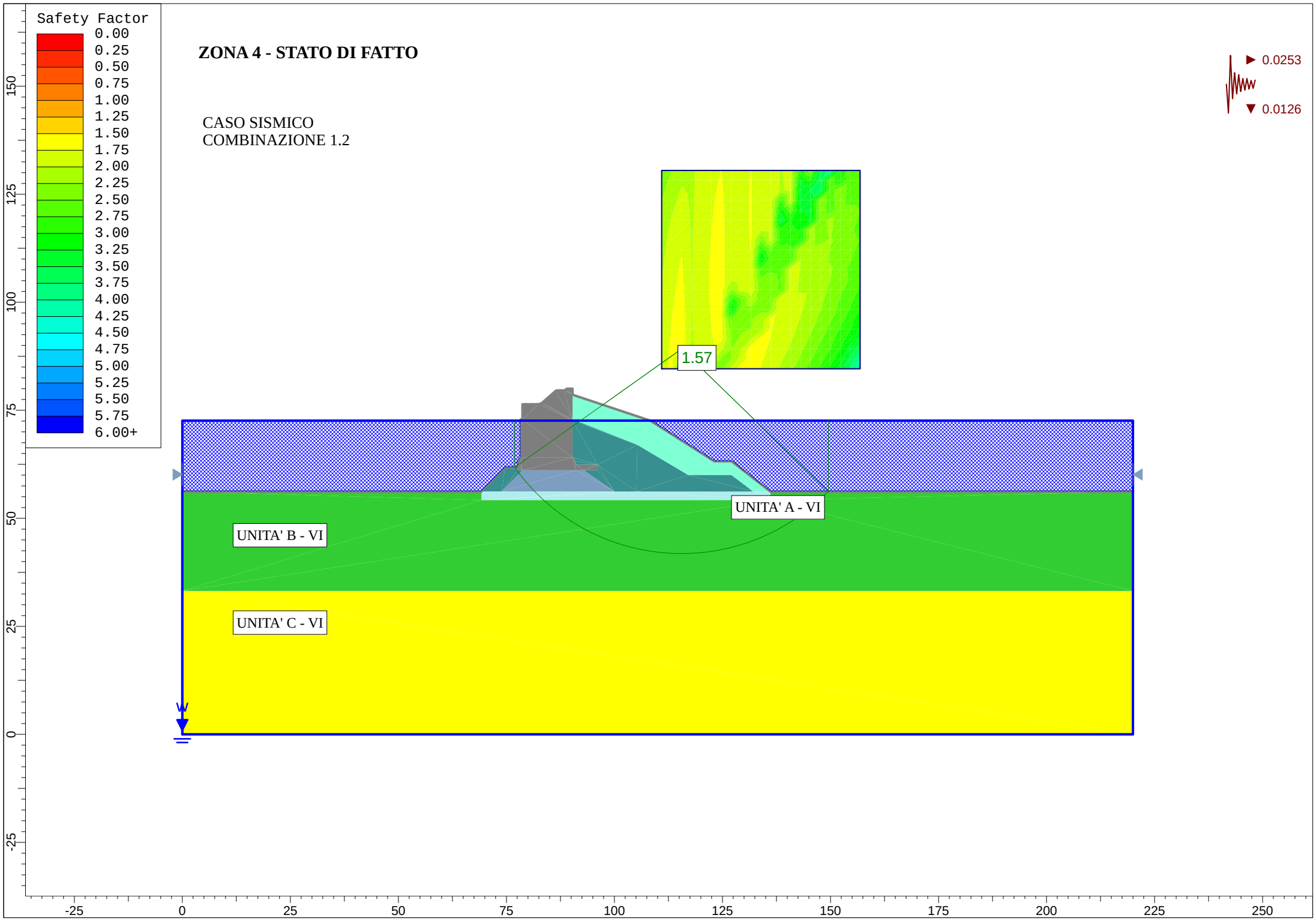


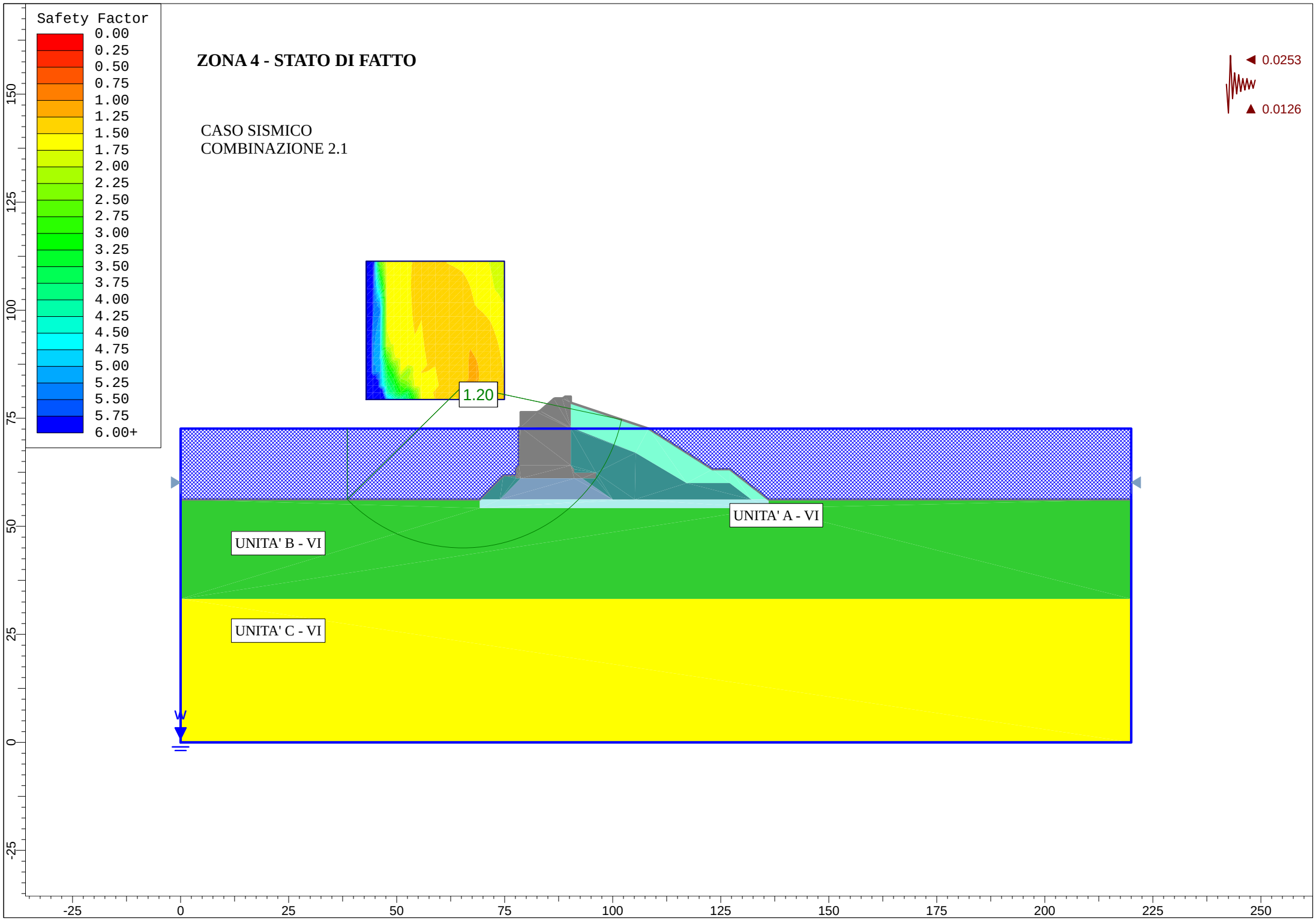

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.21
W
W
UNITA' A - I
UNITA' B - I
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

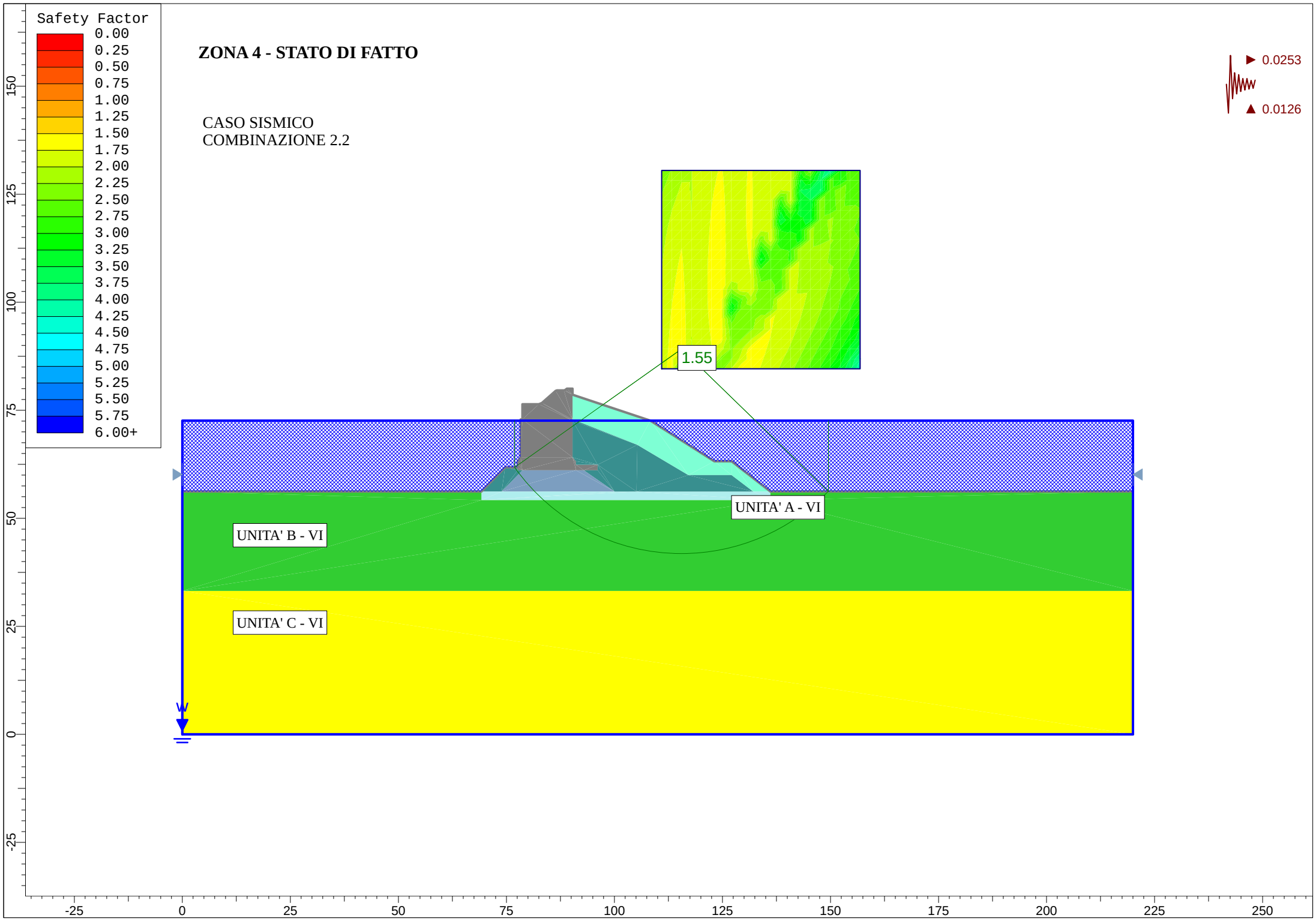

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI FATTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA
1.14
40.60 kN/m2
72.20 kN/m2
61.20 kN/m2
0.00 kN/m2
43.60 kN/m2
43.60 kN/m2l/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

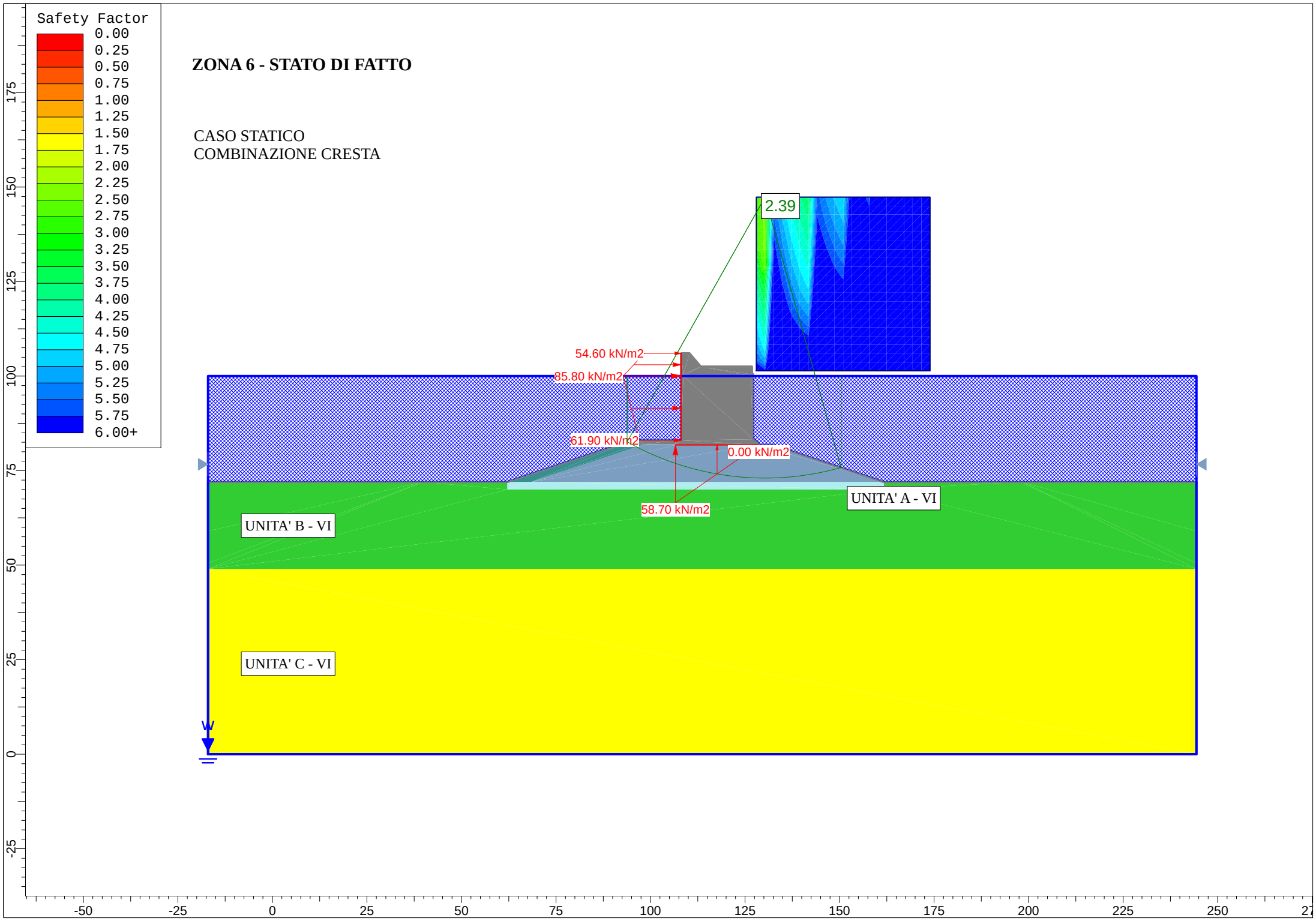

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI FATTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO
1.41
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

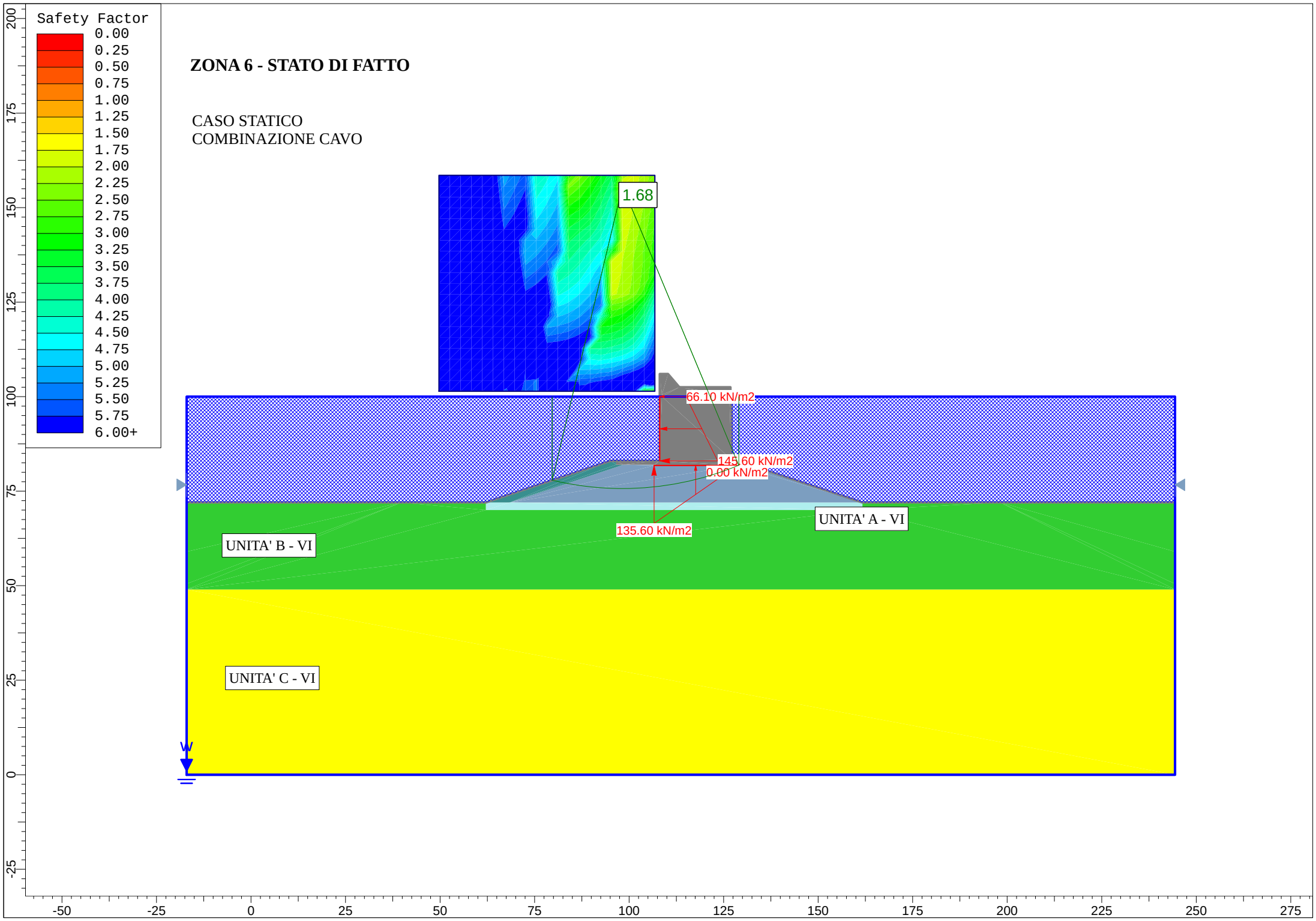

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
1.21
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

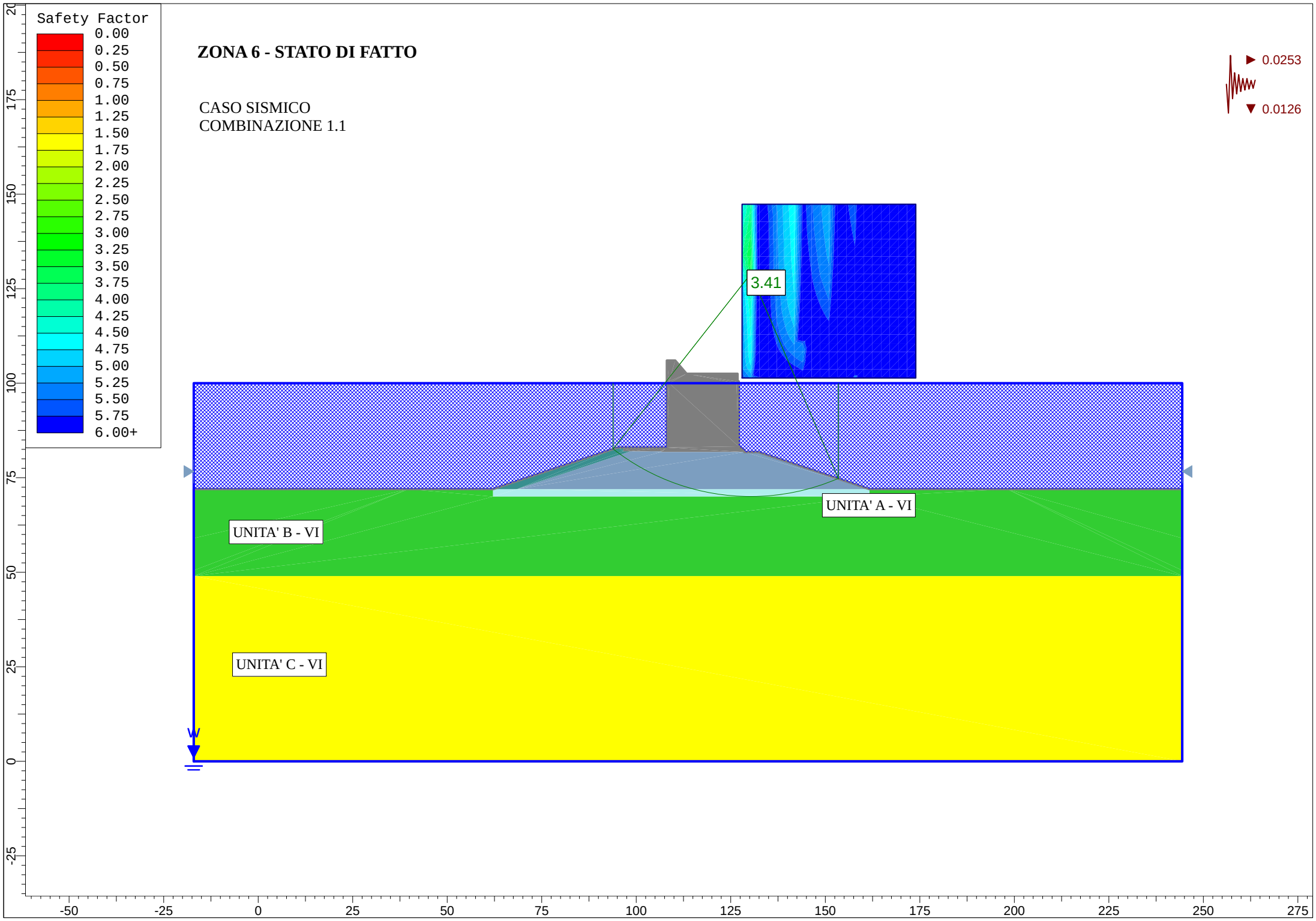

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2
0.0253
0.0126
1.57
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

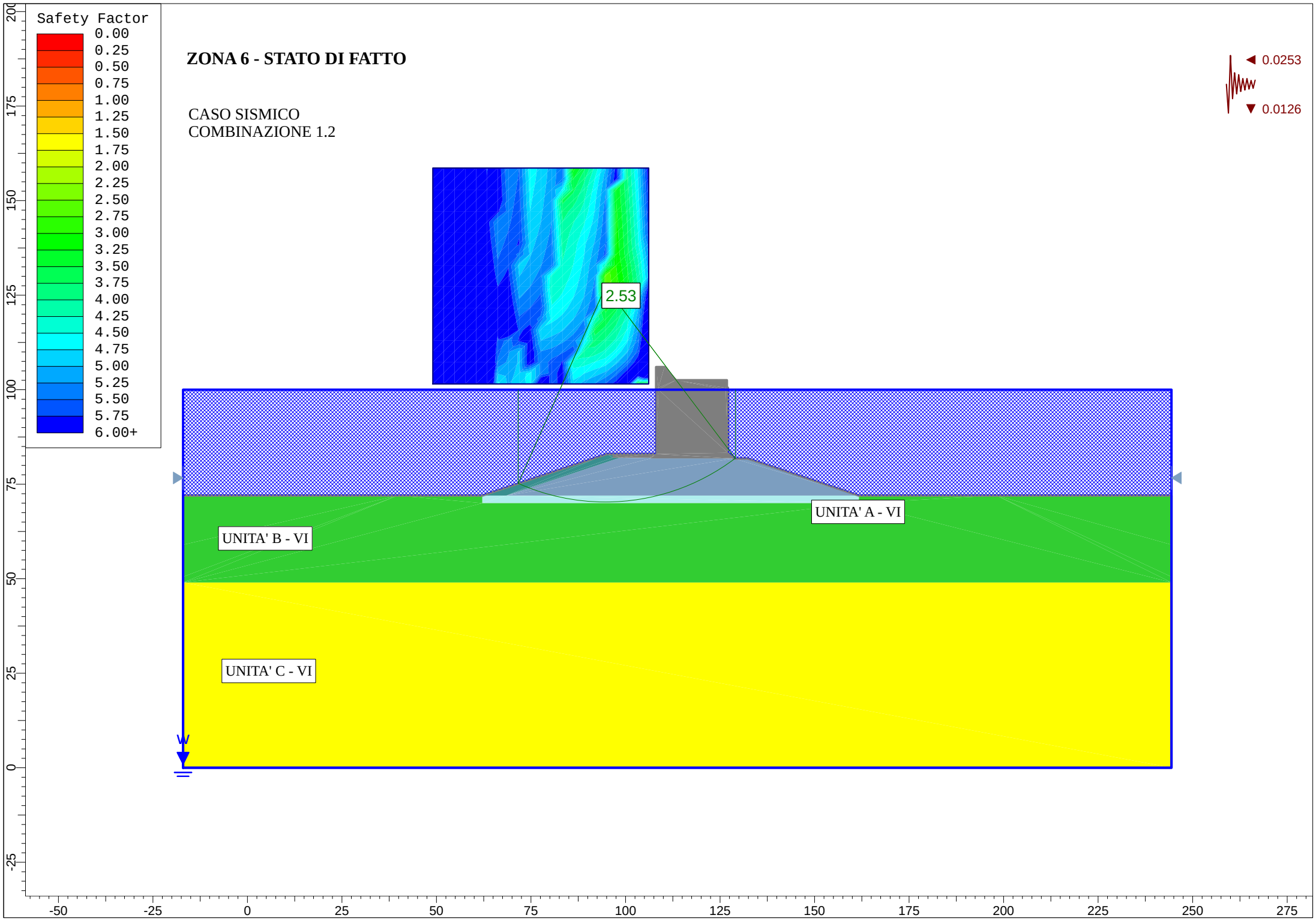

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
0.0253
0.0126
1.20
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

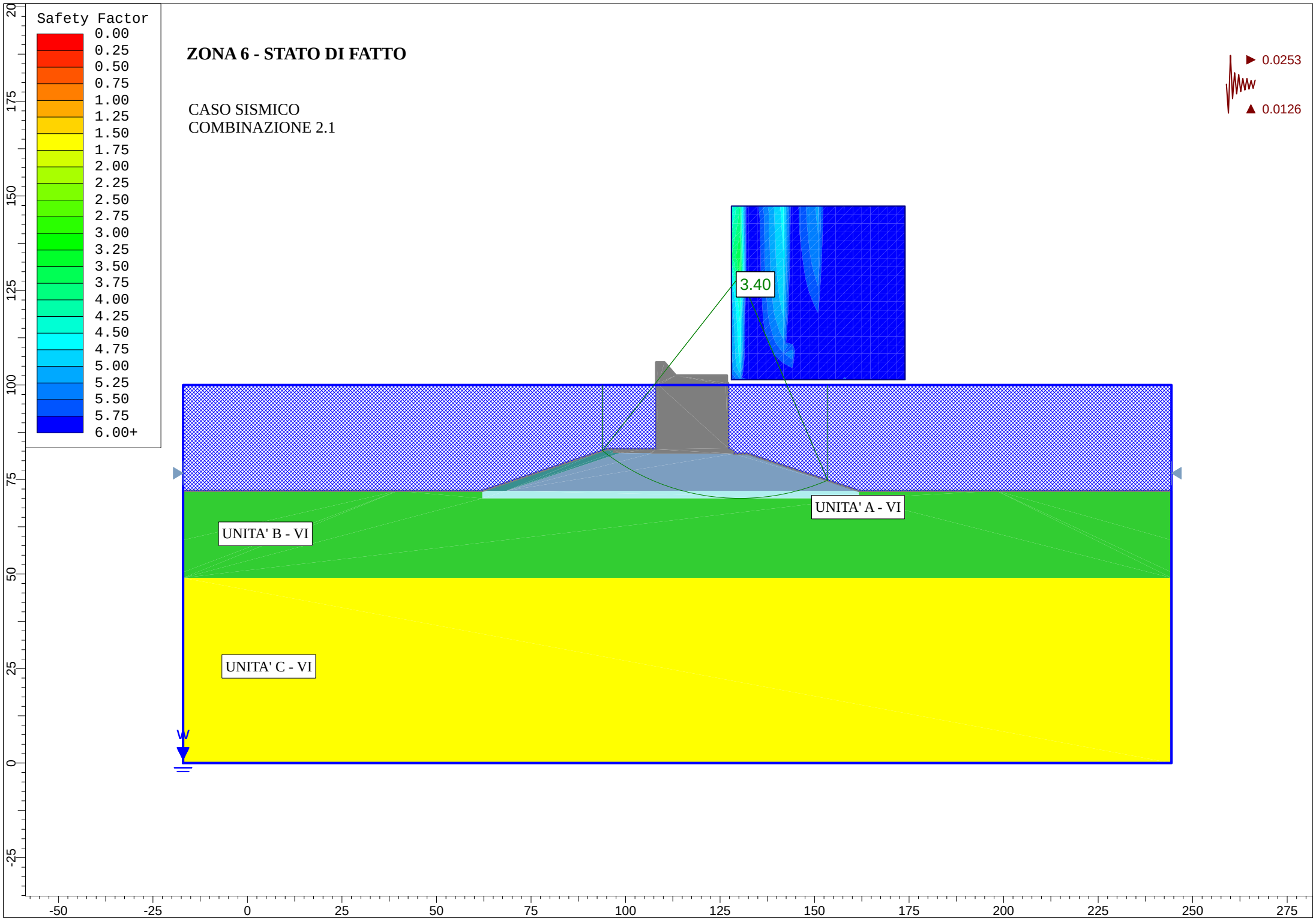

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.55
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

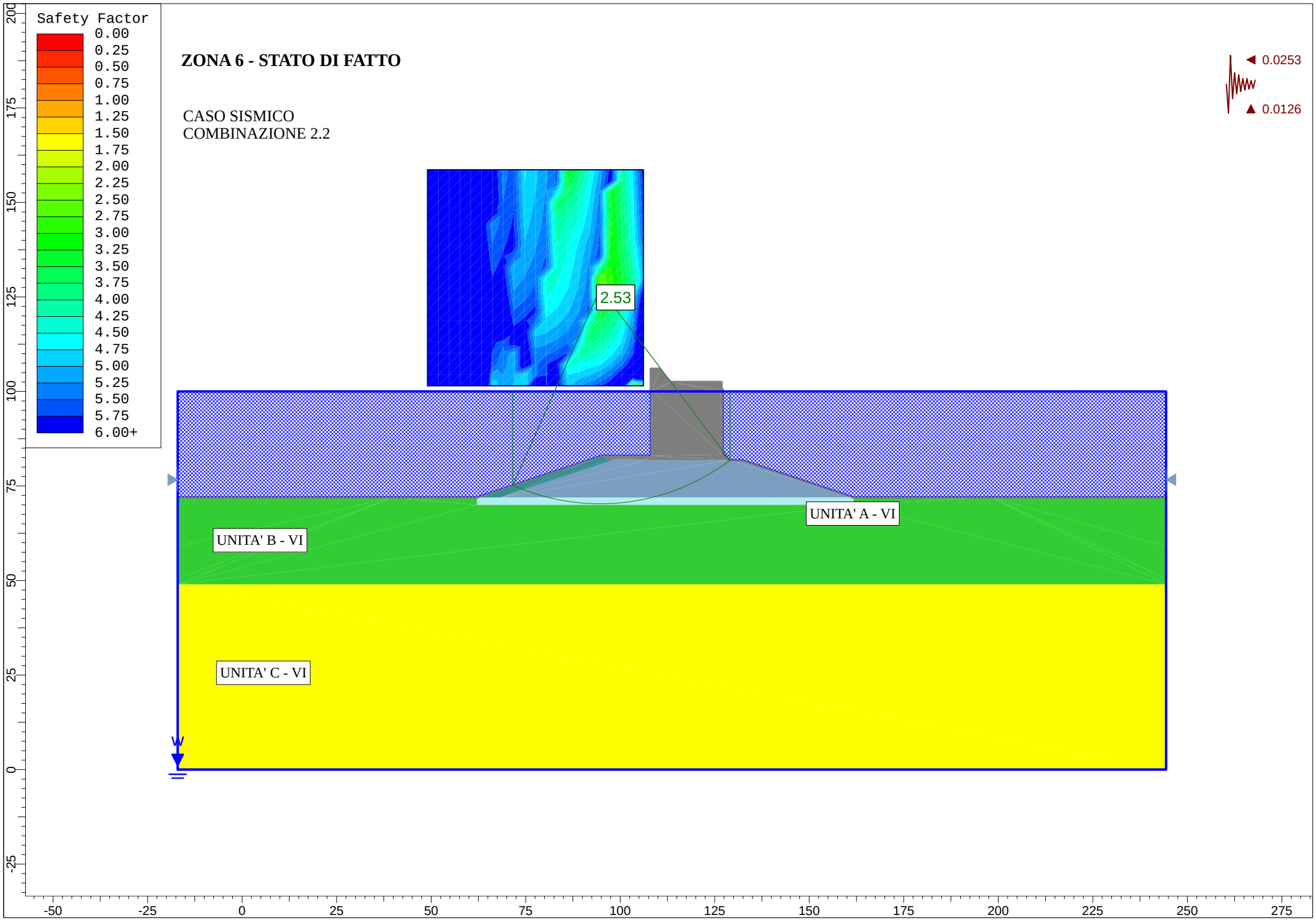

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI FATTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA
2.39
54.60 kN/m2
85.80 kN/m2
61.90 kN/m2
0.00 kN/m2
58.70 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

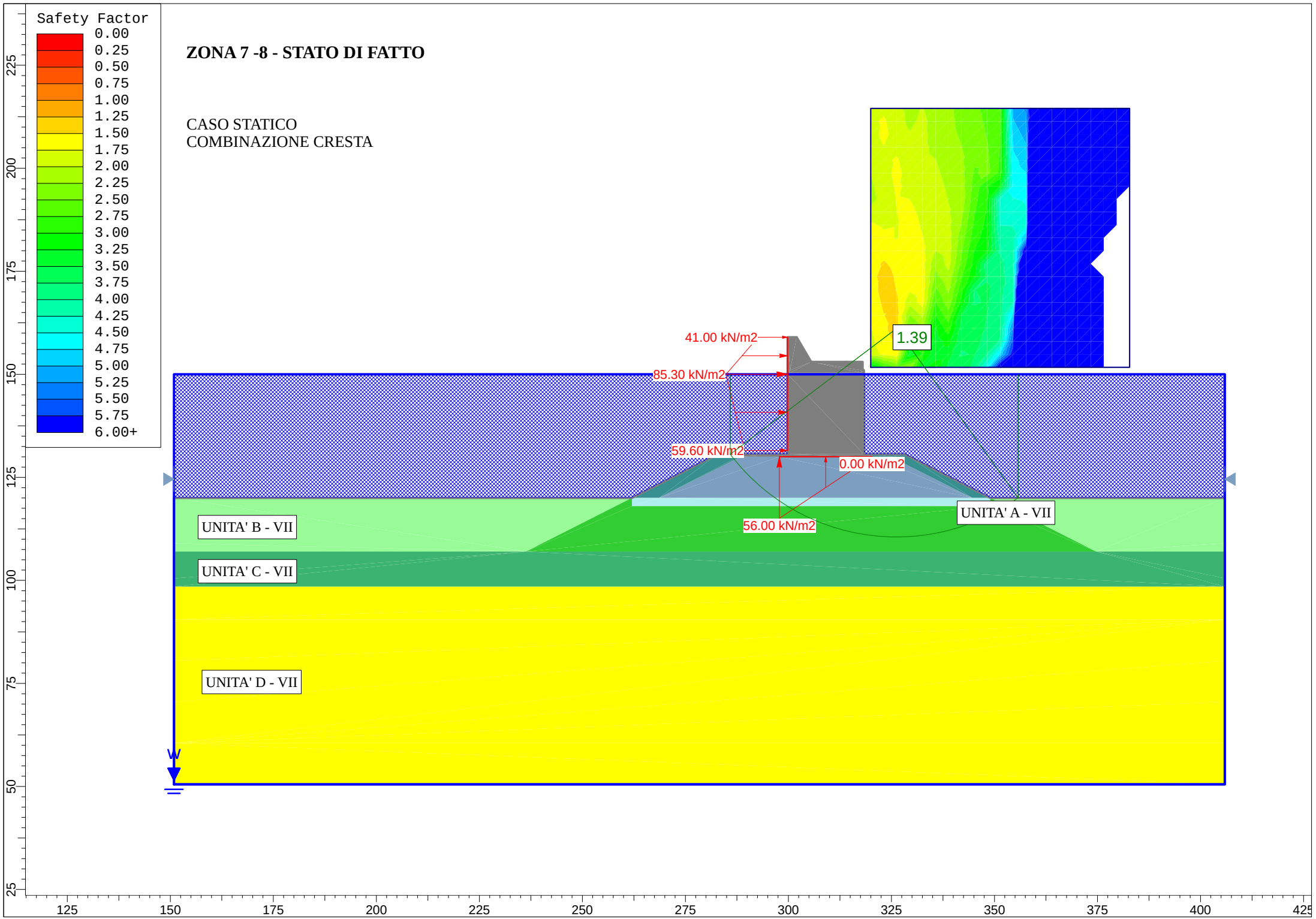

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI FATTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO
1.68
66.10 kN/m2
145.60 kN/m2
0.00 kN/m2
135.60 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

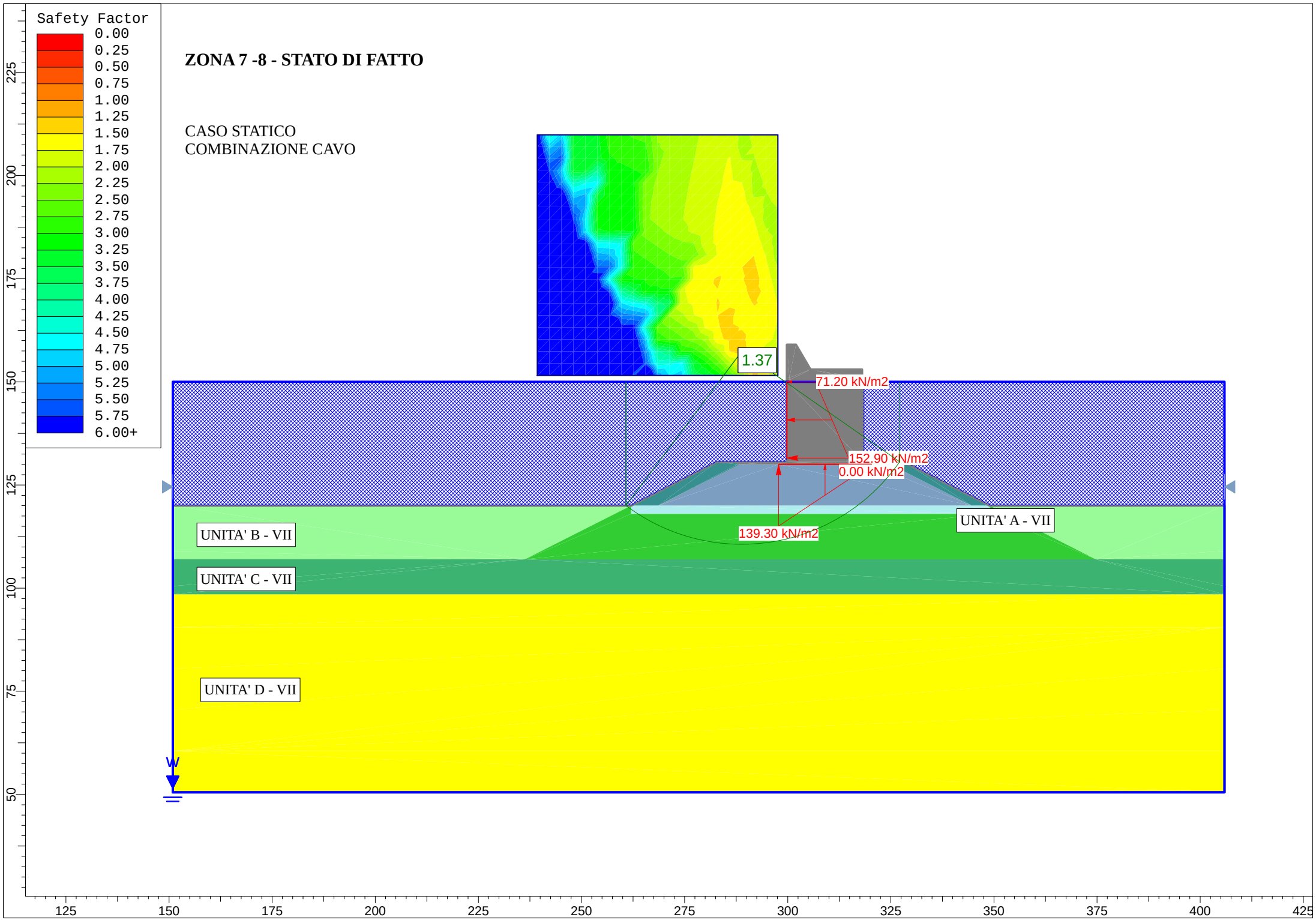

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
3.41
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200

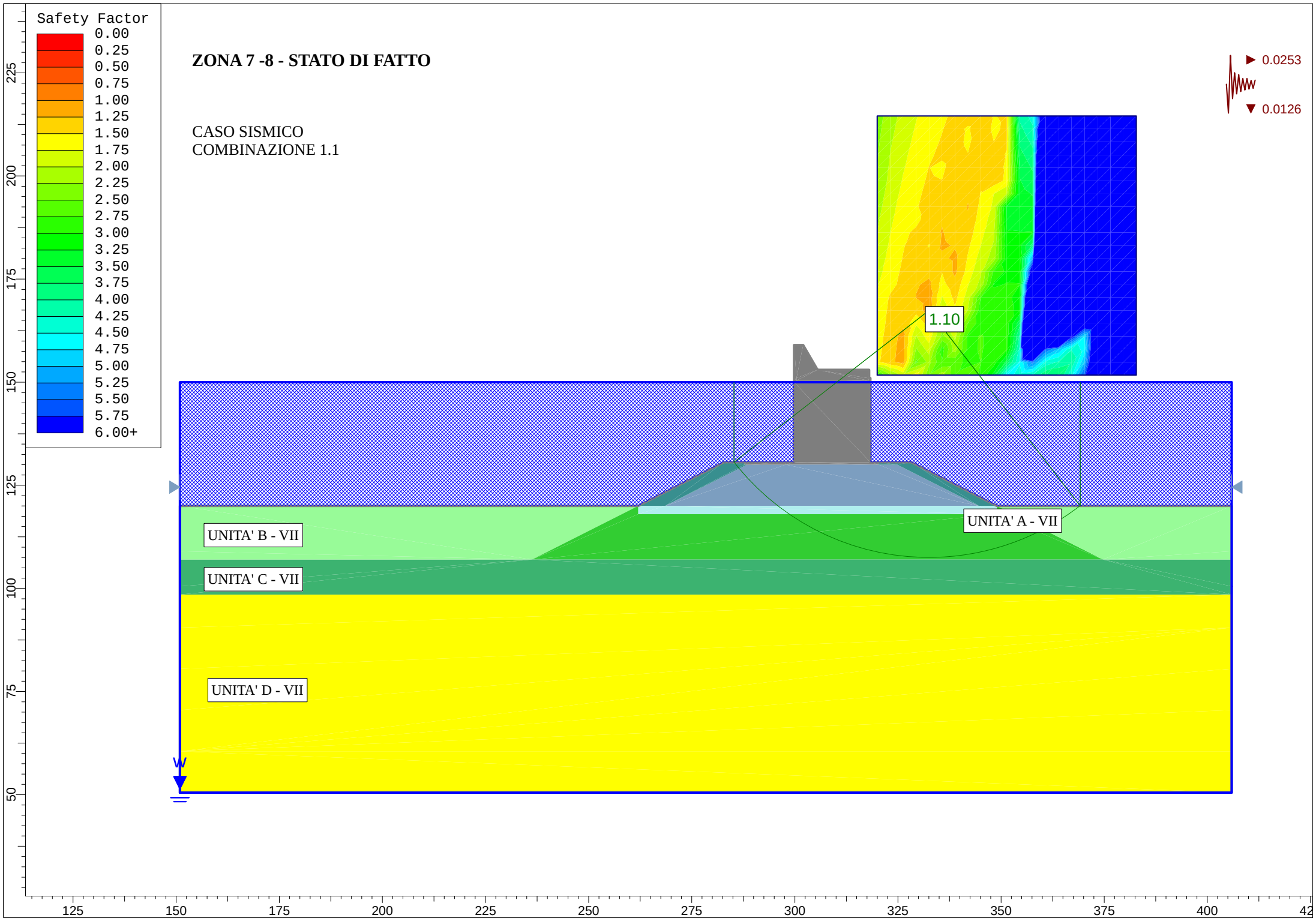

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2
0.0253
0.0126
2.53
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

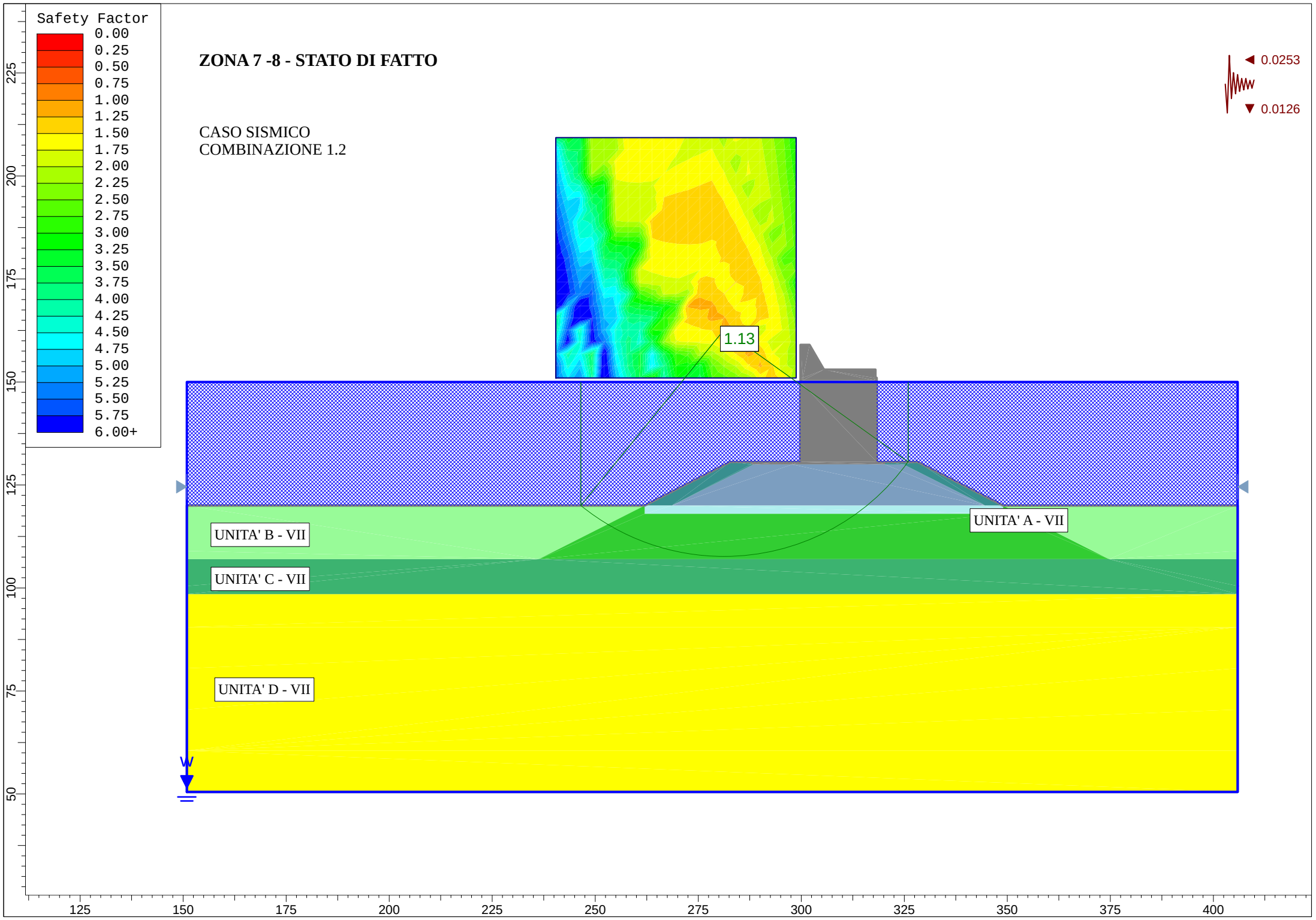

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
0.0253
0.0126
3.40
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
20
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

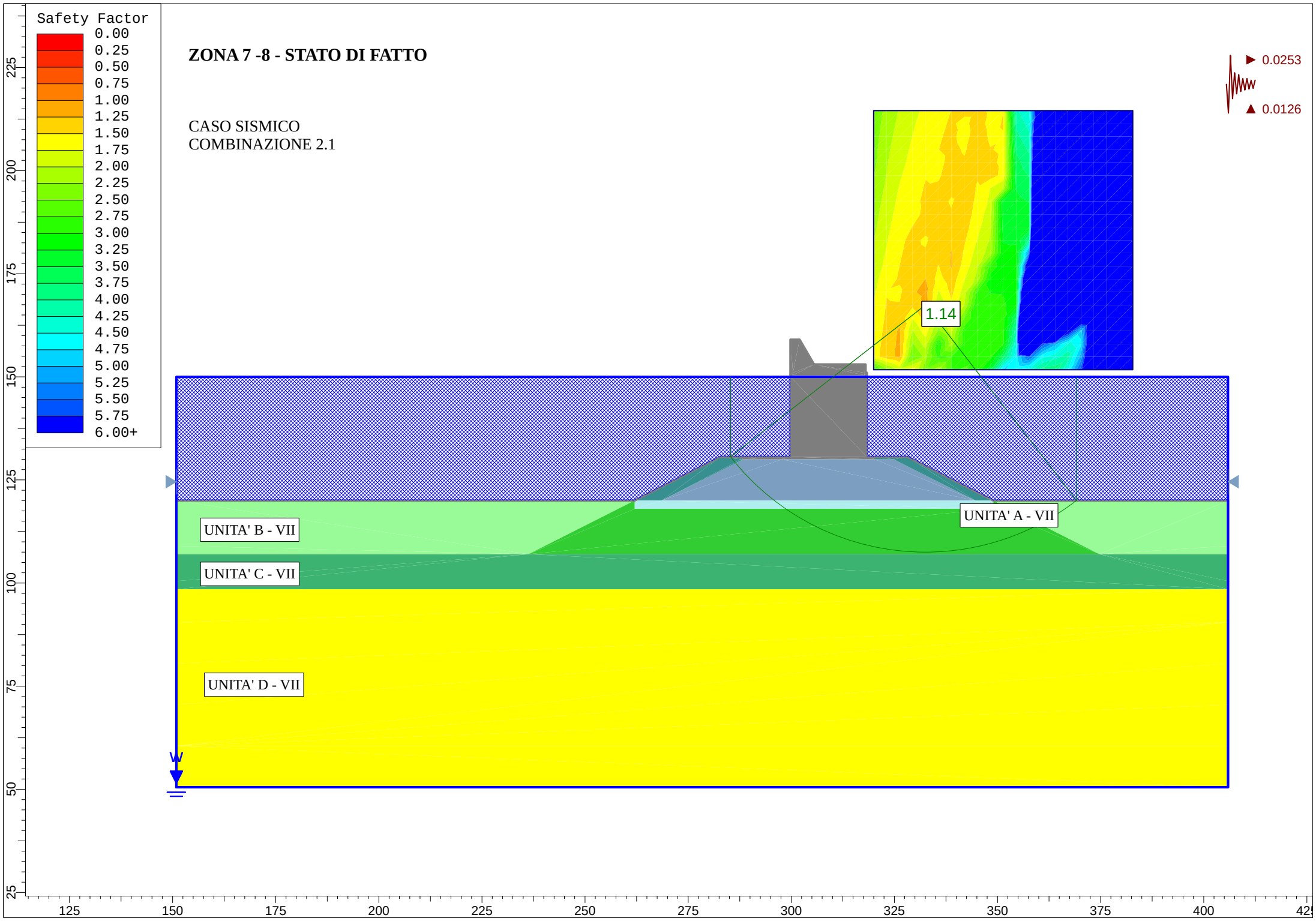

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
2.53
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

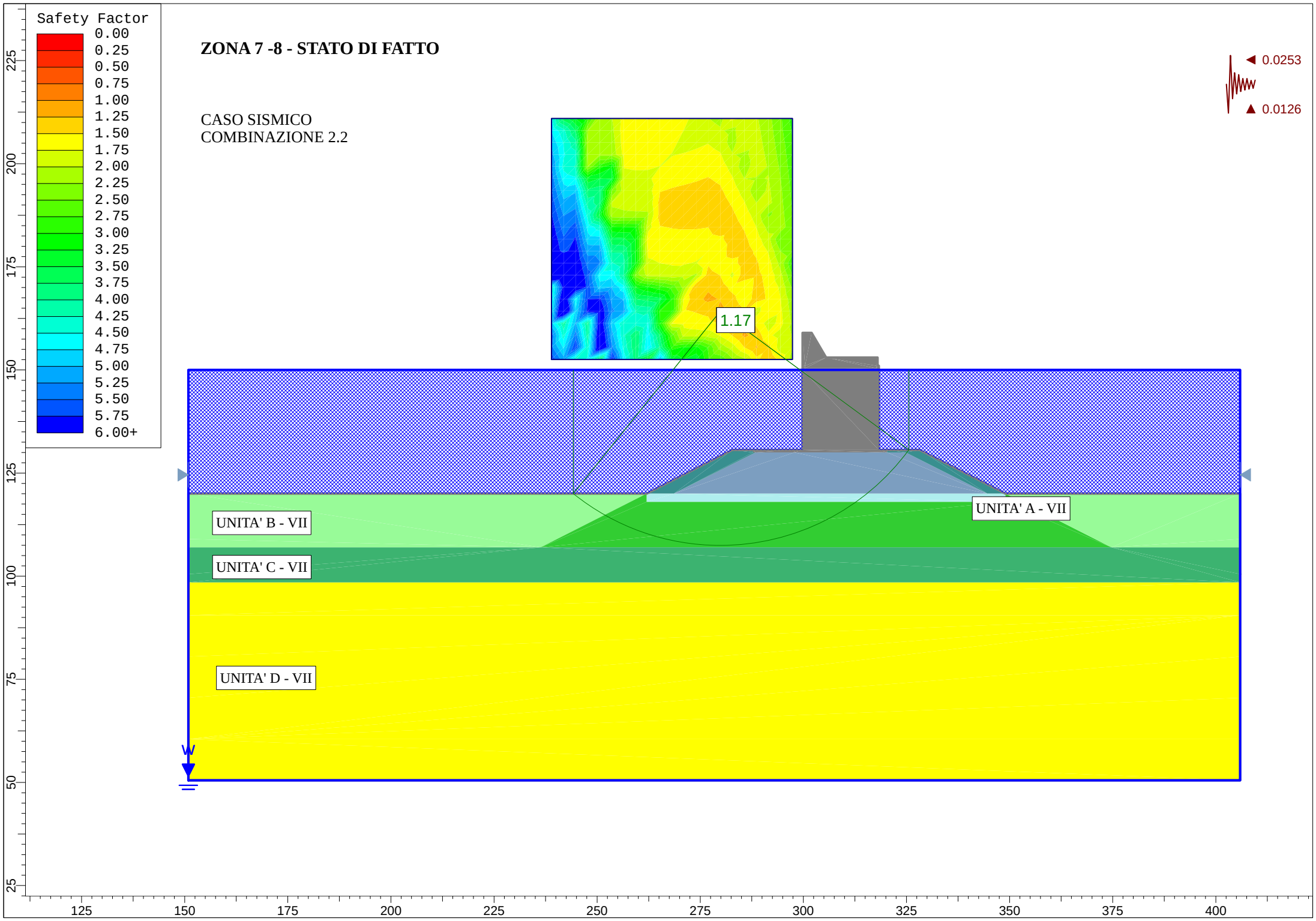

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI FATTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA
1.39
41.00 kN/m2
85.30 kN/m2
59.60 kN/m2
0.00 kN/m2
56.00 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
25
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI FATTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO
1.37
71.20 kN/m2
152.90 kN/m2
0.00 kN/m2
139.30 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
1.10
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400

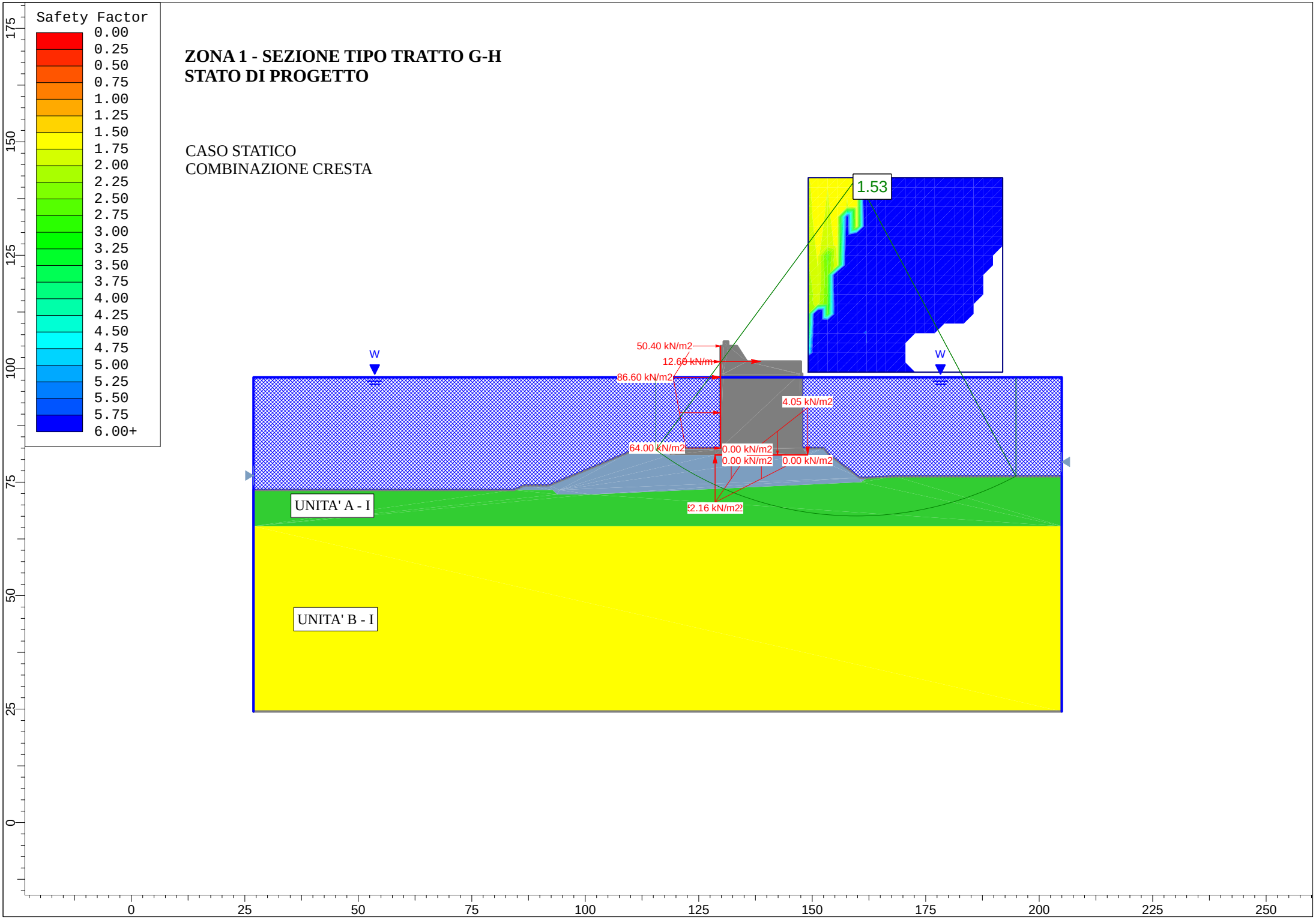

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2
0.0253
0.0126
1.13
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
0.0253
0.0126
1.14
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
25
50
75
100
125
150
175
200
225
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI FATTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.17
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
25
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400

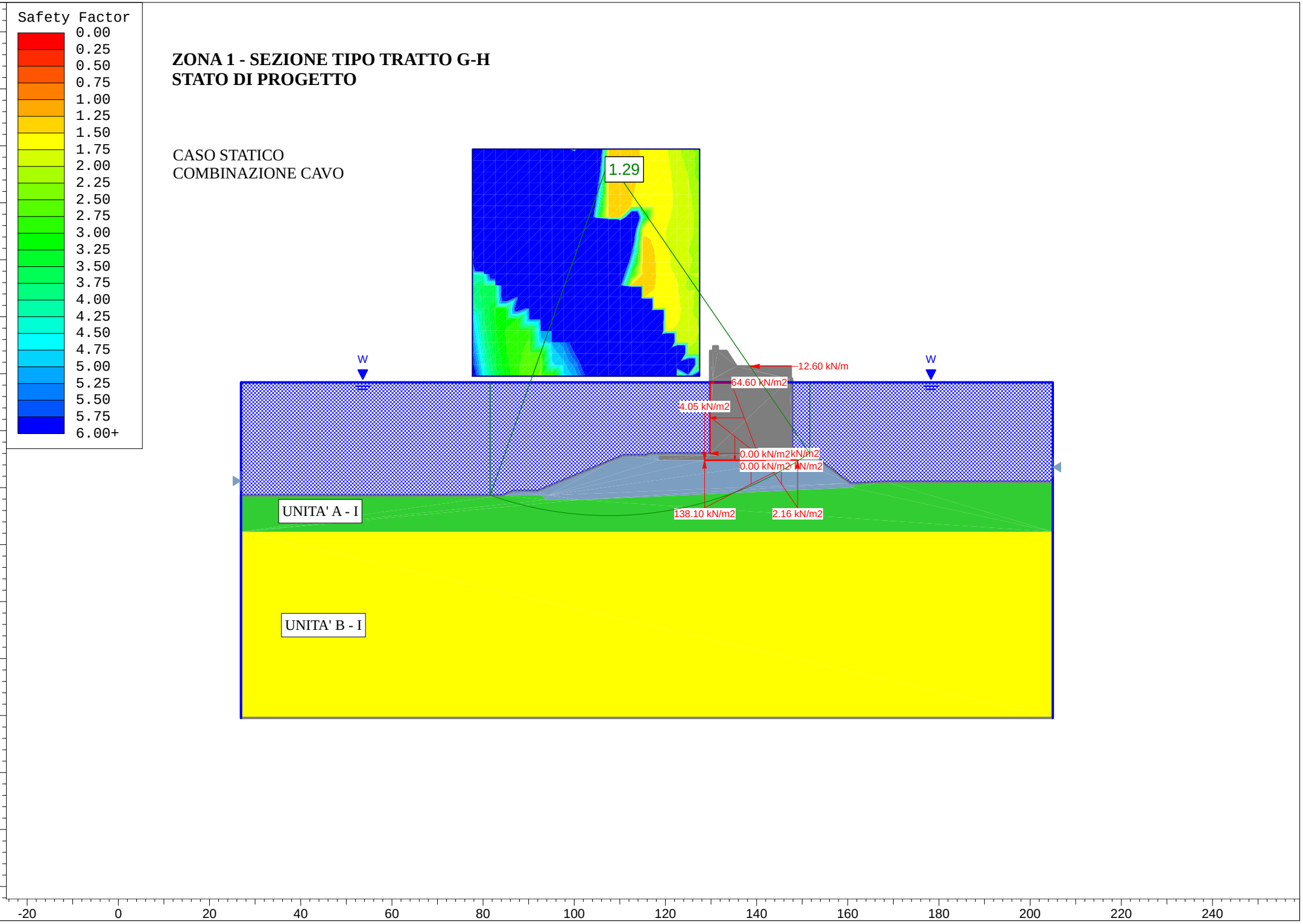
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO

CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA



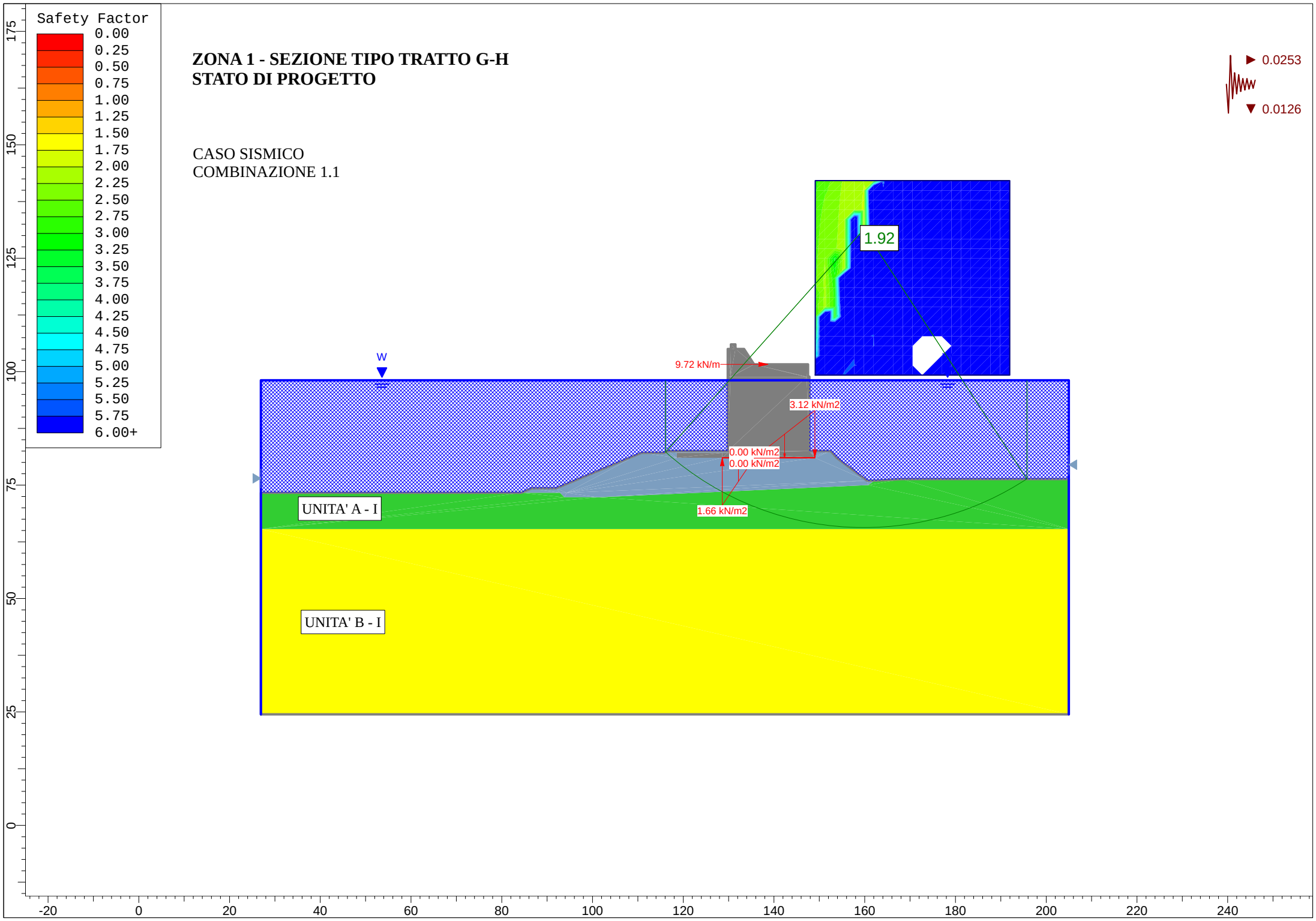
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO

CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO



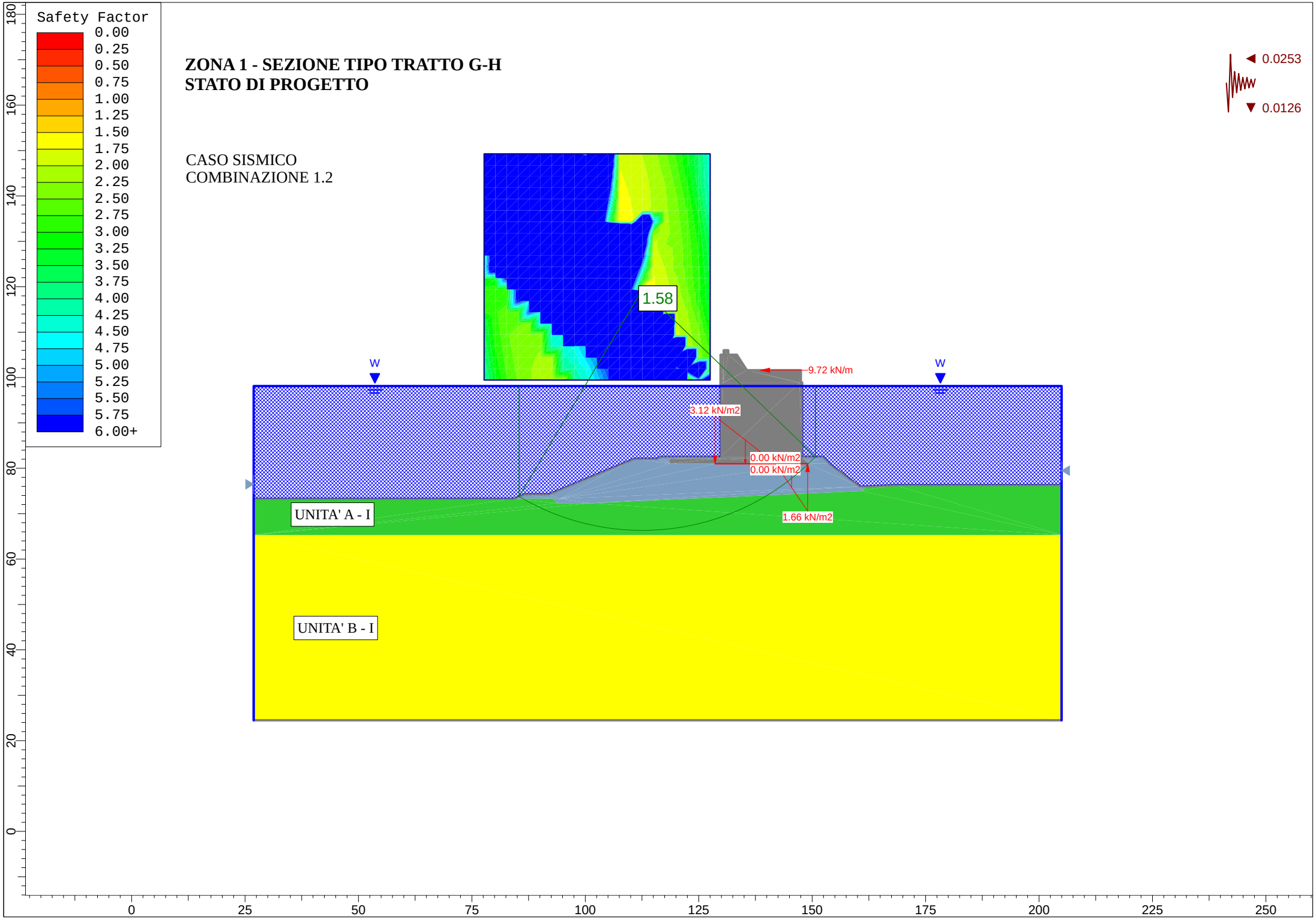
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO

CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1



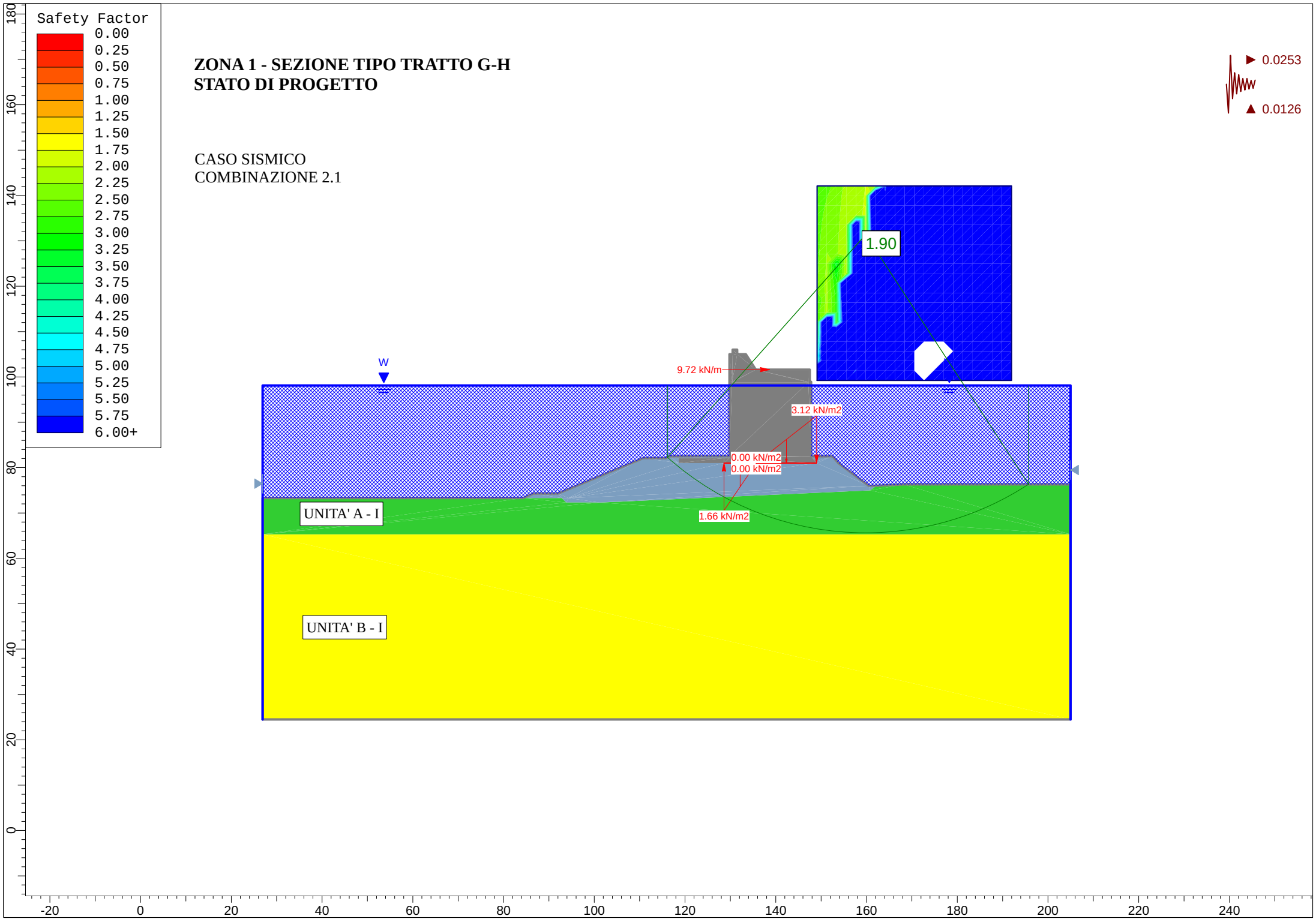
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO

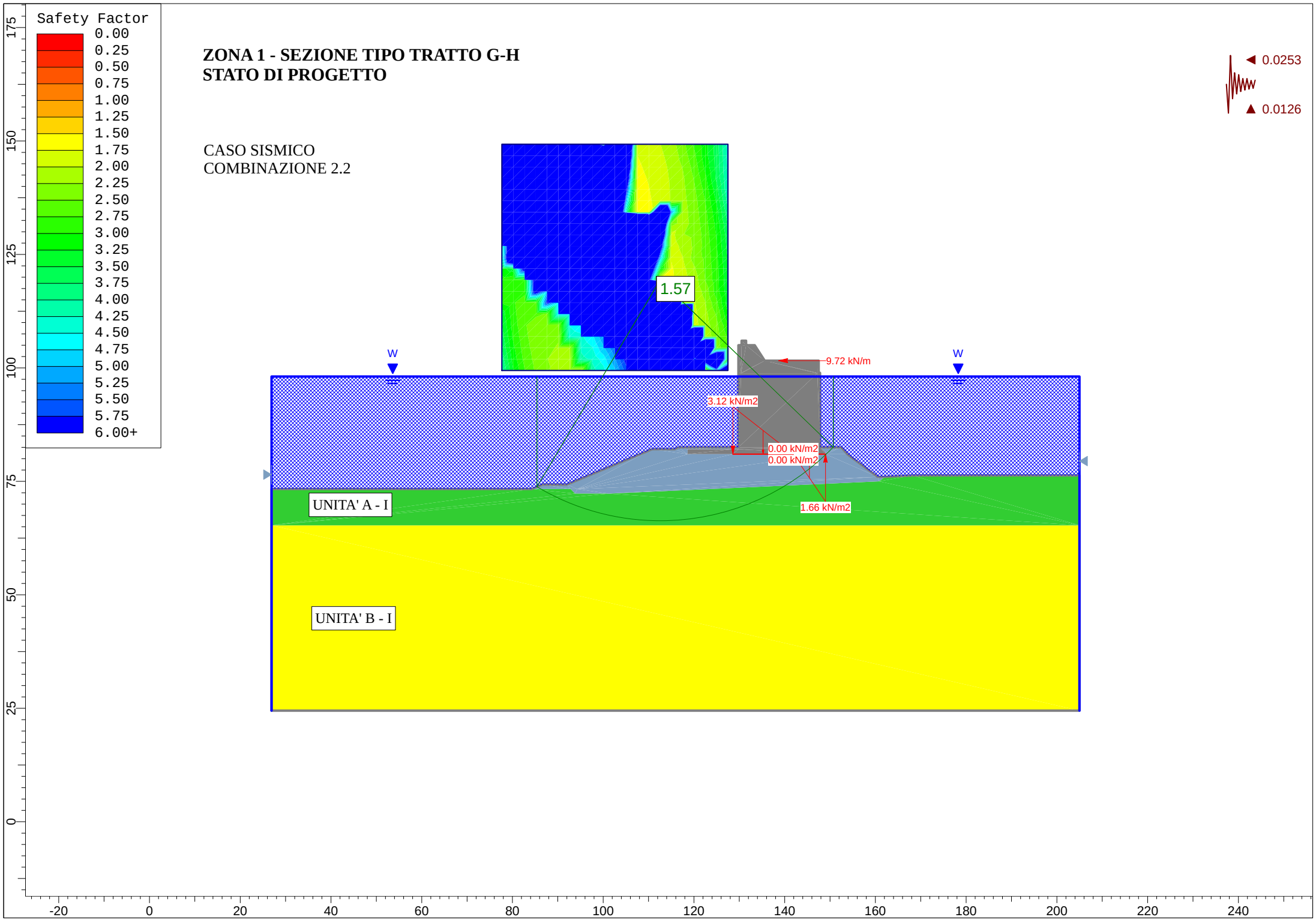
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2



ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO

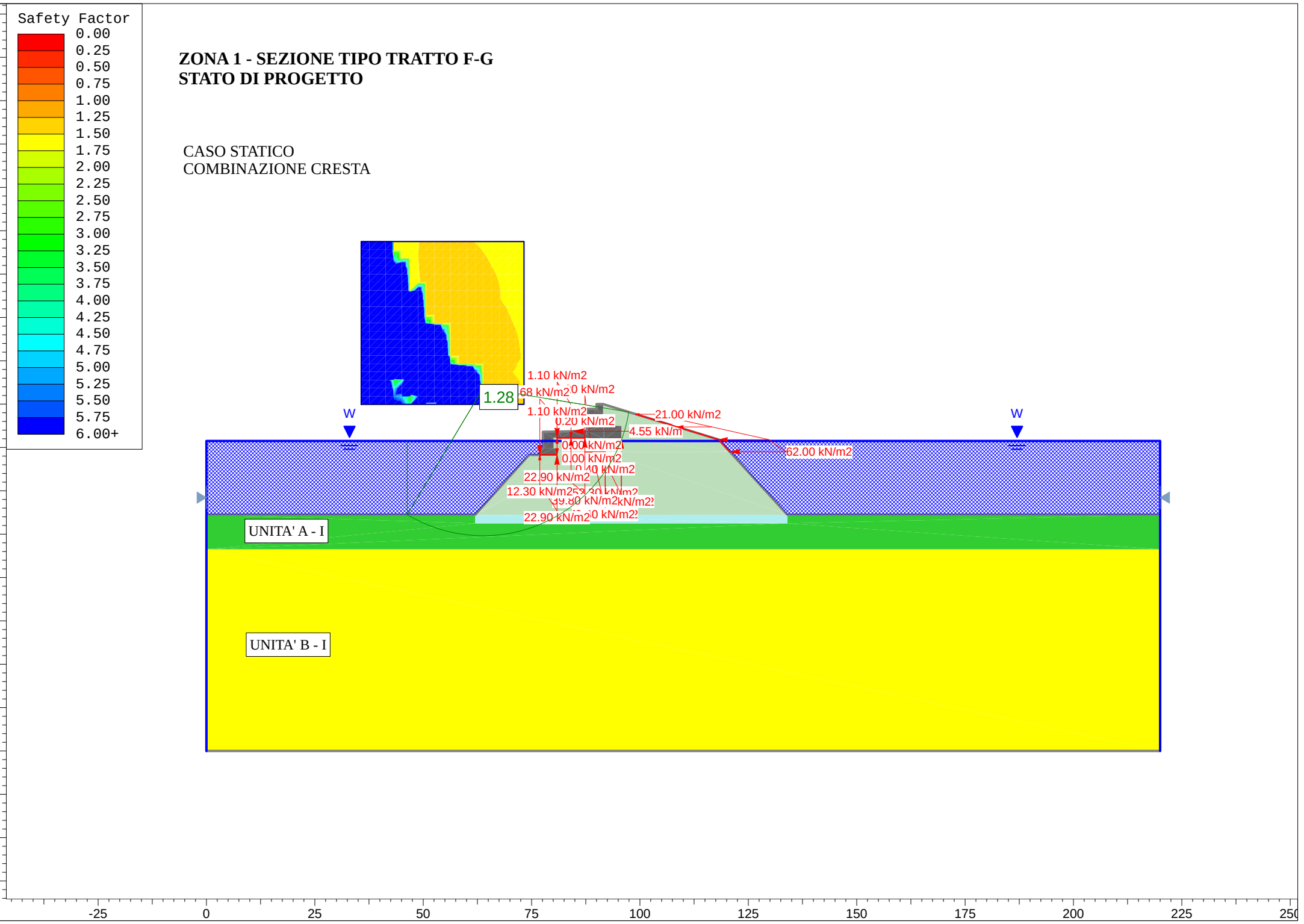
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1




Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO G-H
STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.57
W
W
9.72 kN/m
3.12 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
1.66 kN/m2
UNITA' A - I
UNITA' B - I
175
150
125
100
75
50
25
0
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240

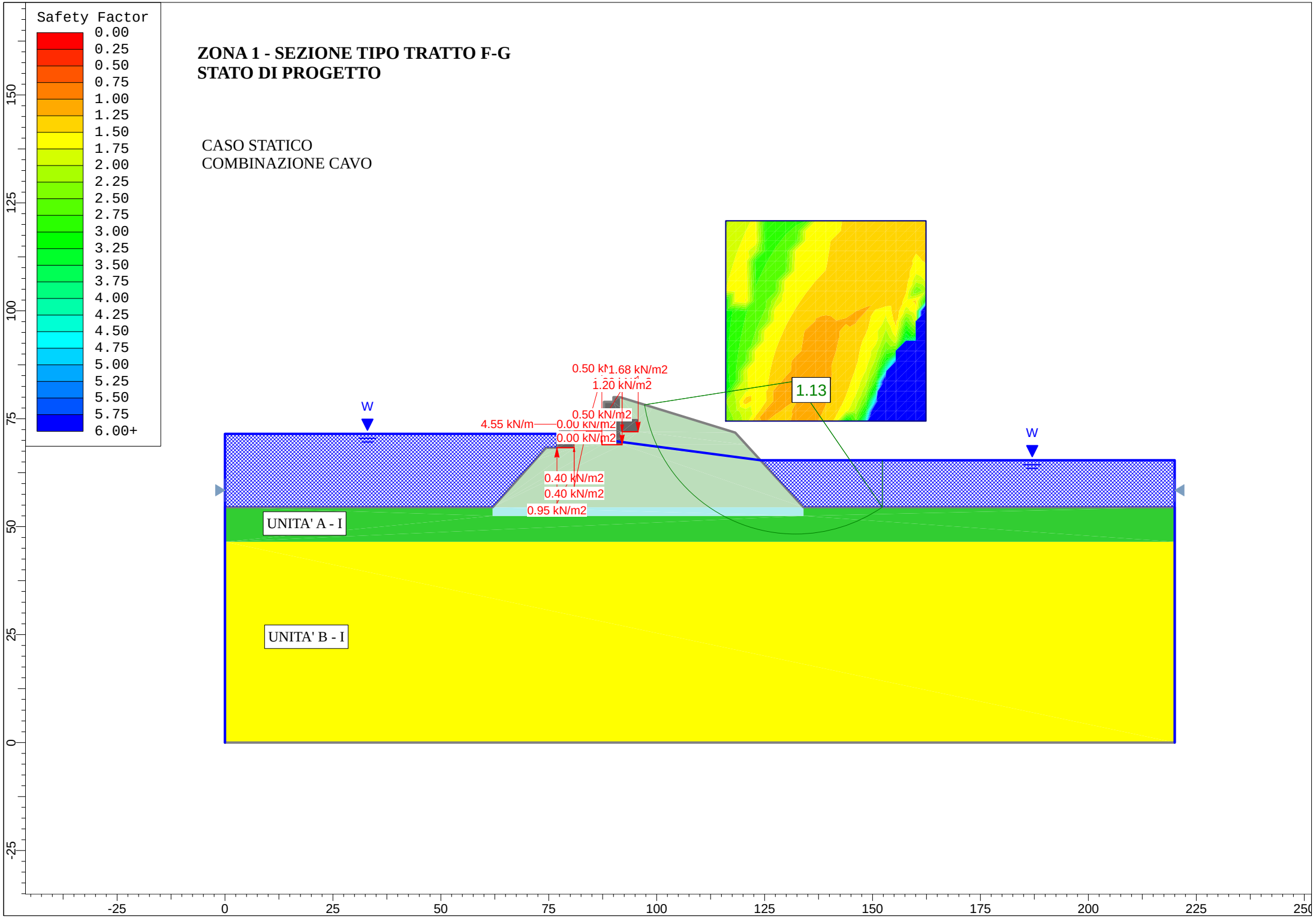
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO

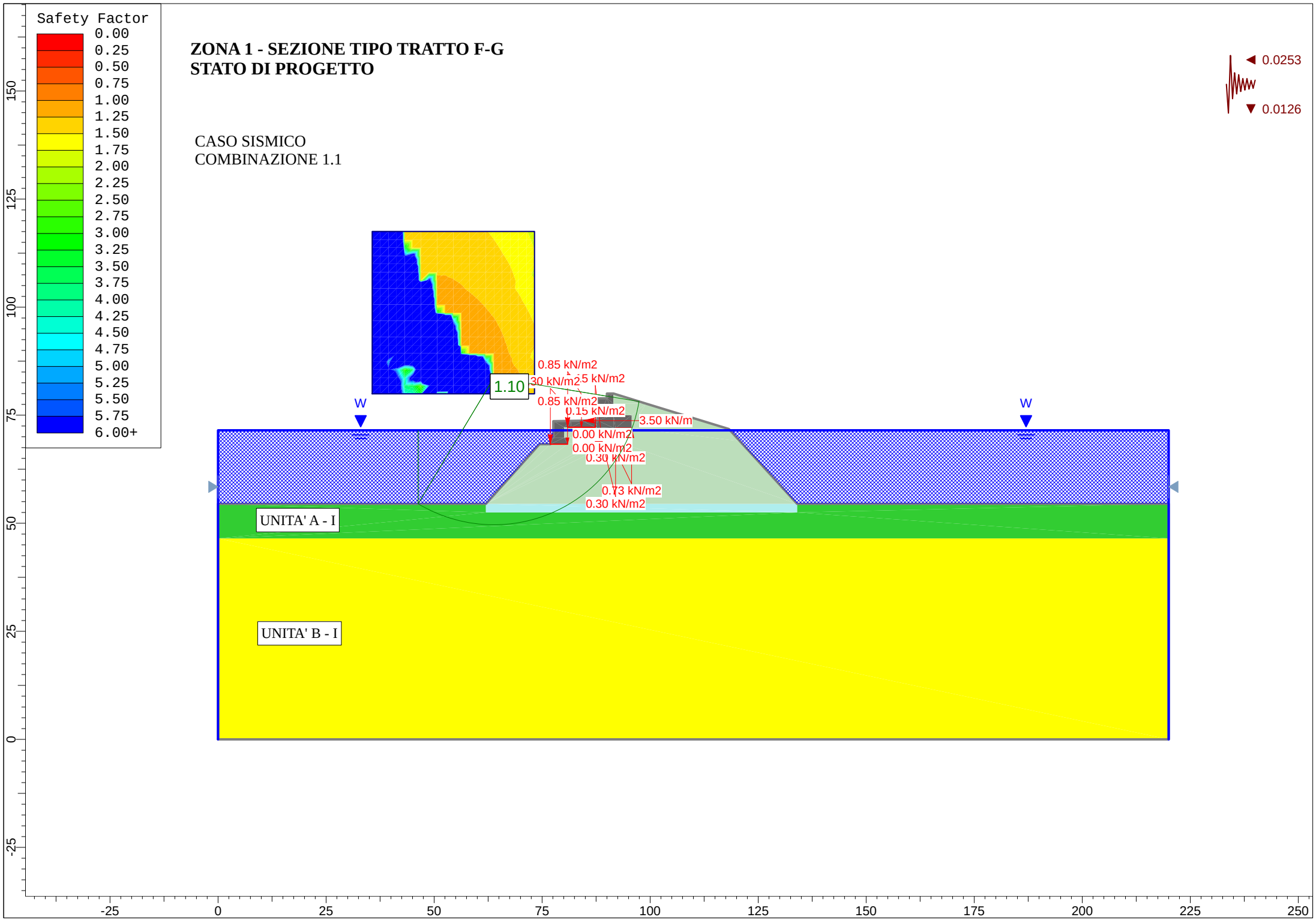
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA



ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO

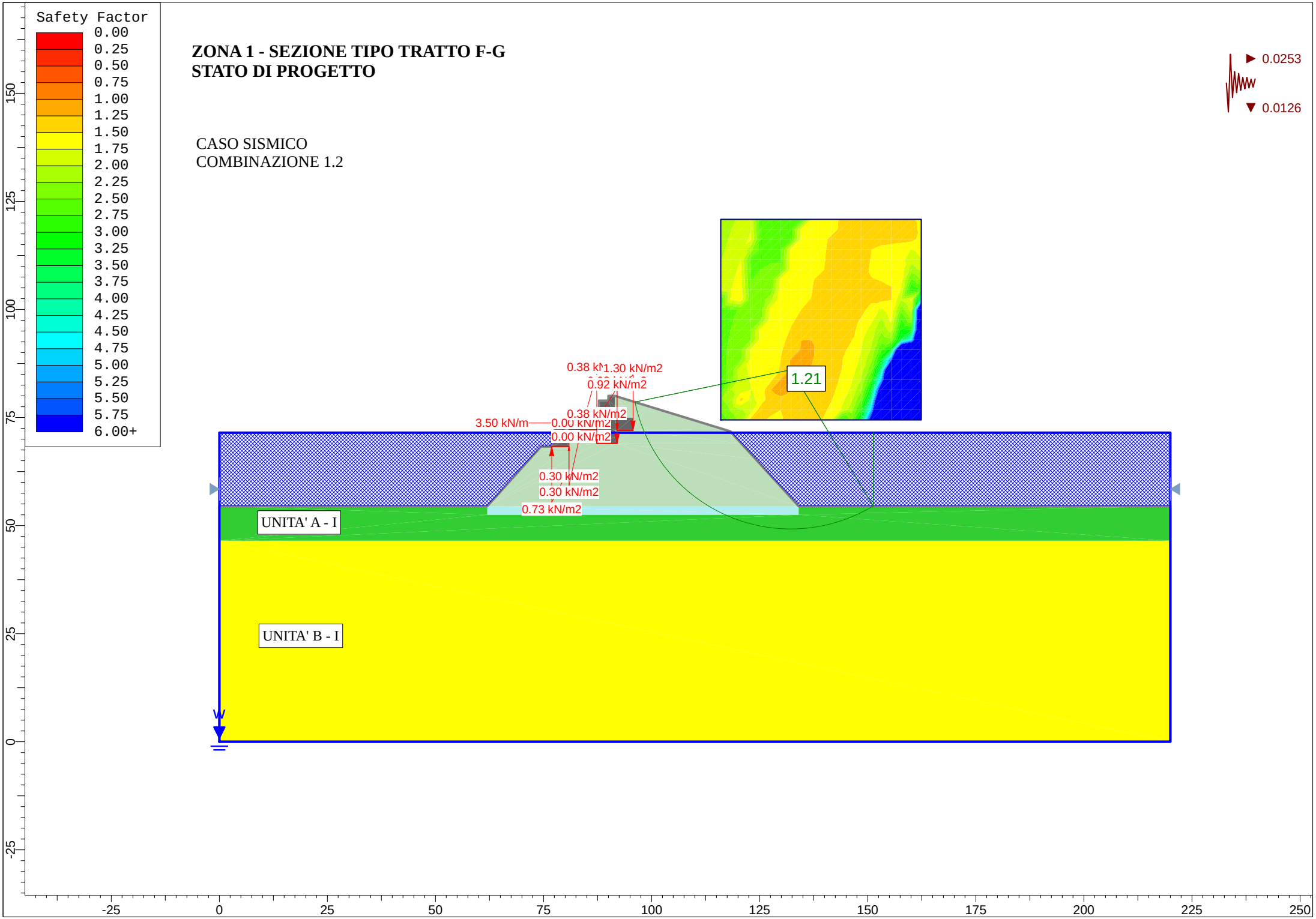
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO

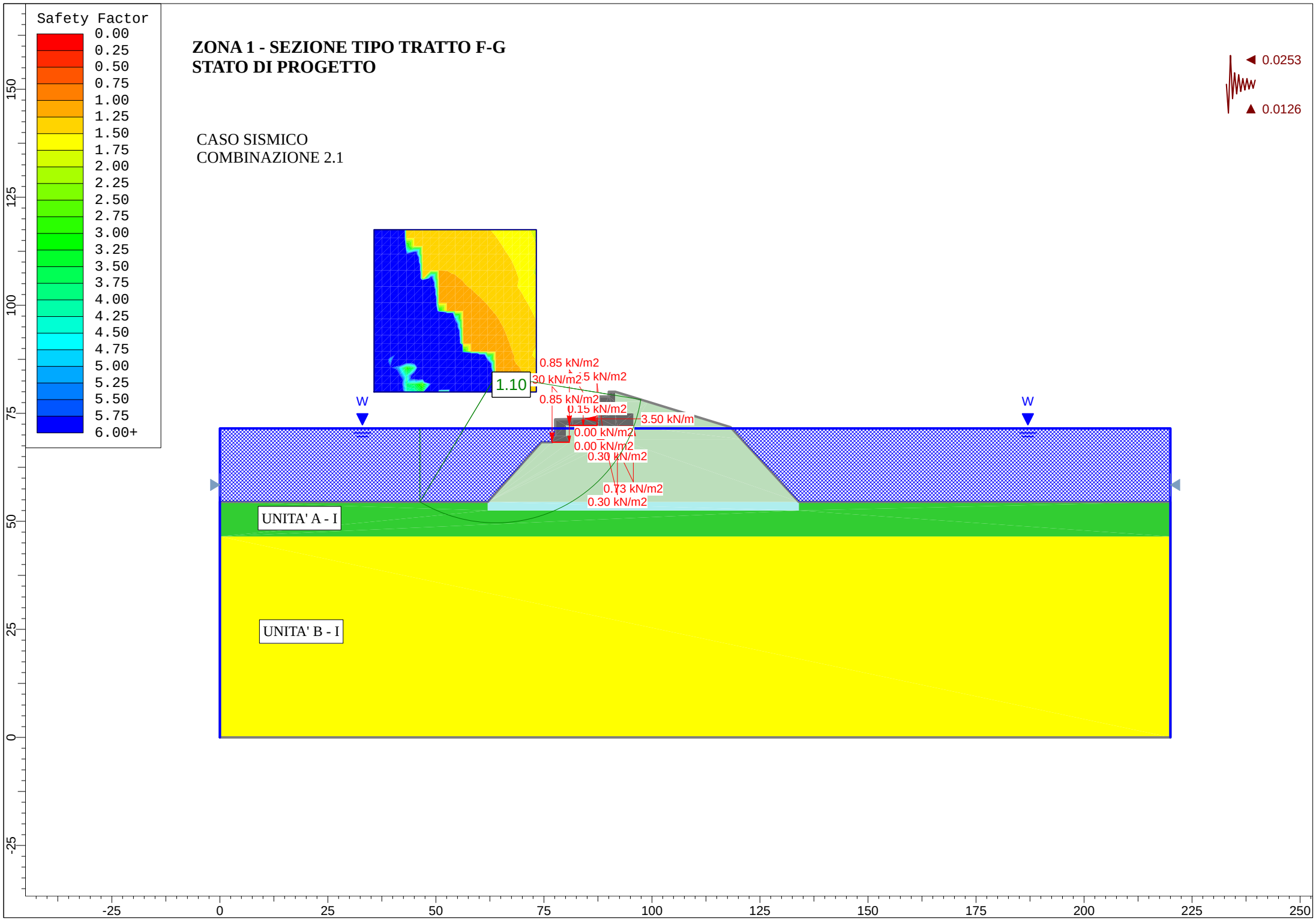


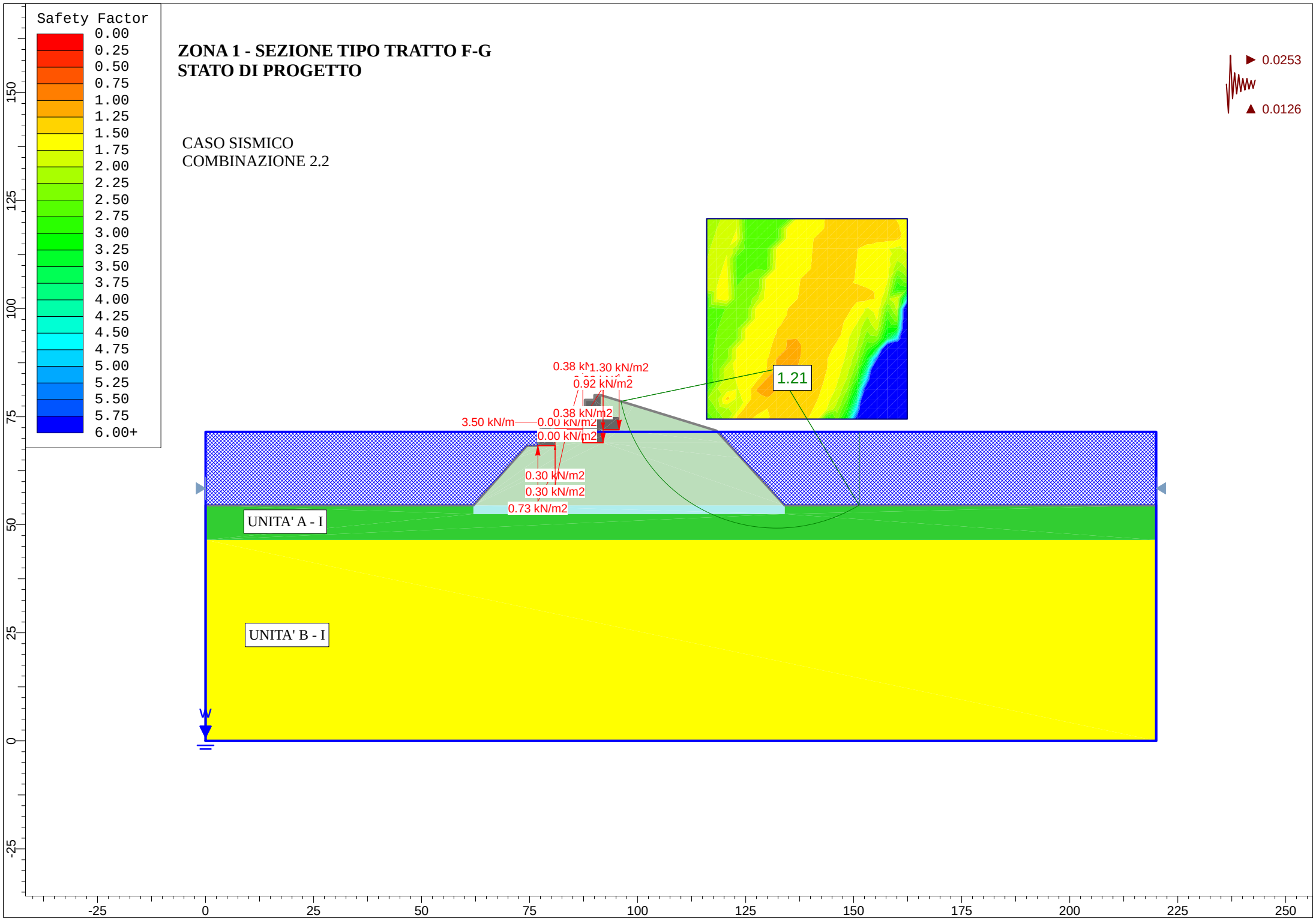

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO
0.0253
0.0126
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
1.10
W
W
0.85 kN/m2
30 kN/m2
0.85 kN/m2
0.15 kN/m2
3.50 kN/m
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
0.30 kN/m2
0.73 kN/m2
0.30 kN/m2
UNITA' A - I
UNITA' B - I
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

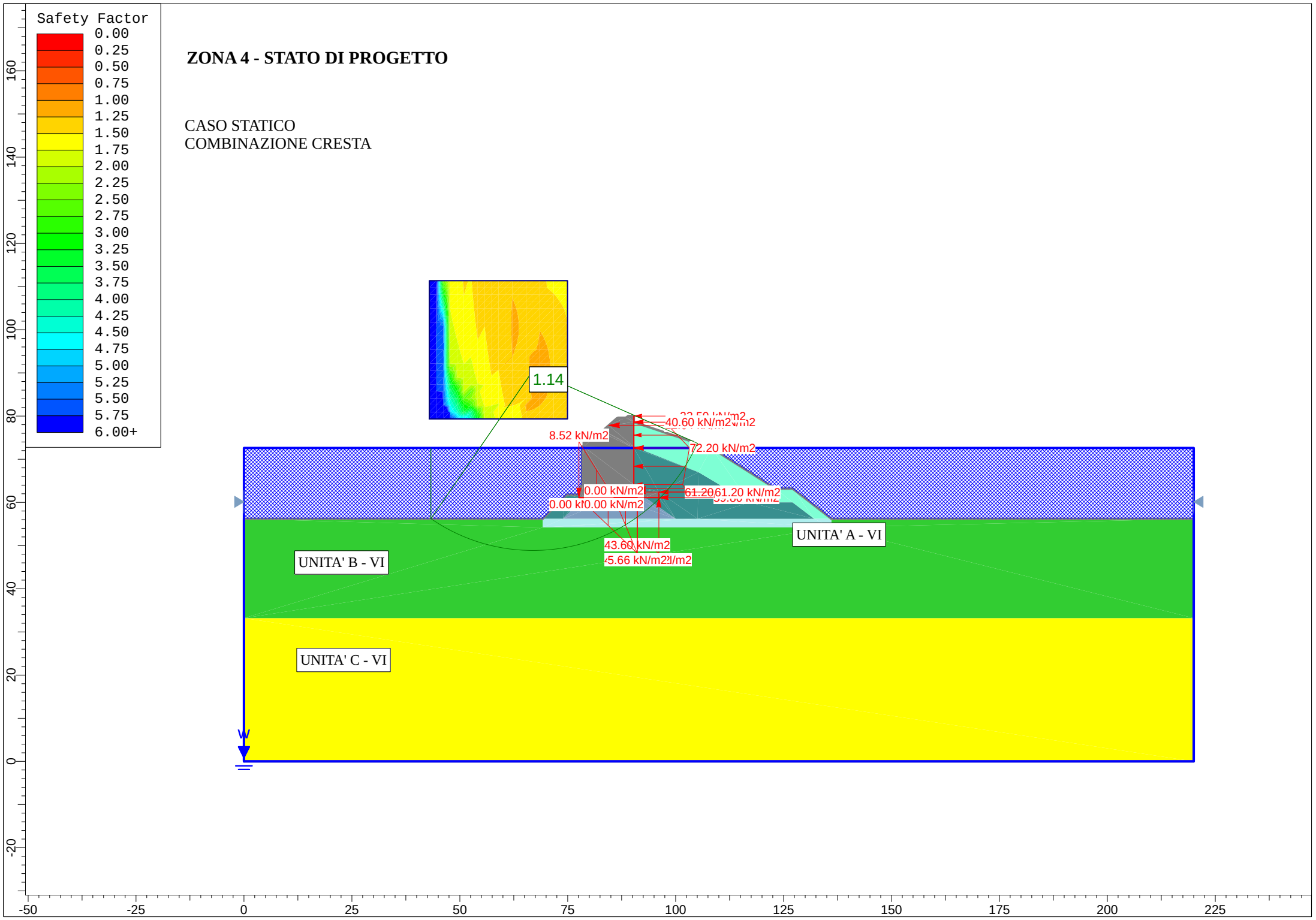
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO

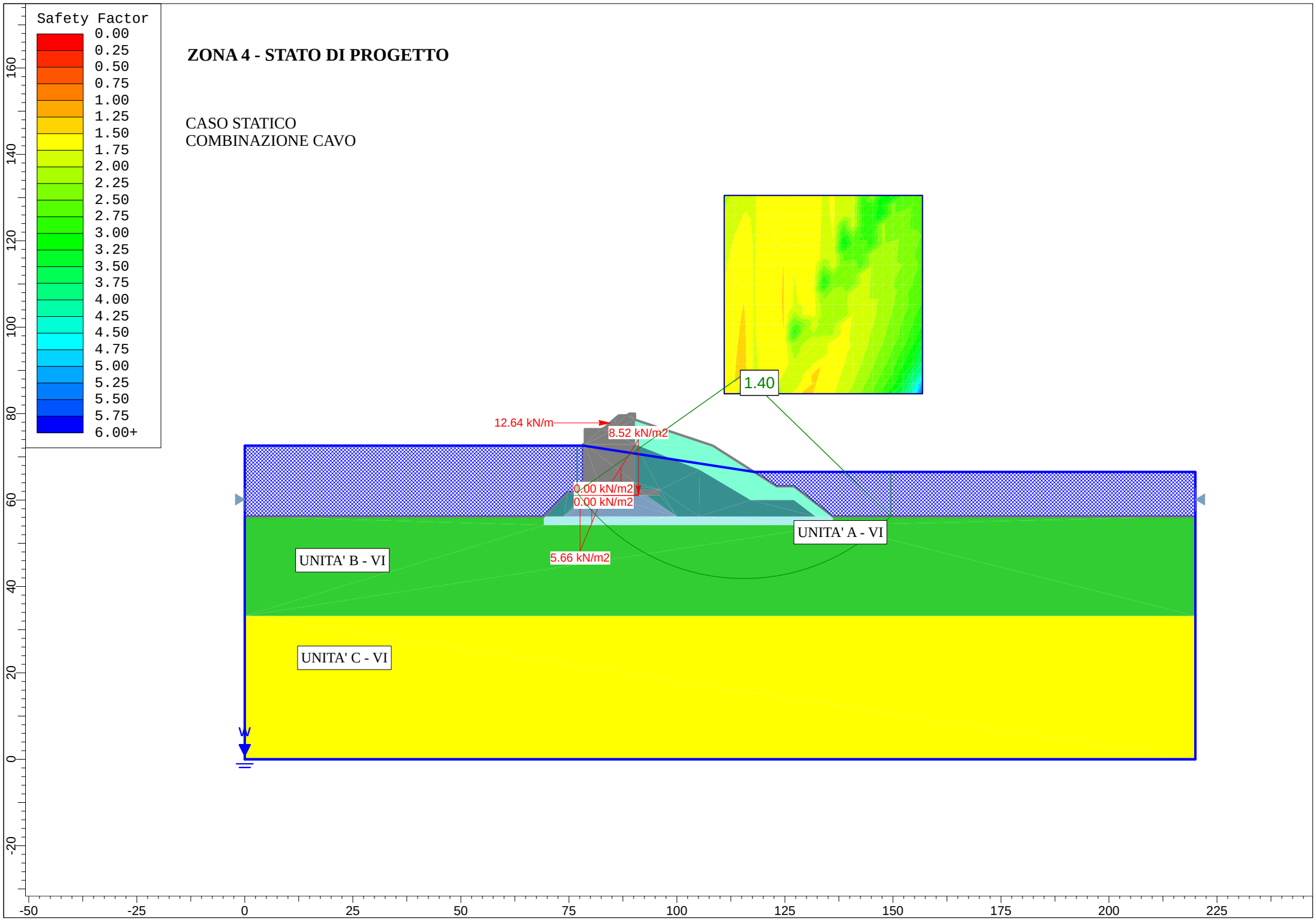
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2

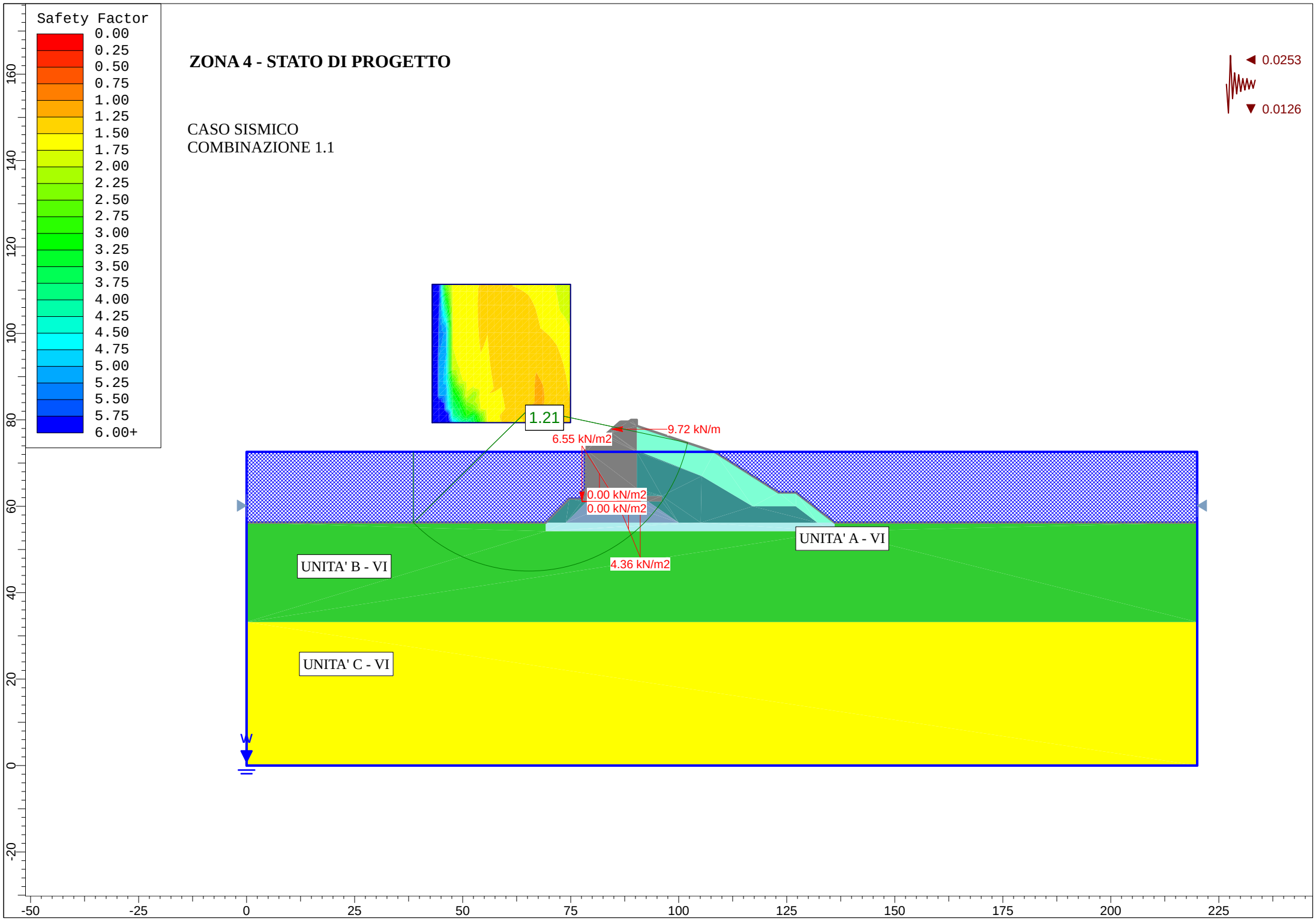


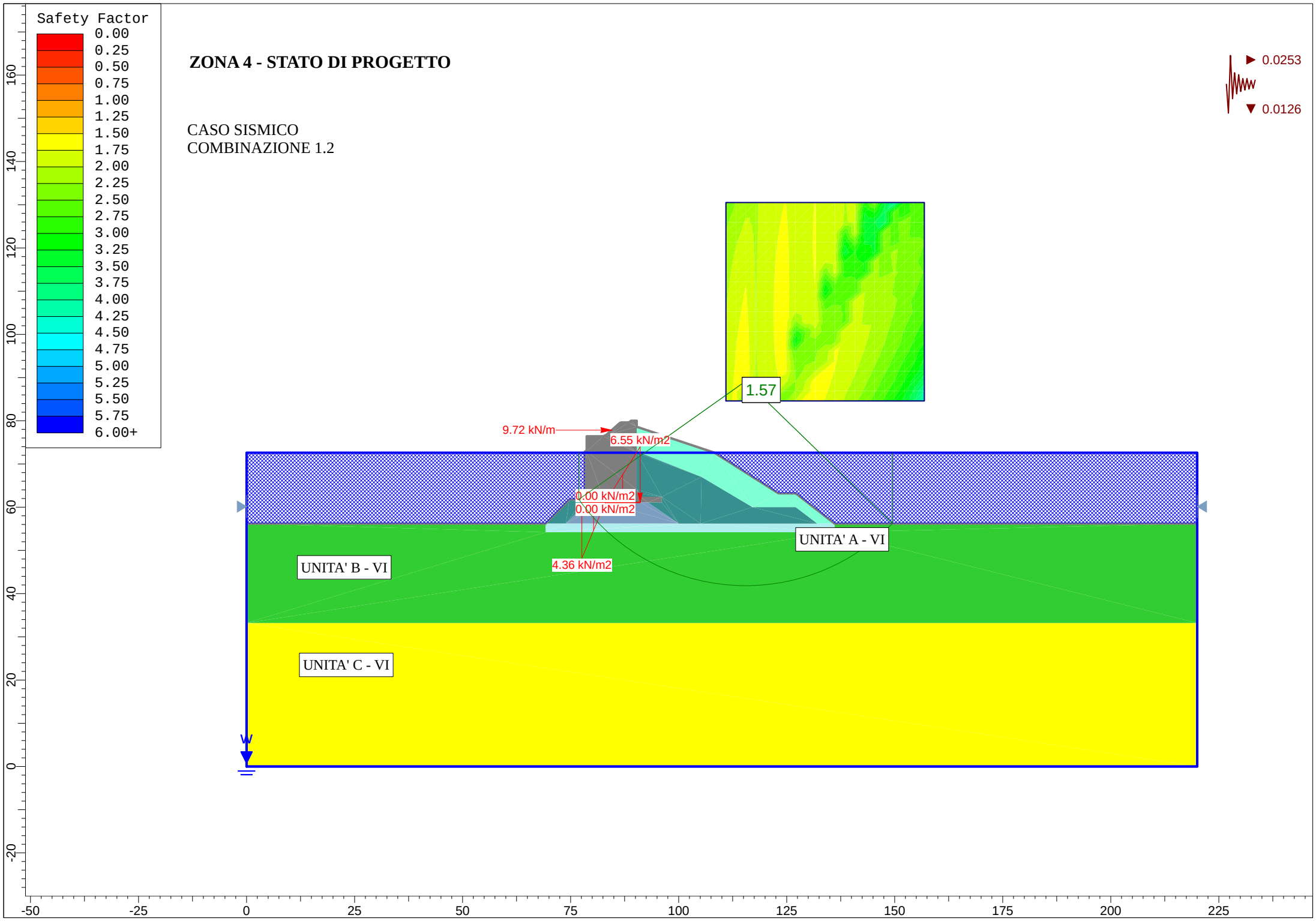

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO
0.0253
0.0126
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
1.10
0.85 kN/m2
30 kN/m2
5 kN/m2
0.85 kN/m2
0.15 kN/m2
3.50 kN/m
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
0.30 kN/m2
0.73 kN/m2
0.30 kN/m2
W
W
UNITA' A - I
UNITA' B - I
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

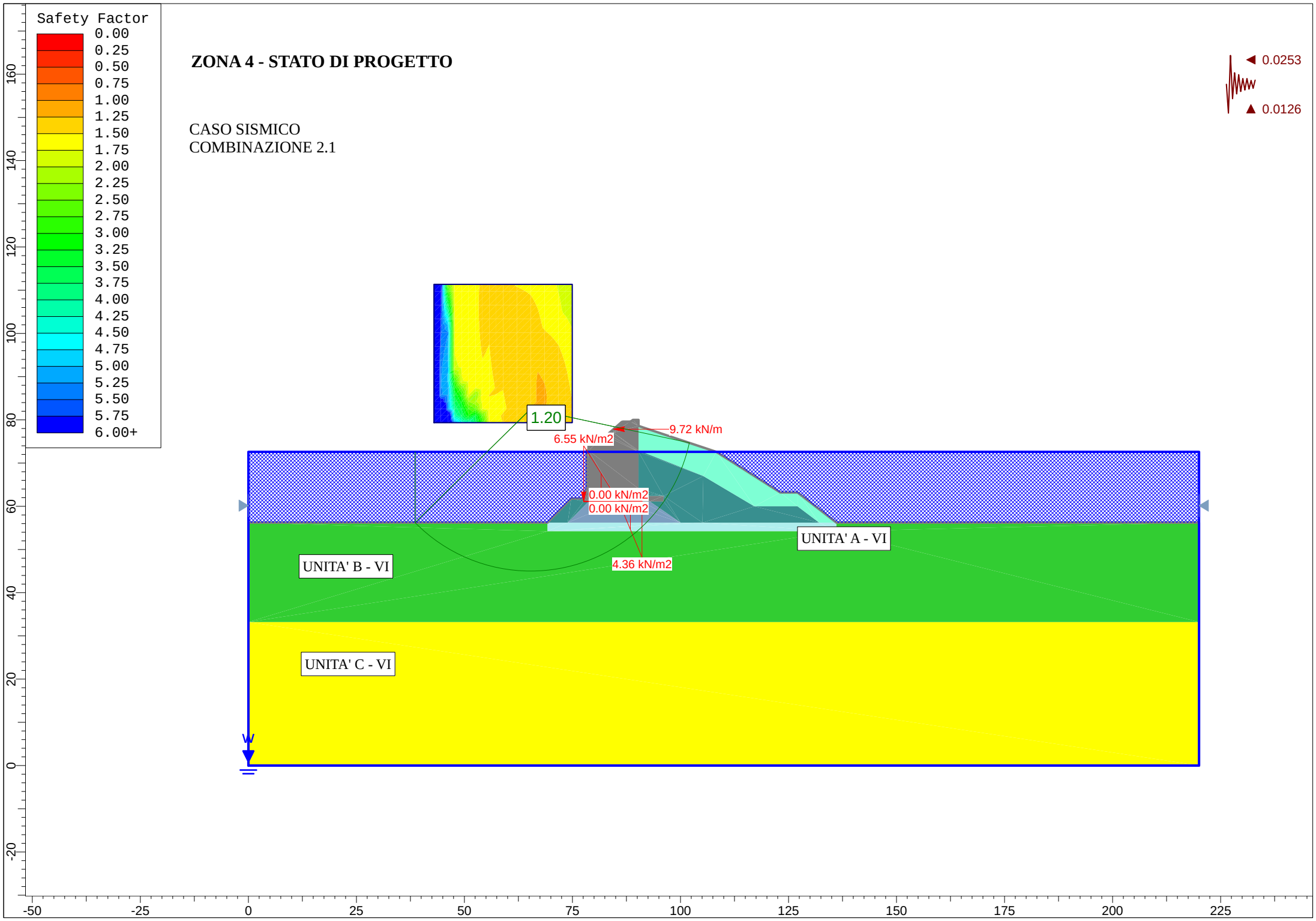

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 1 - SEZIONE TIPO TRATTO F-G
STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.21
0.38 kN
1.30 kN/m2
0.92 kN/m2
0.38 kN/m2
3.50 kN/m
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
0.30 kN/m2
0.30 kN/m2
0.73 kN/m2
UNITA' A - I
UNITA' B - I
150
125
100
75
50
25
0
-25
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250

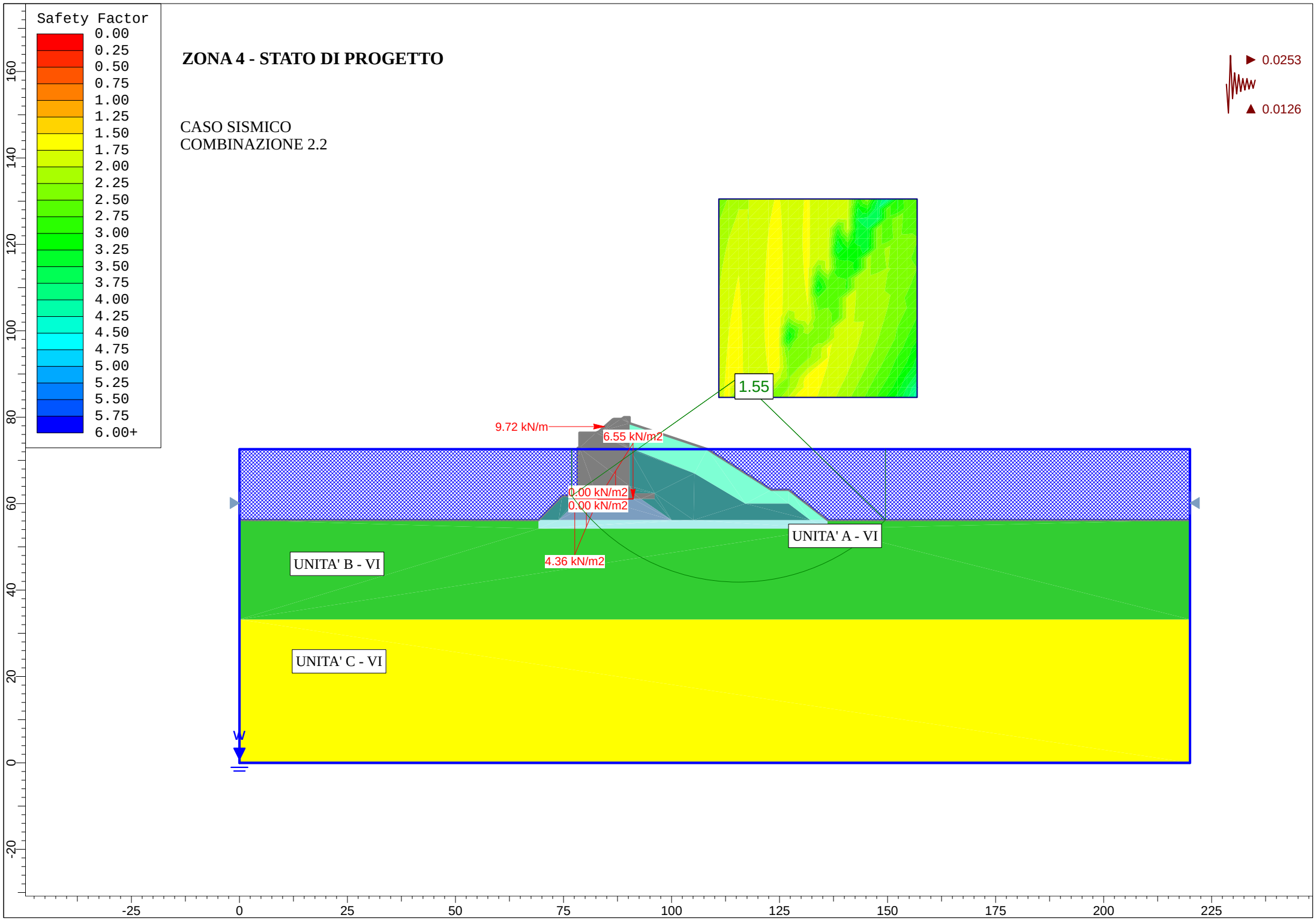

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI PROGETTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA
1.14
8.52 kN/m2
40.60 kN/m2
72.20 kN/m2
0.00 kN/m2
61.20 kN/m2
0.00 kN/m2
43.60 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

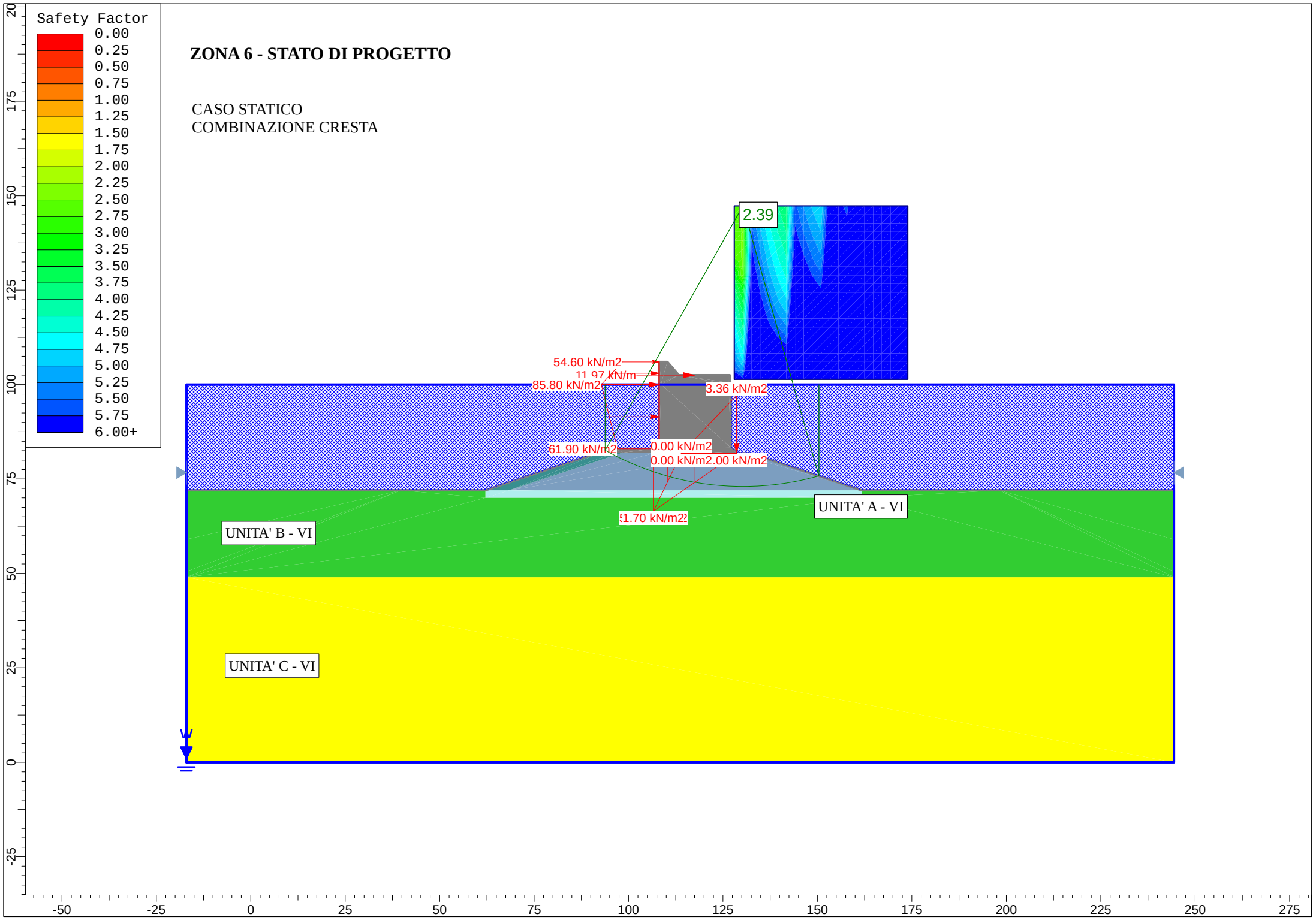

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI PROGETTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO
1.40
12.64 kN/m
8.52 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
5.66 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

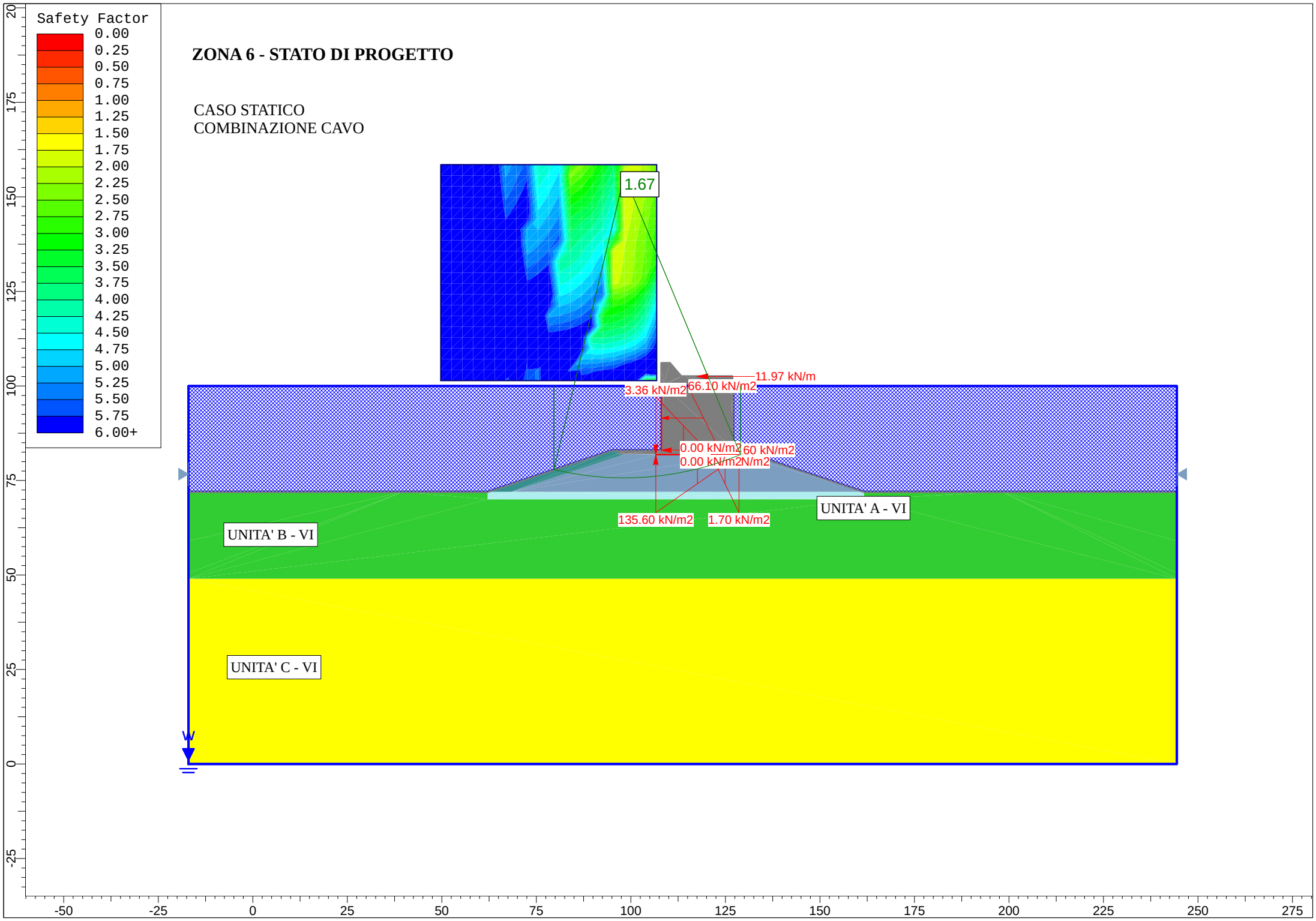

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
1.21
9.72 kN/m
6.55 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
4.36 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

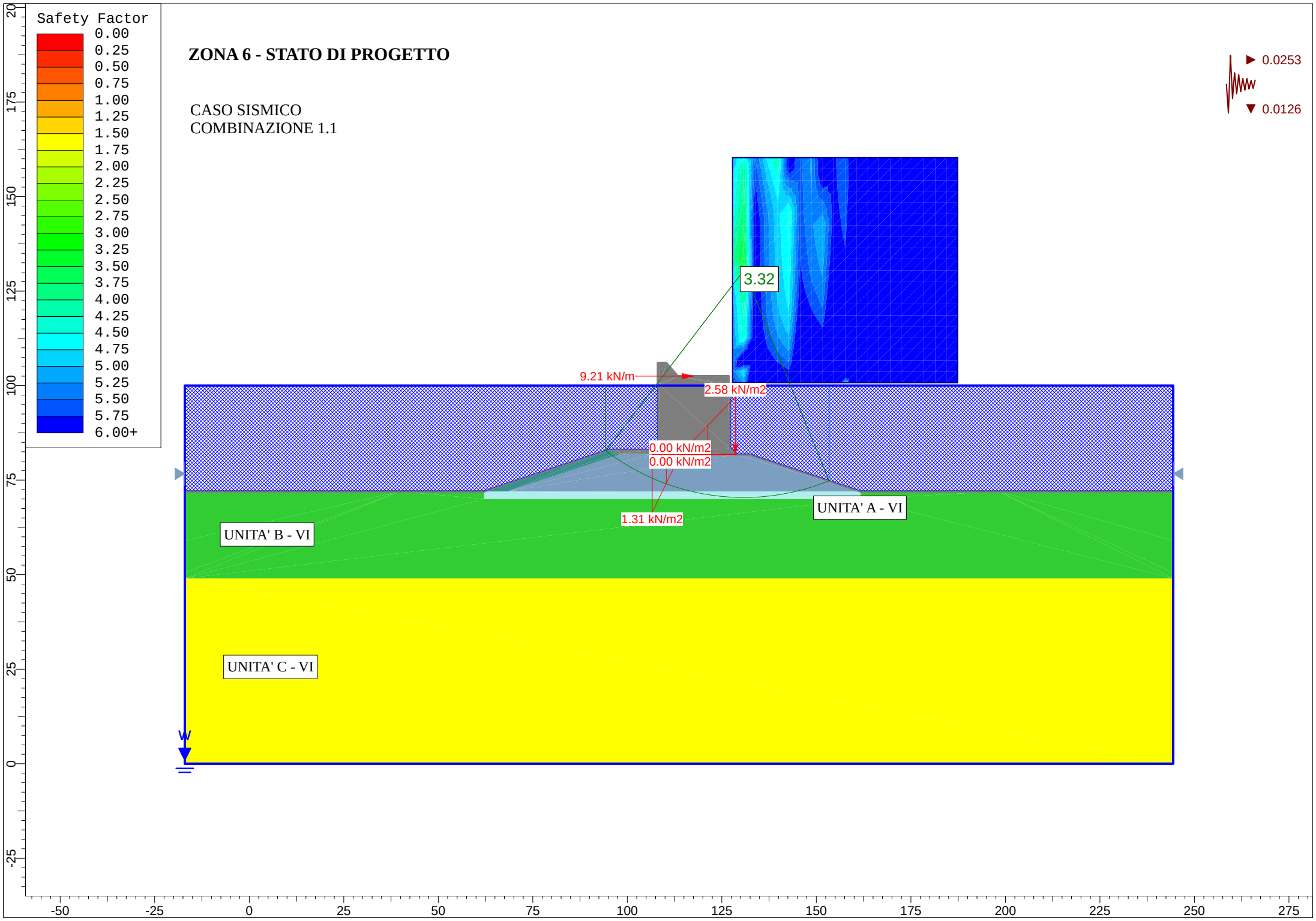

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2
0.0253
0.0126
1.57
9.72 kN/m
6.55 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
4.36 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

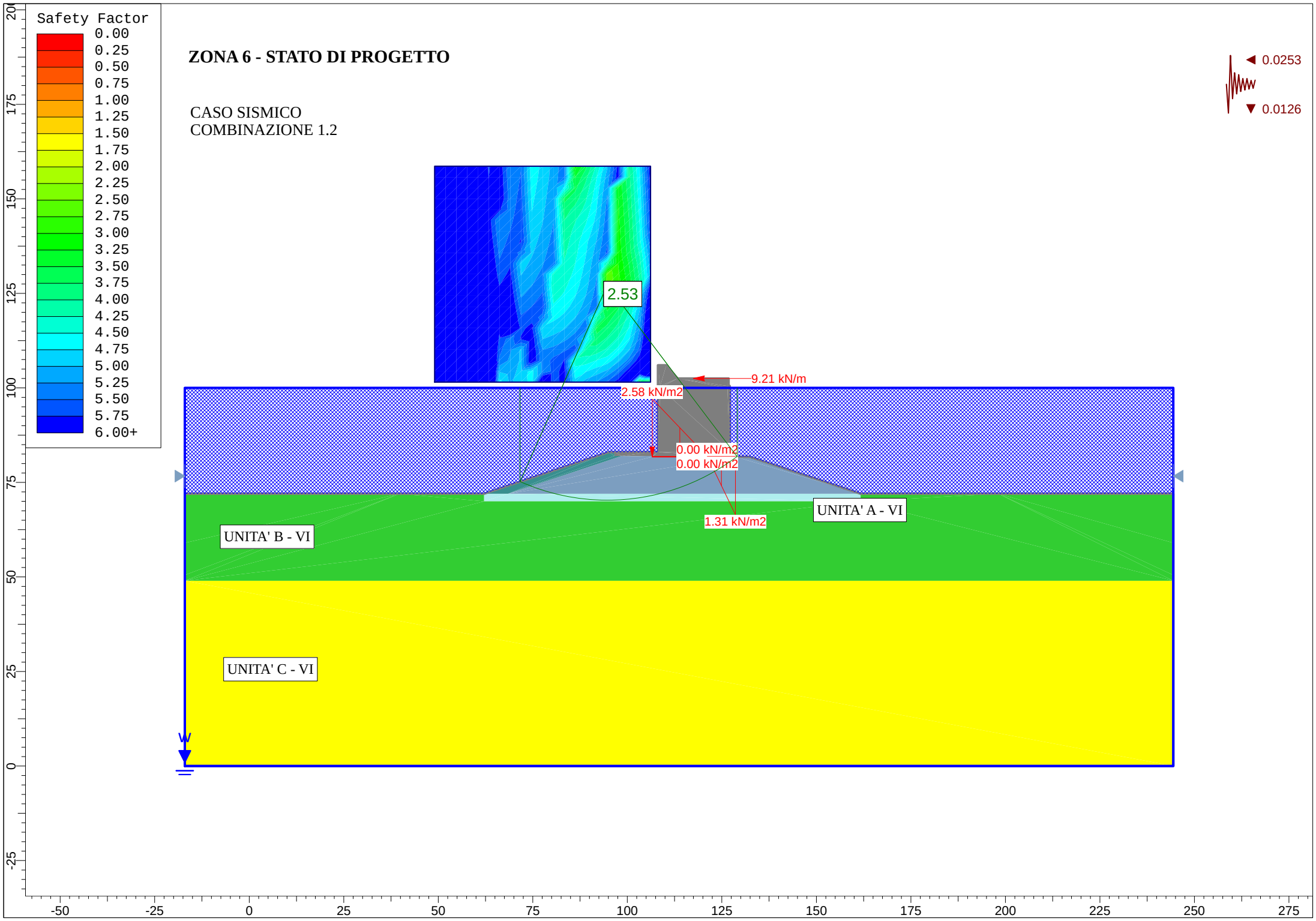

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
0.0253
0.0126
1.20
9.72 kN/m
6.55 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
4.36 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

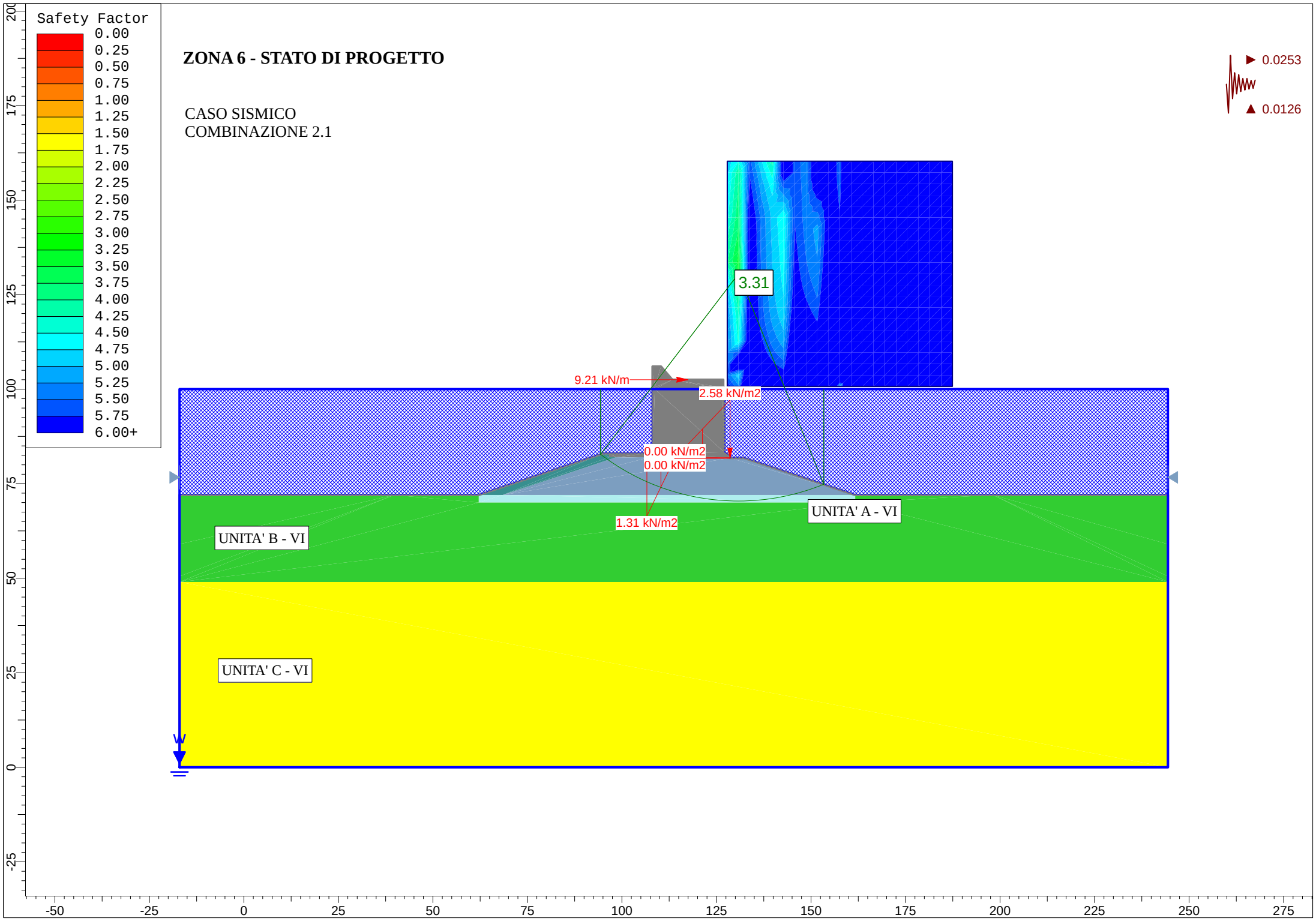

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 4 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.55
9.72 kN/m
6.55 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
4.36 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

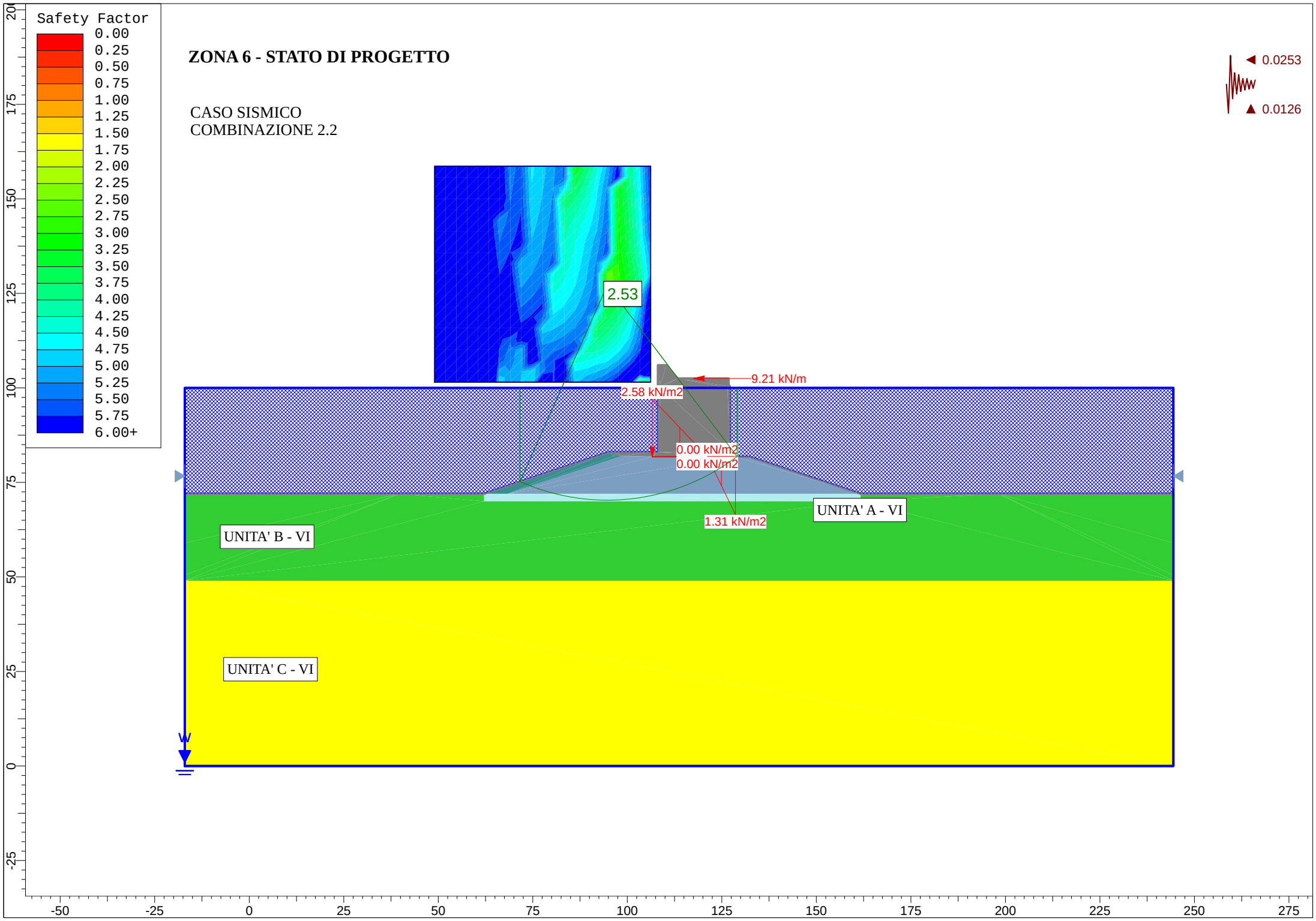

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI PROGETTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA
2.39
54.60 kN/m2
11.97 kN/m
85.80 kN/m2
3.36 kN/m2
61.90 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
2.00 kN/m2
1.70 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
20
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

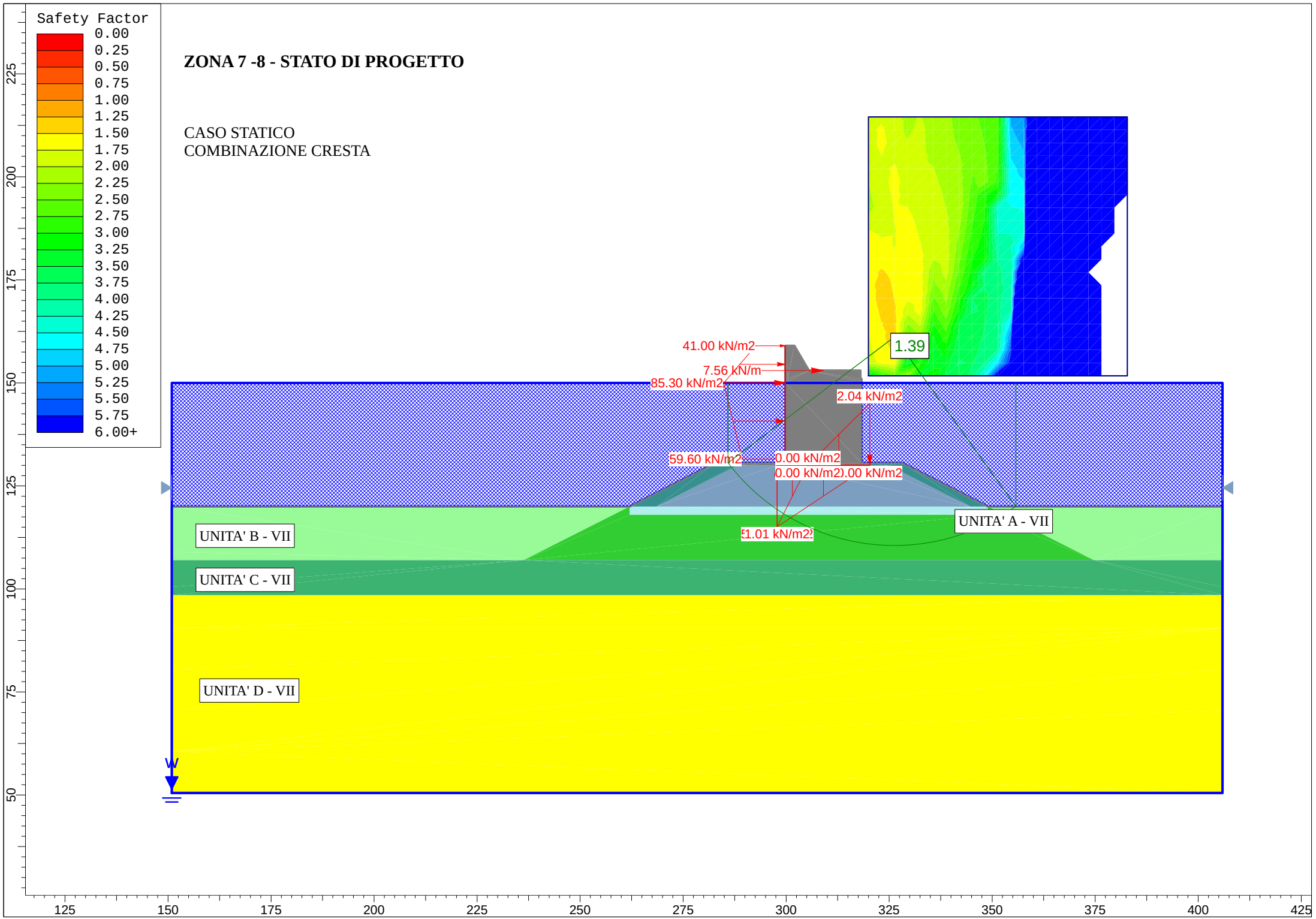

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI PROGETTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO
1.67
11.97 kN/m
3.36 kN/m2
66.10 kN/m2
0.00 kN/m2
60 kN/m2
0.00 kN/m2
N/m2
135.60 kN/m2
1.70 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
20
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
3.32
9.21 kN/m
2.58 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
1.31 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
20
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2
0.0253
0.0126
2.53
9.21 kN/m
2.58 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
1.31 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

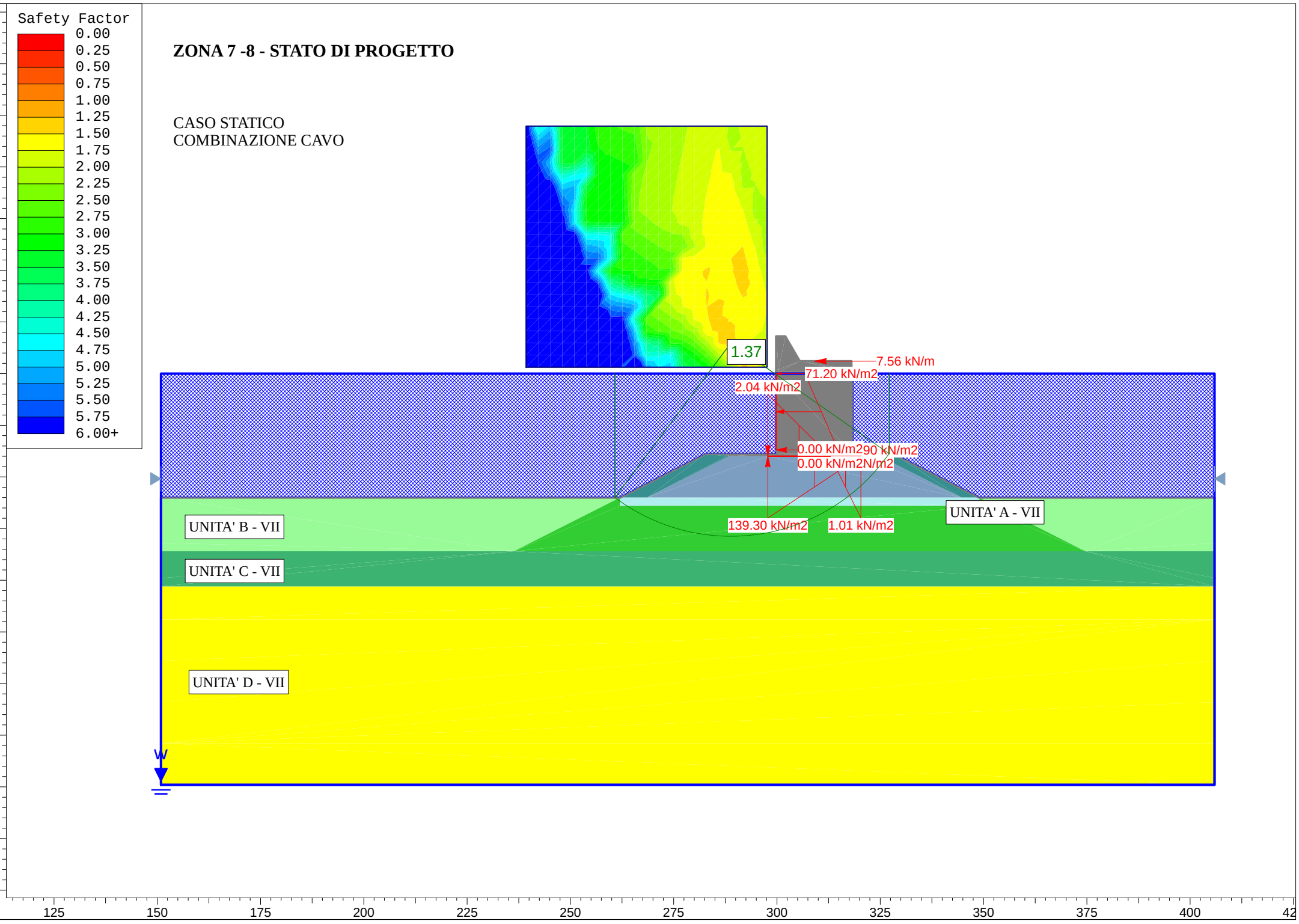

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
0.0253
0.0126
3.31
9.21 kN/m
2.58 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
1.31 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

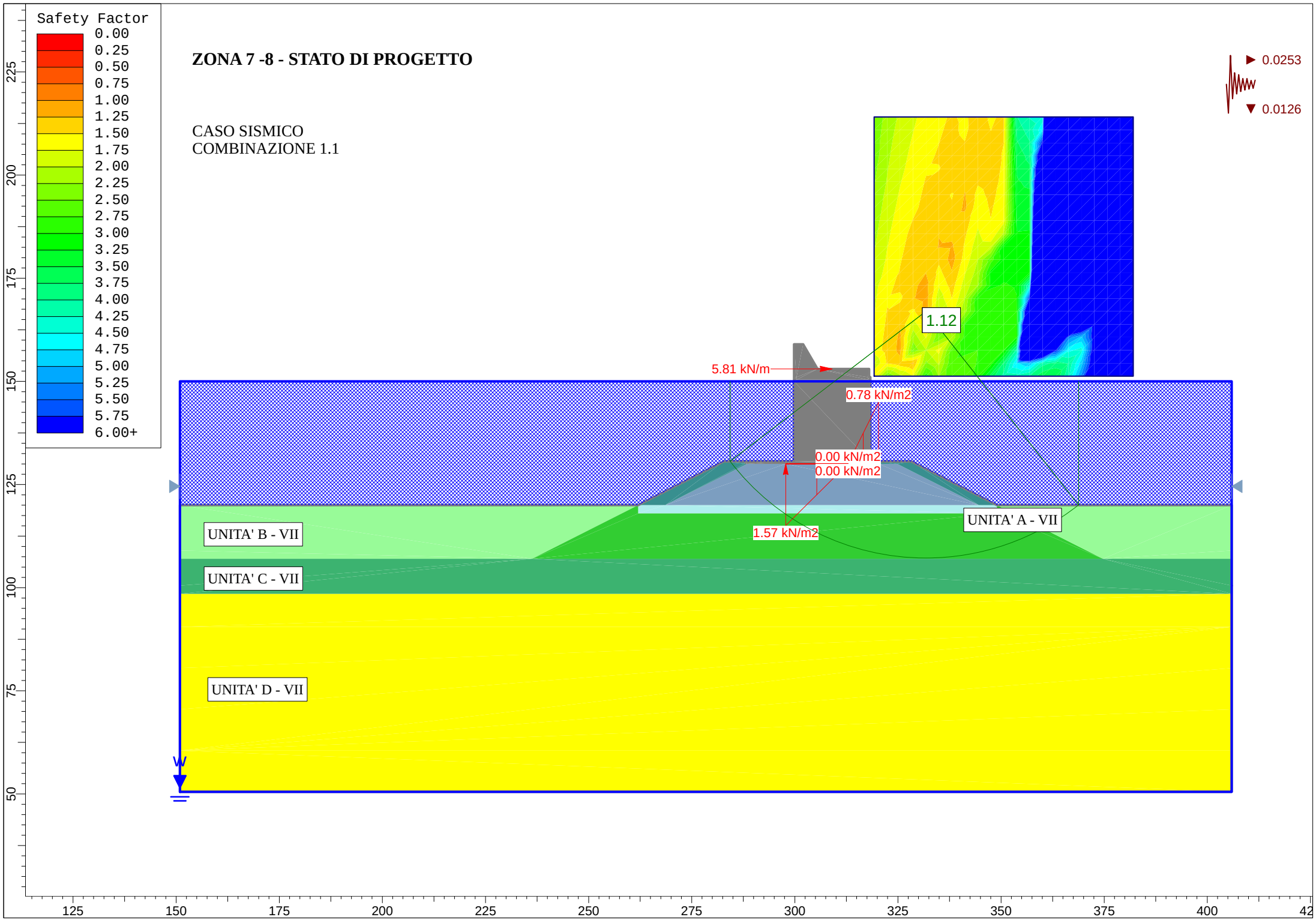

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 6 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
2.53
9.21 kN/m
2.58 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
1.31 kN/m2
UNITA' A - VI
UNITA' B - VI
UNITA' C - VI
W
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

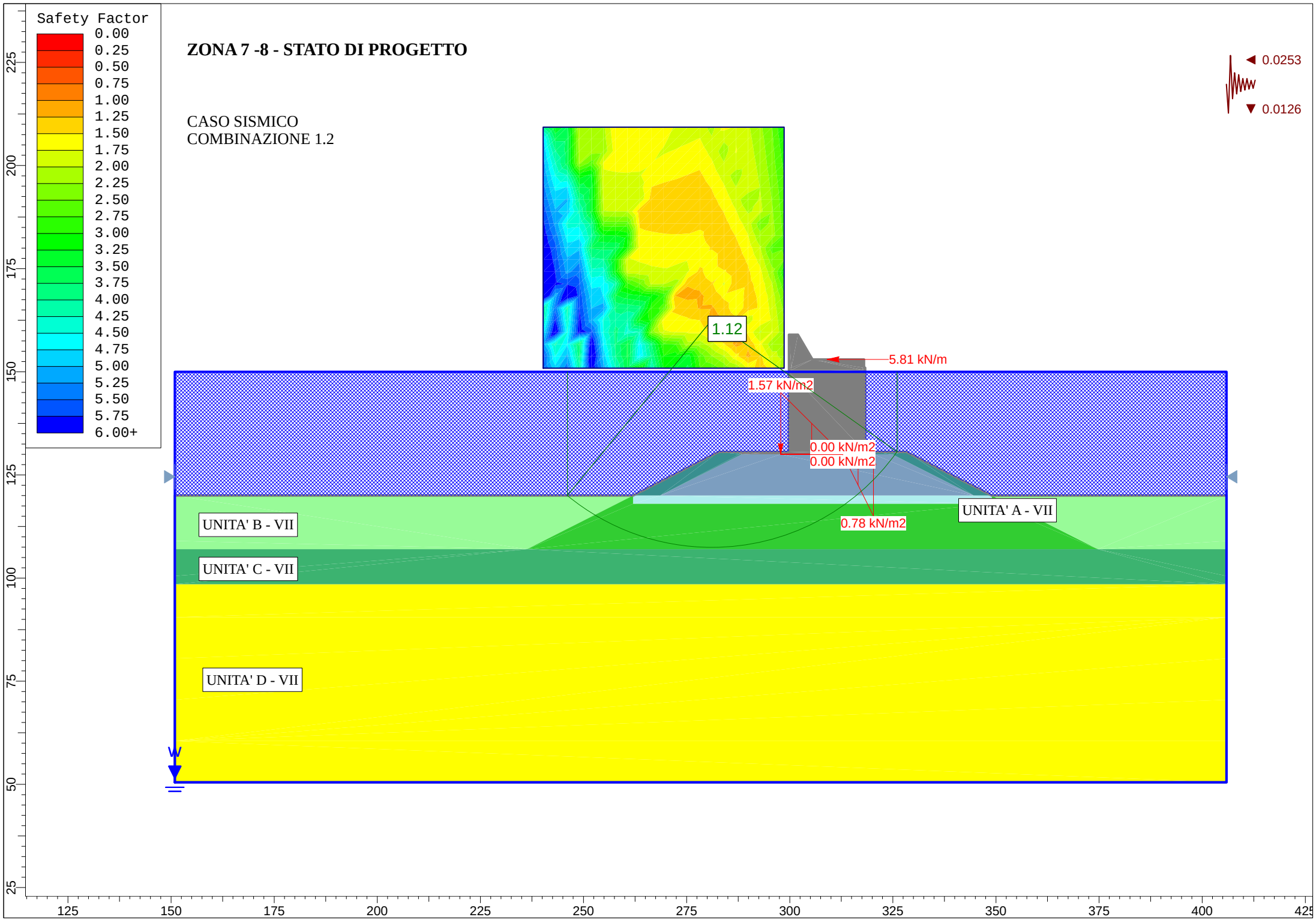

Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI PROGETTO
CASO STATICO
COMBINAZIONE CRESTA
1.39
41.00 kN/m2
7.56 kN/m
85.30 kN/m2
2.04 kN/m2
59.60 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
2.00 kN/m2
1.01 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425

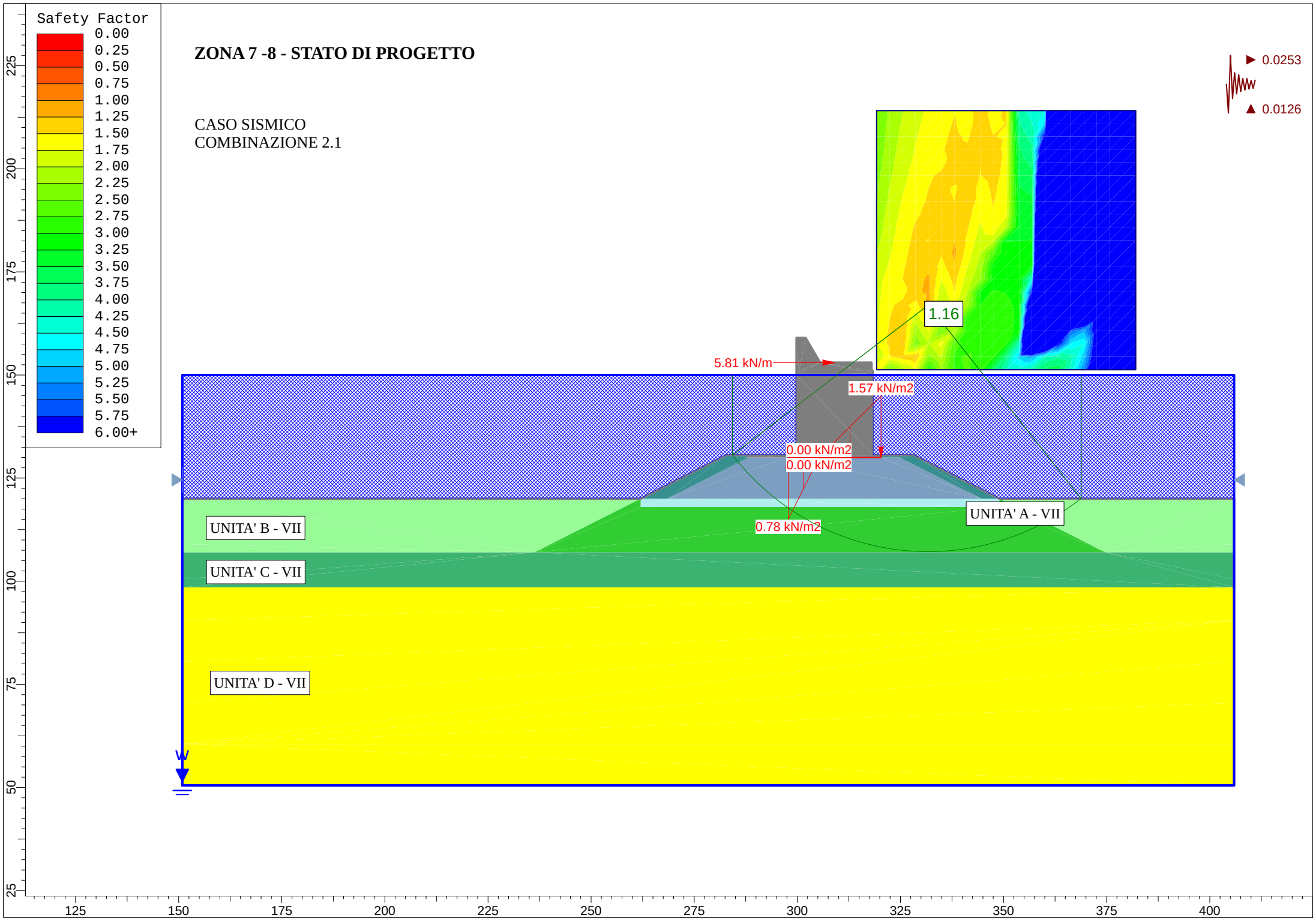
ZONA 7 -8 - STATO DI PROGETTO

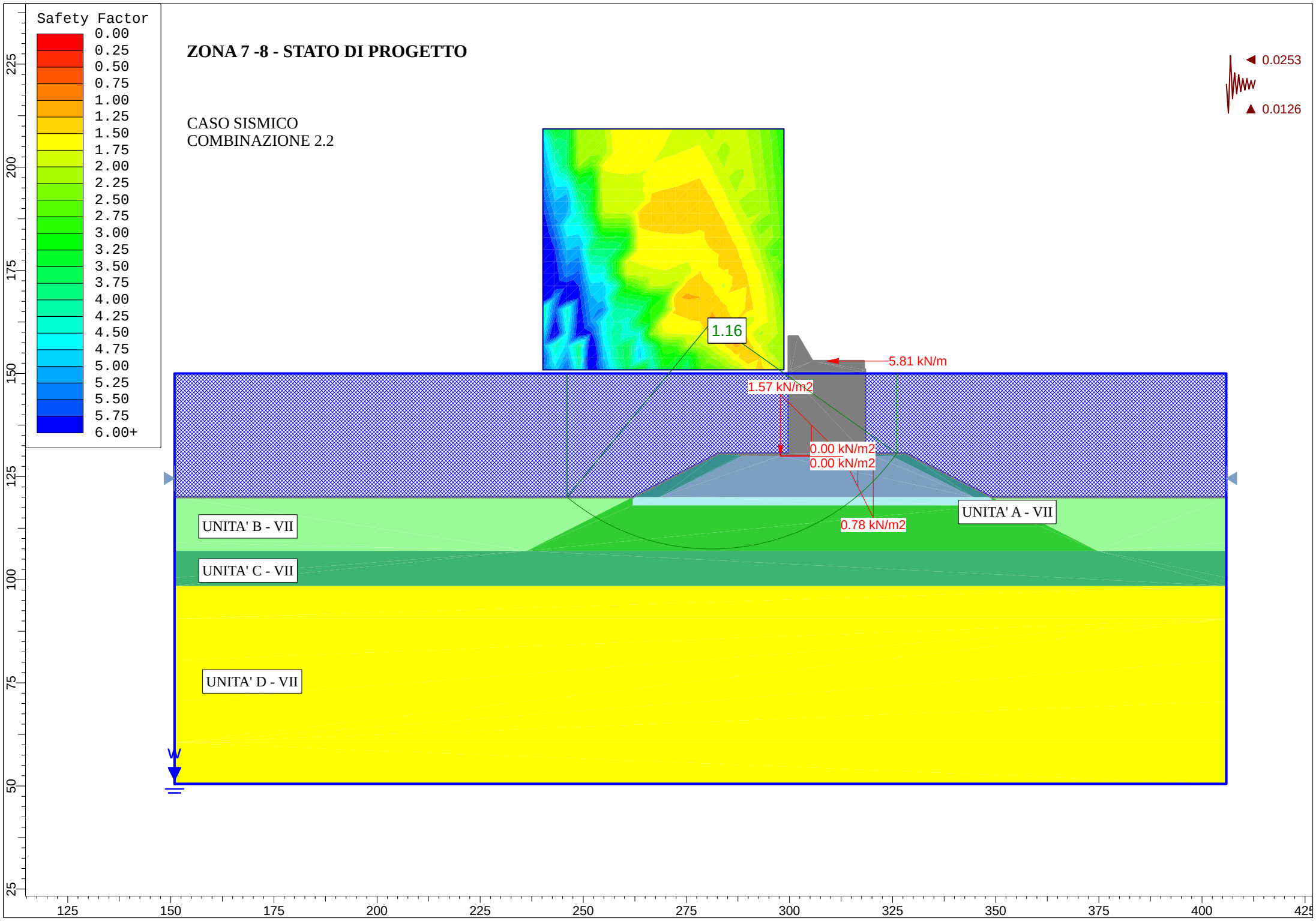
CASO STATICO
COMBINAZIONE CAVO




Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.1
0.0253
0.0126
1.12
5.81 kN/m
0.78 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
1.57 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
225
200
175
150
125
100
75
50
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 1.2
0.0253
0.0126
1.12
5.81 kN/m
1.57 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
0.78 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
225
200
175
150
125
100
75
50
25
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.1
0.0253
0.0126
1.16
5.81 kN/m
1.57 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
0.78 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
25
50
75
100
125
150
175
200
225
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400


Safety Factor
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00
3.25
3.50
3.75
4.00
4.25
4.50
4.75
5.00
5.25
5.50
5.75
6.00+
ZONA 7 -8 - STATO DI PROGETTO
CASO SISMICO
COMBINAZIONE 2.2
0.0253
0.0126
1.16
5.81 kN/m
1.57 kN/m2
0.00 kN/m2
0.00 kN/m2
0.78 kN/m2
UNITA' A - VII
UNITA' B - VII
UNITA' C - VII
UNITA' D - VII
W
25
50
75
100
125
150
175
200
225
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425