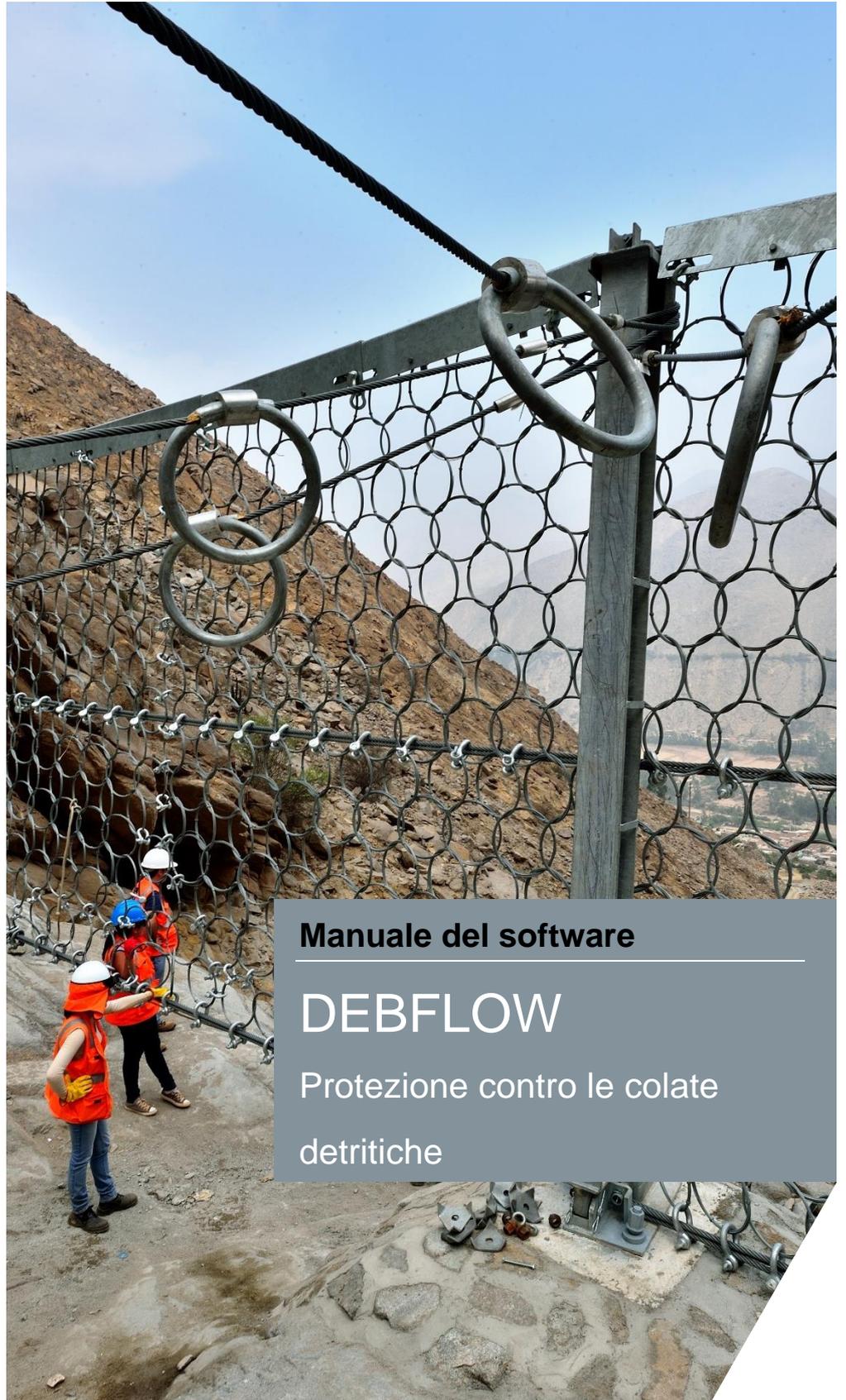


Software di
dimensionamento
per barriere flessibili con
rete ad anelli
contro le colate detritiche



Manuale del software

DEBFLOW

Protezione contro le colate
detritiche

Data: 25.03.2021

Soggetto a modifiche senza
preavviso.

© Geobrugg AG
CH-8590 Romanshorn

PREFAZIONE

Grazie per aver utilizzato DEBFLOW, lo strumento di dimensionamento per barriere flessibili in rete ad anelli contro le colate detritiche istituito da Geobrugg AG, Geohazard Solutions. Ogni sforzo è stato fatto per fornirvi il miglior supporto possibile per il dimensionamento dei nostri sistemi di protezione flessibile contro le colate detritiche.

DEBFLOW offre la possibilità di considerare un impatto dinamico di un'onda di una colata detritica contro la rete ad anelli e il corrispondente caso di carico statico di una barriera riempita e straripata. Inoltre, è possibile effettuare una prima stima approssimativa del volume contenuto. I calcoli si basano su unità internazionali in inglese e tedesco.

Questo manuale vi fornisce i riferimenti e le descrizioni delle funzioni più importanti per consentirvi di utilizzare correttamente il programma. Leggere attentamente le istruzioni per l'uso prima di utilizzare il programma per la prima volta. Tenete sempre a portata di mano questo manuale di riferimento.

Per le operazioni di dimensionamento è necessario inserire numerosi parametri. È responsabilità dell'utente di questo programma selezionare e inserire correttamente questi parametri.



Nadine Feiger
Geobrugg AG

25.03.2021

RESPONSABILITÀ DEL PRODOTTO

Cadute di massi, frane, colate detritiche o valanghe sono sporadiche e imprevedibili. Le cause possono essere ad esempio umane (costruzioni, ecc.) o ambientali (tempo, terremoti, ecc.). A causa della molteplicità dei fattori che influenzano tali eventi non è e non può essere una scienza esatta che garantisca la sicurezza delle persone e dei beni.

Tuttavia, grazie all'applicazione di solidi principi ingegneristici ad una gamma prevedibile di parametri e all'implementazione di misure di protezione correttamente progettate in aree a rischio identificate, i rischi di lesioni e di perdita di proprietà possono essere ridotti in modo sostanziale.

L'ispezione e la manutenzione di tali sistemi sono un requisito assoluto per garantire il livello di protezione desiderato. La sicurezza del sistema può essere compromessa anche da eventi quali catastrofi naturali, parametri di dimensionamento inadeguati o mancato utilizzo dei componenti, sistemi e parti originali standard prescritti e/o corrosione (causata dall'inquinamento dell'ambiente o da altri fattori antropici, nonché da altre influenze esterne).

DICHIARAZIONE DI LIMITAZIONE DI RESPONSABILITÀ

1. I programmi sono approvati solo per dimensionamenti e progetti preliminari. Sia i parametri di ingresso che i valori di uscita devono essere sempre controllati e confermati da uno specialista. Tutti i valori sono valori medi; devono essere controllati e confermati sulla base del progetto prima di qualsiasi applicazione di un sistema Geobruigg.

Geobruigg non può essere ritenuta responsabile per danni di qualsiasi tipo - vale a dire danni diretti o indiretti, costi di difetti e danni dovuti a difetti, perdite o costi - che si verificano utilizzando ipotesi o parametri di input errati.

2. Tutte le informazioni e i dati contenuti nei programmi si basano sui principi, le equazioni e i concetti di sicurezza secondo i documenti tecnici, i concetti di dimensionamento, i manuali dei prodotti, le istruzioni di installazione, ecc. di Geobruigg che devono essere rigorosamente seguiti.

Geobruigg non può essere ritenuta responsabile per danni di qualsiasi tipo - vale a dire danni diretti o indiretti, costi di difetti e danni dovuti a difetti, perdite o costi - che si verificano a causa di una non corretta applicazione dei programmi.

3. Non si può escludere del tutto la presenza di errori nei programmi.

Geobruigg non può essere ritenuta responsabile per danni di qualsiasi tipo - vale a dire danni diretti o indiretti, costi di difetti e danni dovuti a difetti, perdite o costi - che si verificano a causa dell'applicazione di programmi difettosi.

4. Le modifiche dei dati dei programmi da parte dell'utente possono portare a risultati non conformi alle norme di sicurezza previste dalla legge e da Geobruigg.

Geobruigg non può essere ritenuta responsabile per danni di qualsiasi tipo derivanti da modifiche apportate dall'utente. Geobruigg è sollevata e manleva l'utente da qualsiasi rivendicazione di terzi.

INDICE DEI CONTENUTI

1. Introduzione	5
2. Il sistema di protezione Geobruigg VX/UX contro le colate detritiche	6
3. Prova dei componenti in prove in campo 1:1 e taratura del modello ad elementi finiti	7
4. Accesso allo strumento online	8
5. Il software	10
6. Conclusioni.....	23
BIBLIOGRAFIA.....	24

1. INTRODUZIONE

Il software DEBFLOW serve a dimensionare sistemi flessibili di protezione contro le colate detritiche costituiti dalla rete ad anelli in filo d'acciaio ad alta resistenza ROCCO®, funi di supporto con un determinato numero di asole frenanti, ancoraggi flessibili e un dispositivo di protezione dall'abrasione appositamente progettato.

Il software DEBFLOW si basa sulle simulazioni FARO [9] di ogni sistema di barriera standard per i dati parametri di ingresso della colata detritica. Il concetto di base della progettazione è descritto in [11].

Il software DEBFLOW analizza la stabilità del sistema di barriera scelto e calcola le forze dinamiche e idrostatiche che appaiono durante il processo di riempimento e lo straripamento.

Il dimensionamento degli ancoraggi nei pendii deve essere effettuato con attenzione e rispettare le condizioni geologiche prevalenti. Le forze di ancoraggio fino a 350 kN devono essere trasmissibili nei pendii.



Figura 1: Applicazione di barriere in rete ad anelli come costruzione aggiuntiva ad una diga di controllo in calcestruzzo nell'Ilgraben nel Canton Vallese in Svizzera (a sinistra) e una barriera in rete ad anelli riempita con successo in Italia (a destra).

2. Il sistema di protezione Geobrugg VX/UX contro le colate detritiche

Il sistema di protezione contro le colate detritiche VX è stato sviluppato da Geobrugg AG ed è composto dai seguenti elementi: le funi di supporto con le relative asole frenanti per assorbire l'energia mentre la colata detritica impatta, la rete ad anelli ROCCO® che viene inserita tra le funi di supporto, le funi laterali in ogni lato del pendio ed infine la protezione antiabrasione supplementare (vedi figura 2).

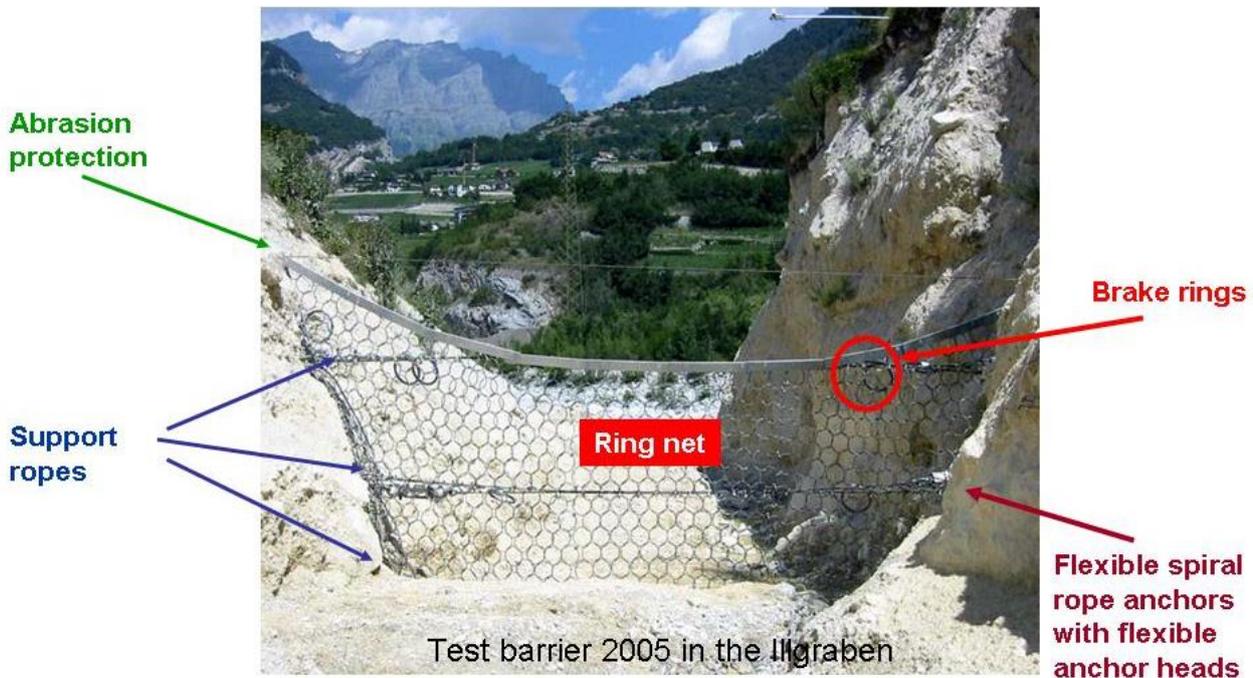


Figura 2: Componenti di una barriera flessibile VX installata nell'Illgraben nel 2005.

Il sistema di protezione UX ha quasi lo stesso design costruttivo. La differenza importante è che il sistema UX viene utilizzato per le larghezze dei torrenti più grandi e quindi sono necessari i montanti per mantenere l'altezza della barriera quando la barriera viene riempita [10].

La maglia della rete ad anelli ROCCO® ha un'apertura di 300 mm e, a seconda del sistema standard, un numero diverso di avvolgimenti. Le funi di supporto utilizzate per questa applicazione sono costituite da funi d'acciaio ad alta resistenza. Queste funi di supporto sono fissate nel pendio con ancoraggi in fune spiroidale o ancoraggi autoperforanti con speciali teste flessibili, che garantiscono la trasmissione anche di forze che non agiscono direttamente nella direzione di trazione. Per proteggere le funi superiori dall'abrasione, è stato sviluppato un profilo di protezione metallico a sezione angolare che viene fissato con grilli alle funi superiori. In questo modo è possibile anche il superamento di barriere piene senza danni al sistema strutturale.

Per aumentare il limitato volume contenuto di una barriera, è possibile installare le barriere in linee, le cosiddette "barriere multilivello". Con le barriere multilivello si possono ottenere volumi contenuti arbitrari scelti. Un esempio per le barriere multilivello è l'installazione di 13 barriere nella regione di Hasliberg nelle Alpi bernesi in Svizzera (vedi figura 3). Il volume contenuto totale di più barriere in linea può essere calcolato approssimativamente con il software DEBFLOW. Ma il metodo più accurato per stimare il volume contenuto è la scansione laser dell'alveo del fiume e la creazione di un modello 3D.

Se sono previste colate di detriti fangosi con piccole dimensioni dei grani, è possibile aggiungere una rete secondaria in aggiunta alla maglia ROCCO® 300 mm. Questa rete secondaria non è determinante per il concetto di dimensionamento e non è quindi considerata nel software DEBFLOW.



Figura 3: Barriere a più livelli nella regione dell'Hasliberg nelle Alpi bernesi.

3. PROVA DEI COMPONENTI IN PROVE IN CAMPO 1:1 E TARATURA DEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI

Tutti i componenti della barriera sono stati testati in test sul campo 1:1 contro le colate detritiche. I risultati misurati nelle prove di campo hanno portato ad un modello ad elementi finiti calibrato con il software FARO creato al WSL [9]. Tutte le barriere standard sono state calcolate con questo strumento di simulazione. Ulteriori informazioni sulle prove di campo con barriere contro le colate detritiche e lo sviluppo del modello ad elementi finiti sono descritti in [11].

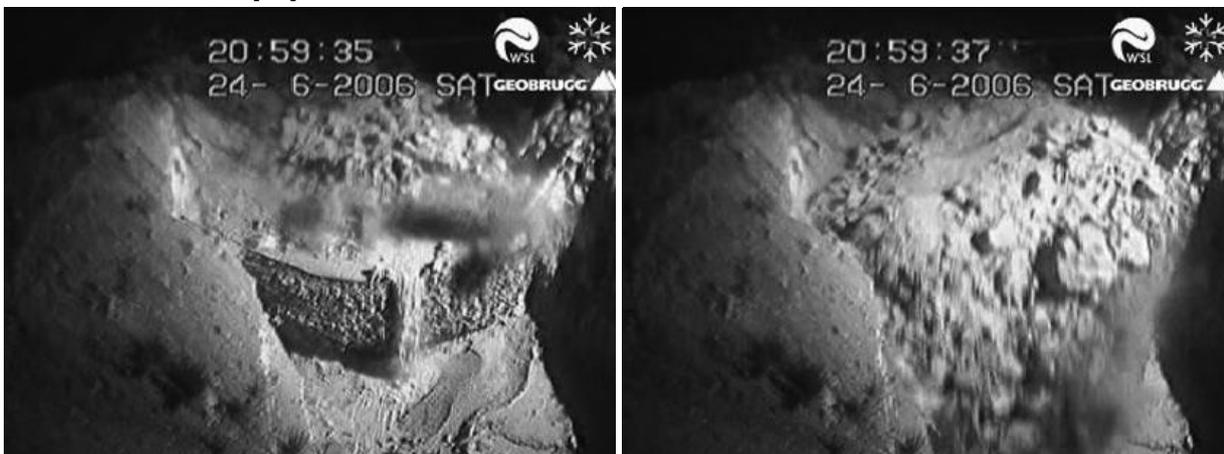


Figura 4: Barriera testata nell'Illgraben con un fronte di flusso detritico granulare in arrivo (a sinistra) e superamento della barriera contro le colate detritiche (a destra).

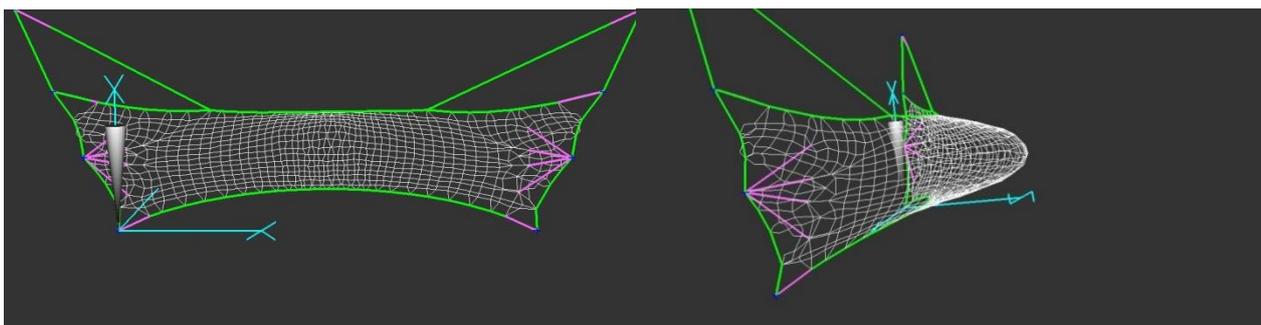


Figura 5: Modello ad elementi finiti in FARO della barriera testata nell'Illgraben.

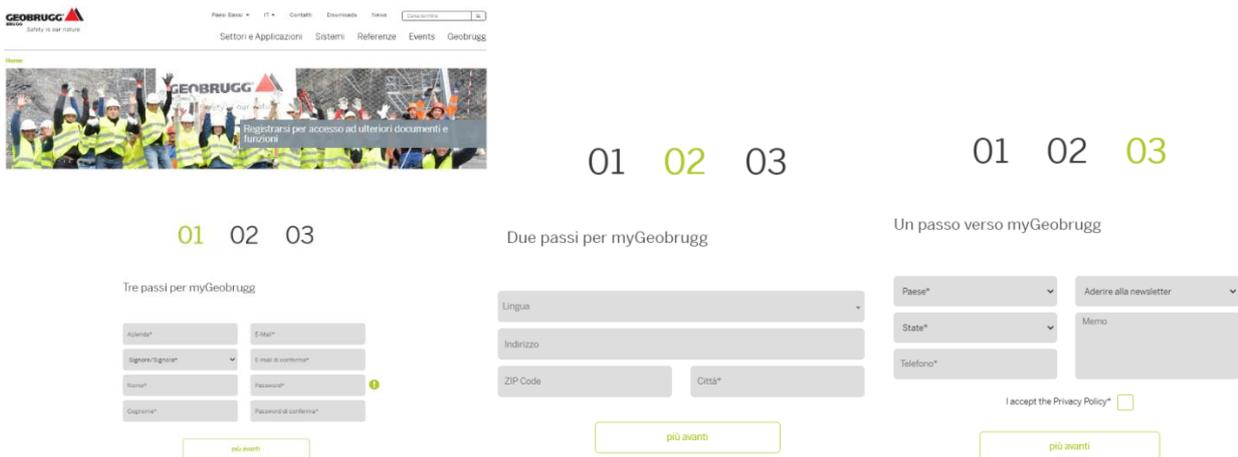
4. ACCESSO ALLO STRUMENTO ONLINE

Tramite la nostra homepage www.geobruigg.com può accedere ai software online.

Dopo aver cliccato sull'angolo in alto a destra "myGeobruigg" le appare la finestra sotto rappresentata, che le permette di fare la sua registrazione per la prima volta, il Login e le funzioni per l'invio della password in caso di smarrimento.



Quando accede per la prima volta deve cliccare su "register here" e riempire il formulario di registrazione. Le sue credenziali e l'attivazione le vengono inviate in maniera automatica via e-mail.



Tramite le sue credenziali personali può eseguire l'accesso a "myGeobrugg".
 È possibile scegliere tra i seguenti pacchetti di software per il dimensionamento:

RUVOLUM®

Lo strumento per il dimensionamento del sistema TECCO® e SPIDER® in Tedesco, Inglese, Spagnolo, Polacco, Portoghese, Rumeno, Russo, Cinese, Turco, Francese e Italiana.

DEBFLOW

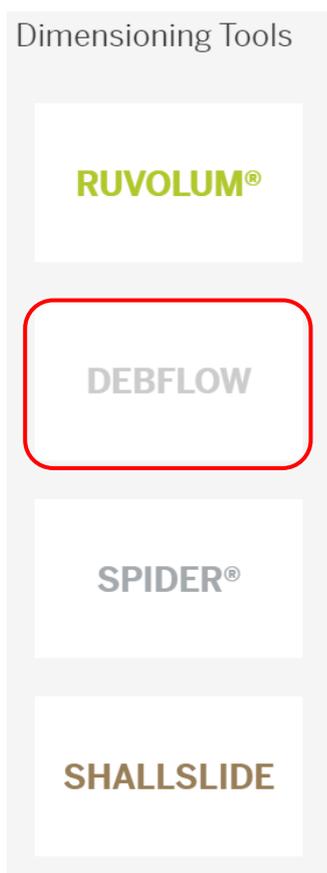
Lo strumento per il dimensionamento di barriere flessibili in rete contro fenomeni di debris flow in Tedesco, Inglese, Spagnolo, Francese, Russo e Cinese.

SPIDER®

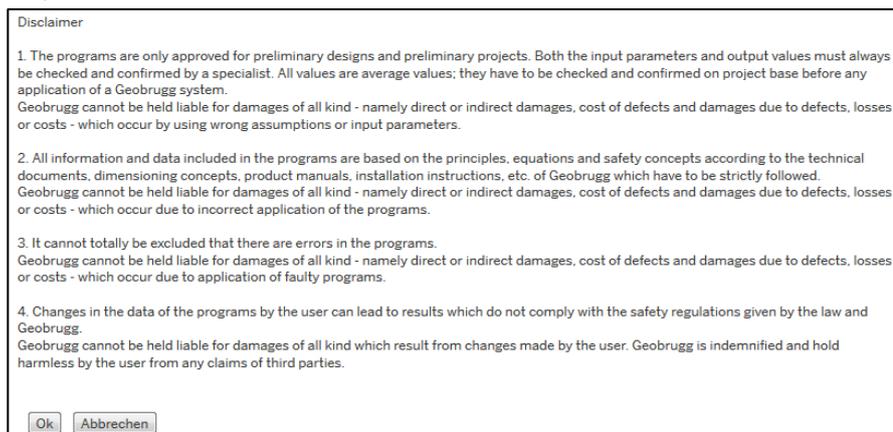
Lo strumento per il dimensionamento del sistema SPIDER® per la protezione da volume lapidei rocciosi in Tedesco e in Inglese.

SHALLSLIDE

Lo strumento per il dimensionamento di barriere flessibili contro frane superficiali in Tedesco e in Inglese.



Quando accede al software la prima pagina che ottiene è una dichiarazione di responsabilità che deve essere accettata.



Il software non può essere installato sul computer dell'utilizzatore. Il software viene essere utilizzato esclusivamente online.

Ogni elaborazione può essere salvata come file json o come pdf e contiene tutte le informazioni per quanto riguarda i dati di input, gli elementi del Sistema, il numero di chiodi e le verifiche di sicurezza eseguite.

5. IL SOFTWARE

Il software è strutturato in due pagine con "Parametri di ingresso" e "Riepilogo dei risultati". Dopo l'accesso al programma, apparirà la finestra sottostante:



DEBFLOW ONLINE TOOL

Dimensioning of the flexible Debris Flow Protection System GEOBRUGG VX/UX - DEBFLOW

Save	Load	Create PDF	VERSION 1.0	EN
------	------	------------	-------------	----

Project No.	<input type="text"/>	Project name	<input type="text"/>	Date/Author	<input type="text" value="YYY-MM-DD, author"/>
-------------	----------------------	--------------	----------------------	-------------	--

Input Parameters	Summary of Results
------------------	--------------------

Input Parameters Close all

Type and density of the debris flow

	Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Type of debris flow (granular or mud flow)	Type: granular	granular	granular	
Density of the debris flow material	$\rho = 2000$	2000	2000	kg/m ³
Specific weight of the debris flow material	$\gamma = 19.6$	19.6	19.6	kN/m ³
Water content	$W = 0.39$	0.39	0.39	-

Debris flow volume and number of surges

	Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Total debris flow volume (incl. water)	$V_{tot} = 1000$	1000	1000	m ³
Number of surges	$N = 3$	3	3	-
Volume per surge (average)	$V_N = 333$	333	333	m ³
Volume of first surge (recommended)	$V_{N1,rec} = 500$	500	500	m ³
Volume of first surge (chosen)	$V_{N1} = 3000$	3000	3000	m ³

Peak discharge

	Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Peak discharge (acc. to Rickenmann)	$Q_{p,rec} = 69.6$	69.6	69.6	m ³ /s
Peak discharge (chosen)	$Q_p = 50$	50	50	m ³ /s

Safety factor

Global safety factor	$SF = 1$			-
----------------------	----------	--	--	---

Tutte le caselle bianche del software indicano che possono e devono essere compilate manualmente in base alle condizioni specifiche del progetto, mentre i valori senza caselle indicano cifre calcolate automaticamente. Il software è strutturato come segue:

La parte superiore della finestra

In questa sezione sono selezionabili quattro schede:



Salva: Permette di salvare localmente sul computer il calcolo eseguito.

Carico: Permette di caricare un calcolo precedentemente salvato.

Creare PDF: Permette di generare un PDF e di stamparlo.

Lingua: Scegliere tra Inglese, Tedesco, Spagnolo, Russo e Cinese

Le informazioni sul progetto e la data possono essere digitate, ed appariranno poi sulla stampa nella testata.

Finestra "Parametri di ingresso":



DEBFLOW ONLINE TOOL

Dimensioning of the flexible Debris Flow Protection System GEOBRUGG VX/UX - DEBFLOW

Save	Load	Create PDF	VERSION 1.0	EN ▾
------	------	------------	-------------	------

Project No.	<input type="text"/>	Project name	<input type="text"/>	Date/Author	<input type="text" value="YYY-MM-DD, author"/>
-------------	----------------------	--------------	----------------------	-------------	--

Input Parameters	Summary of Results
------------------	--------------------

Input Parameters Close all

Type and density of the debris flow

	Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Type of debris flow (granular or mud flow)	Type: granular ▾	Type: granular ▾	Type: granular ▾	
Density of the debris flow material	$\rho =$ 2000	2000	2000	kg/m ³
Specific weight of the debris flow material	$\gamma =$ 19.6	19.6	19.6	kN/m ³
Water content	$W =$ 0.39	0.39	0.39	-

Debris flow volume and number of surges

	Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Total debris flow volume (incl. water)	$V_{tot} =$ 1000	1000	1000	m ³
Number of surges	$N =$ 3	3	3	-
Volume per surge (average)	$V_N =$ 333	333	333	m ³
Volume of first surge (recommended)	$V_{N1,rec} =$ 500	500	500	m ³
Volume of first surge (chosen)	$V_{N1} =$ 3000	3000	3000	m ³

Peak discharge

	Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Peak discharge (acc. to Rickenmann)	$Q_{p,rec} =$ 69.6	69.6	69.6	m ³ /s
Peak discharge (chosen)	$Q_p =$ 50	50	50	m ³ /s

Safety factor

Global safety factor	$SF =$ 1			-
----------------------	----------	--	--	---

I principali parametri di ingresso da considerare nel calcolo sono direttamente visibili nella finestra iniziale e possono essere adattati lì. Possono essere sovrascritti nel campo o corretti cliccando con il mouse. Quando la finestra è attiva, il pulsante "Parametri di ingresso" ha un color acciaio, mentre quando non è attiva è di colore grigio.

Finestra "Riepilogo dei risultati":

Questa finestra facilita la scelta del giusto tipo di barriera contro le colate detritiche con le dimensioni corrispondenti e verifica se le condizioni sono soddisfatte o meno. La finestra si attiva cliccando sul pulsante grigio "Riepilogo dei risultati" che si trasforma in un acciaio grassetto in seguito.



DEBFLOW ONLINE TOOL

Dimensioning of the flexible Debris Flow Protection System GEOBRUGG VX/UX - DEBFLOW

Save Load Create PDF VERSION 1.0 EN

Project No. Project name Date/Author

Input Parameters Summary of Results

Summary of Results Close all

Summary of Results				
Multi-level debris flow protection system	No.	Safety Factor	Proof	Retention volume
----	No. 1	--		-- m ³

Retention volume

Total retention volume	$V_{r,tot} =$	0	m ³
Required retention volume	$V_{tot,max} =$	<input type="text" value="1000"/>	m ³
Reserve	$V_{r,reserve} =$	-1000	m ³
Proof of retention volume		not fulfilled !	
Proof of overall system		not fulfilled !	

Barrier Location No. 1

Active Name Close all

Si possono definire i seguenti parametri di ingresso (i parametri della colata detritica):

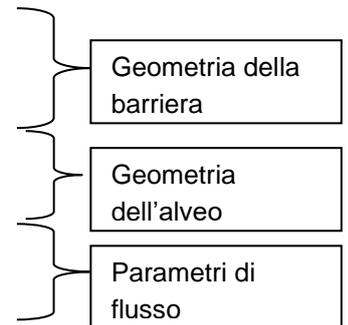
- Possibilità di scelta fra tre diversi casi di carico
- Tipo e densità della colata detritica prevista
- Volume totale
- Numero di impulsi previsto
- Portata di picco previsto o portata di picco calcolata empiricamente
- Fattore di sicurezza globale

Riepilogo dei risultati relativi al volume contenuto

- Controllo del volume contenuto rispetto al volume contenuto richiesto

Parametro di ingresso specifico della barriera per ogni barriera selezionata

- Altezza della barriera selezionata
- Misura della larghezza delle funi di supporto superiori
- Misura della larghezza delle funi di supporto inferiori
- Distanza dalla barriera precedente (in caso di barriere multilivello)
- Inclinazione dell'alveo del fiume
- Angolo di inclinazione dei depositi (per calcolare il volume contenuto)
- Velocità del fronte calcolata o prevista
- Calcolo dell'altezza del flusso
- Altezza massima di apertura della base consigliata



Scelta del sistema di barriere standard

- Prova dei dati geometrici di progettazione della barriera rispetto alla geometria dei sistemi standard

Verifiche di carico dinamico massimo (processo di arresto)

- Verifica di carico dinamico rispetto alla resistenza della barriera
- La resistenza dipende dal sistema standard scelto e dal fattore di sicurezza globale
- Il carico dinamico dipende dai parametri di ingresso della colata detritica e dai parametri di flusso

Verifiche di carico statico (straripamento)

- Calcolo del carico statico in funzione del sistema scelto
- Controllo della resistenza della barriera contro la pressione idrostatica dei detriti

Verifica del sistema standard scelto

- Controllo del caso di carico dinamico
- Controllo del caso di carico statico
- Controllo di tutti i casi di carico indicati (Caso di carico 1, 2 e 3)
- Controllo dei parametri geometrici

Attivazione della barriera successiva prevista in caso di sistema di barriere multilivello

Calcolo del volume contenuto complessivo di tutte le barriere selezionate

5.1 Parametri di ingresso

5.1.1 Parametri della colata detritica

Le colate detritiche si comportano in modo diverso in tutto il mondo e possono anche non agire allo stesso modo in un unico torrente. Pertanto, è possibile specificare una serie di parametri di ingresso per il software DEBFLOW che sembrano essere comuni. Questi intervalli di parametri di ingresso sono mostrati nella seguente Tabella 1.

Parametri	Segno breve []	Valore di default	Valore minimo	Valore massimo
Densità del flusso granulare	$\rho_{\text{granulare}}$ [kg/m ³]	2200	1900	2300
Densità flusso di fango	ρ_{fango} [kg/m ³]	1800	1600	2000
Volume della colata detritica	V_{totale} [m ³]	1000	100	10000
Numero di impulsi	N [-]	3	1	10
Volume del primo impulso	$V_{N,1}$ [m ³]	3000	10	10000
Portata di picco	Q_P [m ³ /s]	50	1	100

Tabella 1: Parametri di ingresso della colata detritica

Ulteriori informazioni su come scegliere i parametri di ingresso della colata detritica si trovano in diversi articoli come [12] o [11]. Questi parametri di ingresso possono essere variati per tre diversi tipi di casi di carico.

5.1.2 Casi di carico

Nel programma si possono scegliere tre diversi tipi di casi di carico (vedi figura 6). Questa opzione è necessaria, se appaiono e devono essere considerati diversi casi di carico.

Esempio:

Devono essere considerati due casi di carico

- Colata di fango, volume di rilascio $\approx 2000 \text{ m}^3$ in tre ondate, densità $\rho \approx 1800 \text{ kg/m}^3$ con alta velocità $v = 9 \text{ m/s}$
- Flusso granulare, volume di rilascio $\approx 1000 \text{ m}^3$ in due ondate, densità $\rho \approx 2200 \text{ kg/m}^3$ con velocità inferiore $v = 3 \text{ m/s}$
- Caso di carico opzionale 3

Per ogni caso di carico, a portata sarà calcolata empiricamente sulla base di Rickenmann [7]. Ma se si dispone di informazioni migliori sui dati della portata di scarico si può scegliere il proprio valore decisivo nel programma direttamente dopo il valore proposto. Se non avete esperienza nella valutazione della portata di picco, impostate $Q_p = Q_{p,rec}$.

Input Parameters		Summary of Results			
Input Parameters Close all					
Type and density of the debris flow					
Type of debris flow (granular or mud flow)	Type	Load case 1 mud flow	Load case 2 granular	Load case 3 granular	
Density of the debris flow material	$\rho =$	1800	2200	2200	kg/m ³
Specific weight of the debris flow material	$\gamma =$	17.7	21.6	21.6	kN/m ³
Water content	W =	0.52	0.27	0.27	-
Debris flow volume and number of surges					
Total debris flow volume (incl. water)	$V_{tot} =$	2000	1000	1000	m ³
Number of surges	N =	3	2	3	-
Volume per surge (average)	$V_{N} =$	667	500	333	m ³
Volume of first surge (recommended)	$V_{N1,rec} =$	1000	750	500	m ³
Volume of first surge (chosen)	$V_{N1} =$	1000	750	500	m ³
Peak discharge					
Peak discharge (acc. to Rickenmann)	$Q_{p,rec} =$	29.5	23.6	17.2	m ³ /s
Peak discharge (chosen)	$Q_p =$	30	24	17	m ³ /s
Safety factor					
Global safety factor	SF =	1			-

Valori di portate di picco valutate e scelte $Q_{p,rec}$ e Q_p

Figura 6: Scelta dei casi di carico per diversi tipi di eventi di colate detritiche attese.

Anche la velocità può essere scelta separatamente per ogni caso. La variante di carico scelta viene determinata successivamente dal software DEBFLOW. Per ulteriori informazioni sui parametri di ingresso della progettazione della barriera si veda il capitolo 5.1.4 e la successiva necessaria progettazione finale della barriera viene mostrata nel capitolo 5.1.5.

Front velocity and flow height					
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{l,base} =$	Load case 1 4.7	Load case 2 4.4	Load case 3 3.9	m/s
Front velocity (acc. to Strickler) ($v_l > v_{str}$)	$v_{str} =$	3.9	3.6	3.1	m/s
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	$v_1 =$	3	3	3	m/s
Flow height	$h_{E,1} =$	1.0	0.8	0.6	m
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{G,1} =$	0.4			m
Flexible, permeable debris flow protection system					
System type	Type	G OBRUGG VX080-H4			
Max. system height	$H_{0,max} =$	4			m
Max. system width above	$b_{0,max} =$	15			m
Max. system width below	$b_{u,max} =$	15			m
Proof of system height and system width		fulfilled!			
Proof of max. dynamic loading (stopping)					
Width factor (width at barrier location to standard width)	$BF_1 =$	Load case 1 1.25	Load case 2 39	Load case 3 26	kN/m ² ·h _{E1}
Dynamic loading (Pressure and impulse acc. to Wendeler)	$MD_{dyn,1} =$	25	51	36	kN/m ² ·h _{E1}
Resistance against dynamic loading	$RD_{dyn,1} =$	64	1.33	1.40	
Safety factor	$SF_{dyn,1} =$	2.56			
Proof of max. dynamic loading		fulfilled!	fulfilled!	fulfilled!	

Figura 7: Velocità inserita per diversi casi di carico.

5.1.3 Fattore di sicurezza globale

Il fattore di sicurezza globale SF può essere scelto tra 1,0 fino a 1,5 a seconda del potenziale di rischio in caso di danni [11].

5.1.4 Parametri di ingresso per la progettazione della barriera

5.1.4.1 Geometria della posizione della barriera

La maggior parte di questi parametri influenza il sistema di barriere standard scelto in seguito. Il campo di applicazione è mostrato nella Tabella 2.

Parametri	Simbolo []	Valore di default	Valore minimo	Valore massimo
Altezza del sistema	H_0 [m]	4	2	6
Larghezza dell'alveo sul fondo	b_u [m]	10	4	12
Larghezza dell'alveo in alto	b_o [m]	15	6	25
Distanza dalla barriera precedente a monte	L_o [m]	500	5	500
Inclinazione dell'alveo del fiume	I_s [%]	18	5	80
Inclinazione di depositi della barriera riempita	I_s' [%]	12	0	80

Tabella 2: Parametri geometrici per il luogo di installazione previsto.

Se si seleziona il valore minimo $L_0 = 5,0$ m, la velocità d'impatto del flusso si riduce a $V_{red}=0,4 \cdot \max(V_{base}, V_{str})$ (vedi figura 10) secondo i test di laboratorio eseguiti [13]. A causa del processo di straripamento, la velocità d'impatto sulla barriera successiva viene ridotta.

5.1.4.2 Calcolo della capacità di contenimento

Con i valori della Tabella 2 e l'inclinazione fissata della barriera ξ (barriera sempre inclinata di 5° in avanti) si calcola la capacità di contenimento approssimativa di ogni barriera. Se la lunghezza del materiale trattenuto $L_1, L_2, \dots > L_{0,1}, L_{0,2}, \dots$, la capacità di contenimento è influenzata dalla barriera successiva a monte e il software DEBFLOW la considera nella capacità di contenimento. La lunghezza massima del materiale trattenuto è quindi $L_1, L_2, \dots = L_{0,1}, L_{0,2}, \dots$

Torrent inclination and retention volume

System height of the filled barrier	$H_{\pm 1} =$ 3.0 m
Average torrent inclination upstream of the barrier	$I_{s,1} =$ 18 %
Deposition inclination of filled barrier (acc. to Rickenmann)	$I_{s,1,rec} =$ 12.0 %
Deposition inclination of filled barrier (chosen)	$I_{s,1} =$ 12 %
Angle between ring net and river bed	$\xi =$ 84.8 °
Length of deposited material behind barrier	$L_1 =$ 51.1 m
Retention volume	$V_{r,1} =$ 955.0 m ³

Volume contenuto
calcolato

Figura 8: Calcolo della capacità di contenimento della barriera inserita.

5.1.4.3 Parametri del flusso di impatto

I parametri di flusso sono importanti per calcolare la forza d'impatto della colata detritica che impatta la barriera. A causa della resistenza delle barriere flessibili e delle forze d'impatto molto elevate, vi sono le seguenti limitazioni per la progettazione della velocità d'impatto:

Parametri	Simbolo []	Valore di default	Valore minimo	Valore massimo
Velocità del fronte scelta	v [m/s]	3	1	10

Tabella 3: Parametri di ingresso specifici per ogni posizione della barriera

Le velocità del fronte delle colate detritiche possono essere determinate dall'inclinazione del deposito, dall'inclinazione dell'alveo e dal comportamento del deposito in generale. È quindi necessaria una ricostruzione esplicita di un evento passato. Se non si dispone di informazioni sulle velocità del fronte, si prega di prendere i valori empirici calcolati che il programma DEBFLOW consiglia! Il primo valore di velocità è basato sui valori empirici pubblicati da Rickenmann [7] e il secondo controllo della velocità del flusso è fatto con v_{str} basato sulle Linee guida giapponesi per le colate detritiche [8] (basate su un regime di flusso Strickler).

In base alla condizione di continuità, l'altezza del flusso della colata detritica h_{fi} viene determinata in base alla velocità del flusso e alla larghezza del canale sul fondo. Un valore massimo possibile per l'apertura di base h_d viene proposto da DEBFLOW calcolato in base all'altezza di flusso determinata h_{fi} .

Front velocity and flow height

		Load case 1	Load case 2	
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{1,base} =$	5.6	5.6	Calcolo empirico di v basato su Rickenmann
Front velocity (acc. to Strickler) ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	4.8	4.8	Verifica della v con le linee guida giapponesi (basate su Strickler)
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	v_1	3	3	
Flow height	$h_{fi,1} =$	1.7		Scelta della v per il calcolo dinamico
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{d,1} =$	1.1		

Figura 9: Calcolo della velocità del flusso e del valore di ingresso.

Torrent inclination and retention volume

System height of the filled barrier	$H_{1,2} =$	3.0	m
Average torrent inclination upstream of the barrier	$I_{s,2} =$	18	%
Deposition inclination of filled barrier (acc. to Rickenmann)	$I'_{s,2,rec} =$	12.0	%
Deposition inclination of filled barrier (chosen)	$I'_{s,2} =$	12	%
Angle between ring net and river bed	$\xi =$	84.8	°
Length of deposited material behind barrier	$L_2 =$	5.0	m
Retention volume	$V_{r,2} =$	173.4	m ³

$L_1=L_0= 5 \text{ m}$

Front velocity and flow height

		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{2,base} =$	5.6	5.6	5.6	m/s
Front velocity (acc. to Strickler) ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	4.8	4.8	4.8	m/s
Reduced velocity because of overflowing barrier upstream	$v_{red} =$	2.3	2.3	2.3	m/s
Impact velocity at barrier location (chosen,max. v-value)	$v_2 =$	3	3	3	m/s
Flow height	$h_{fl,2} =$	1.7			
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{d,2} =$	1.1			

Scelta della v per il calcolo dinamico

Flexible, permeable debris flow protection system

System type	Type	GEOBRUGG VX080-H4
Max. system height	$H_{0,max} =$	4 m
Max. system width above	$b_{o,max} =$	15 m
Max. system width below	$b_{u,max} =$	15 m
Proof of system height and system width		fulfilled !

Figura 10: Calcolo della velocità di flusso ridotta v_{red} per barriere progettate molto vicine con $L_0=L_1=5 \text{ m}$.

5.1.5 Scelta del sistema di barriere standard decisivo

La tabella 4 mostra una panoramica dei sistemi standard e dei loro limiti progettuali e geometrici.

Sistema di barriera standard	Altezza massima H_{max} [m]	larghezza massima in sommità $b_{o,max}$ [m]	larghezza massima alla base $b_{u,max}$ [m]
Tipo VX060L-H4	4	10	5
Tipo VX080-H4	4	15	8
Tipo VX140-H4	4	15	8
Tipo VX100-H6	6	15	10
Tipo VX160-H6	6	15	10
Tipo UX060L-H4	4	20	10
Tipo UX100-H4	4	25	10
Tipo UX160-H4	4	25	10
Tipo UX120-H6	6	24	12
Tipo UX180-H6	6	24	12

Tabella 4: Sistemi standard basati su simulazioni FARO.

Il primo numero è l'intensità del flusso della colata detritica che agisce sulla larghezza della barriera e il secondo numero descrive l'altezza della barriera. I sistemi VX sono senza montanti per sezioni più piccole e i sistemi UX con due montanti al centro per le sezioni di flusso più ampie. È possibile scegliere solo il sistema standard che si adatta ai vostri valori geometrici di ingresso. Se la barriera standard che avete scelto è troppo debole per il carico della colata detritica, il software DEBFLOW vi dice che la verifica della barriera non è soddisfatta. In questo caso dovete scegliere una barriera standard più robusta.

Flexible, permeable debris flow protection system

System type: Type: **GEOBRUGG VX080-H4**

Max. system height: $H_{0,max} = 4$ m

Max. system width above: $b_{o,max} = 15$ m

Max. system width below: $b_{u,max} = 15$ m

Proof of system height and system width: fulfilled!

Proof of max. dynamic loading (stopping)

		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Width factor (width at barrier location to standard width)	$BF_1 =$	1.25			
Dynamic loading (Pressure and impulse acc. to Wendeler)	$MD_{dyn,1} =$	87	52	87	kN/m ² ·h _F
Resistance against dynamic loading	$RD_{dyn,1} =$	107	107	107	kN/m ² ·h _F
Safety factor	$SF_{dyn,1} =$	1.22	2.07	1.22	
Proof of max. dynamic loading		fulfilled!	fulfilled!	fulfilled!	

Proof of max. static loading (overflowing)

		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Reduction factor hydrostat. pressure (Permeability)	$HF =$	1.0			
Static loading (hydrostat. pressure acc. to Wendeler)	$MD_{stat,1} =$	82	74	82	kN/m ²
Resistance against static loading	$RD_{stat,1} =$	64	64	64	kN/m ²
Safety factor	$SF_{stat,1} =$	0.78	0.87	0.78	
Proof of max. static loading		not fulfilled!	not fulfilled!	not fulfilled!	
Proof barrier				not fulfilled!	

Figura 11: Esempio per una barriera troppo debole per il caso di carico statico

5.1.6 Calcolo delle barriere multilivello

Se volete calcolare più barriere in linea, dovete prima attivare la seconda barriera dopo l'inserimento riuscito della prima (vedi figura 12).

Flexible, permeable debris flow protection system ▲

System type	Type	GEOBRUGG VX140-H4 ▼		
Max. system height	$H_{0,max} =$	4	m	
Max. system width above	$b_{o,max} =$	15	m	
Max. system width below	$b_{u,max} =$	15	m	
Proof of system height and system width		fulfilled !		

Proof of max. dynamic loading (stopping) ▲

		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Width factor (width at barrier location to standard width)	$BF_1 =$	1.25			
Dynamic loading (Pressure and impulse acc. to Wendeler)	$MD_{dyn,1} =$	87	87	87	kN/m ² h _{fl}
Resistance against dynamic loading	$RD_{dyn,1} =$	187	187	187	kN/m ² h _{fl}
Safety factor	$SF_{dyn,1} =$	2.14	2.14	2.14	
Proof of max. dynamic loading		fulfilled !	fulfilled !	fulfilled !	

Proof of max. static loading (overflowing) ▲

		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Reduction factor hydrostat. pressure (Permeability)	$HF =$	1.0			
Static loading (hydrostat. pressure acc. to Wendeler)	$MD_{stat,1} =$	82	82	82	kN/m ²
Resistance against static loading	$RD_{stat,1} =$	112	112	112	kN/m ²
Safety factor	$SF_{stat,1} =$	1.37	1.37	1.37	
Proof of max. static loading		fulfilled !	fulfilled !	fulfilled !	
Proof barrier				fulfilled !	

Add New Barrier Location
+

Figura 12: Attivazione della barriera 2 dopo il corretto calcolo della barriera nel punto 1.

Dopo la progettazione della seconda barriera si deve continuare con la barriera successiva fino a raggiungere il volume contenuto desiderato. La panoramica del volume contenuto di ogni barriera rispetto al volume contenuto richiesto viene mostrata in DEBFLOW. Un esempio per due barriere è mostrato nella Figura 13. Ogni fattore di sicurezza di ogni barriera viene controllato con il fattore di sicurezza globale scelto. Se ogni fattore di sicurezza di ogni barriera è uguale o superiore al fattore di sicurezza globale scelto, la barriera completa multilivello è verificata. Se anche la capacità di contenimento richiesta è soddisfatta tutti i calcoli sono soddisfatti (vedi Figura 13).



DEBFLOW ONLINE TOOL

Dimensioning of the flexible Debris Flow Protection System GEOBRUGG VX/UX - DEBFLOW

Save
Load
Create PDF
VERSION 1.0
EN ▾

Project No. Project name Date/Author

Input Parameters
Summary of Results

Summary of Results Close all

Summary of Results ▲

Multi-level debris flow protection system	No.	Safety Factor	Proof	Retention volume
GEOBRUGG VX140-H4	No. 1	1.37	fulfilled !	955.0 m ³
GEOBRUGG VX140-H4	No. 2	1.37	fulfilled !	955.0 m ³

Retention volume ▲

Total retention volume	$V_{r,tot} =$	1910	m ³
Required retention volume	$V_{tot,max} =$	1000	m ³
Reserve	$V_{r,reserve} =$	910	m ³
Proof of retention volume	fulfilled !		
Proof of overall system	fulfilled !		

Il volume contenuto totale

è più grande del volume contenuto richiesto, così come il fattore di sicurezza richiesto è abbastanza grande.

Figura 13: Riepilogo dei risultati per tutte le barriere attivate (fattore di sicurezza e volume contenuto)

6. CONCLUSIONI

- DEBFLOW dimensiona le barriere contro le colate detritiche di TIPO STANDARD con reti ad anelli flessibili per le colate detritiche fangose e granulari entro certi limiti
- La verifica di resistenza della barriera è data per l'arresto del fronte, il riempimento della barriera e lo straripamento
- Viene fornita la verifica delle geometrie standard di contenimento del canale

Il programma dovrebbe essere utilizzato come calcolo rapido e affidabile nella prima fase di pianificazione. Se alcuni parametri della barriera non corrispondono ai parametri standard della barriera, una soluzione può essere ancora possibile!
Contattate il vostro agente Geobrugg per una proposta di progetto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] De Natale, J.S. et al. (1996). Response of the Geobruigg cable net system to debris flow loading, report by California Polytechnic State University.
- [2] Duffy, J.D., Peila, A. (1999). Case studies on debris and mudslide barrier systems in California.
- [3] Mitzuyama et al. (1992). Prediction of debris flow peak discharge, *Interpraevent*, Bern, Bd. 4, 99-108.
- [4] Muraishi, H., Sano, S. (1997). Full scale rockfall test of ring net barrier and components.
- [5] Philips, C. J. and Davies, T. R. H. (1991). Determining rheological parameters of debris flow material. *Geomorphology*, 4:101-110.
- [6] PWRI (1988). Technical Standard for measures against debris flows (draft), Ministry of Construction, Japan.
- [7] Rickenmann, D. (1999). Empirical relationships for debris flows, *Natural Hazards*, 19(1), 47-77.
- [8] Rickenmann, D. (2001). Estimation of debris flow impact on flexible wire rope barriers, Birmensdorf, *interner Bericht*, unpublished.
- [9] Volkwein, A. (2004). Numerische Simulation von flexiblen Steinschlagschutzsystemen.
- [10] Wendeler, C., B. W. McArdell, D. Rickenmann, A. Volkwein, A. Roth, and M. Denk (2006). Testing and numerical modeling of flexible debris flow barriers. In Zhang, M. and H. Wang: *Proc. Of the sixth International Conference on Physical Modeling in Geotechnics*, pp. 1573-1578. Balkema.
- [11] Wendeler, C. (2009). Loading approach for flexible debris flow barriers, in preparation.
- [12] Iverson, R. M. (1997). The physics of debris flow. *Rev. Geophysics*, 35(3): 245-296.
- [13] Speerli, J., R. Hersperger (2009). Murgangmodellierung Geobruigg, Bericht des IBU Hochschule für Technik Rapperswil.