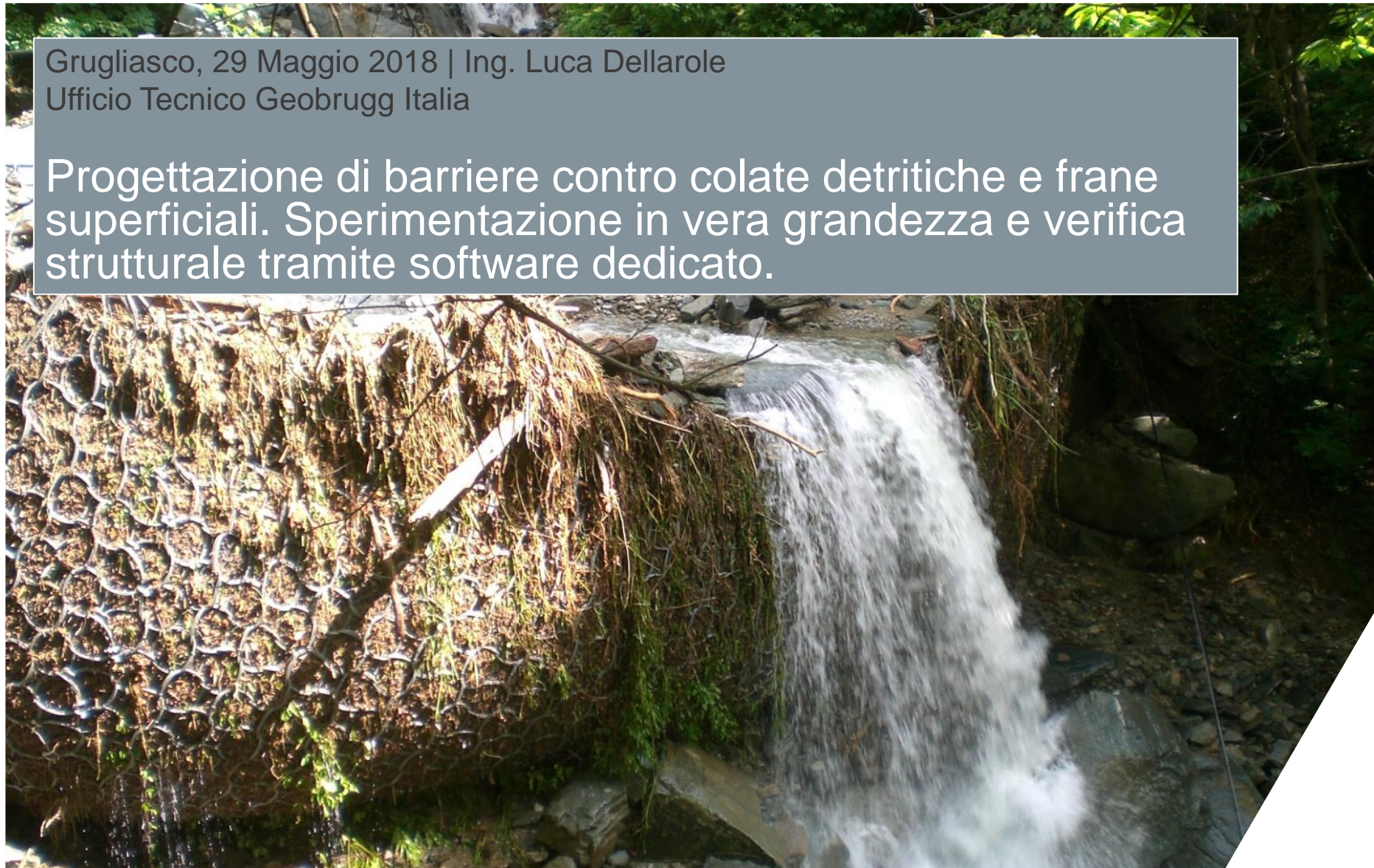


Grugliasco, 29 Maggio 2018 | Ing. Luca Dellarole
Ufficio Tecnico Geobrugg Italia

Progettazione di barriere contro colate detritiche e frane superficiali. Sperimentazione in vera grandezza e verifica strutturale tramite software dedicato.



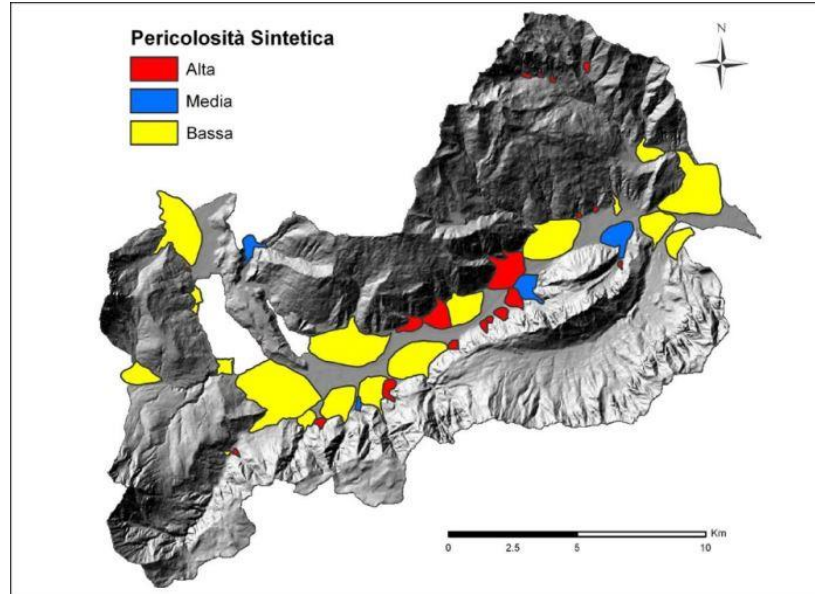
CARATTERISTICHE

Il tema è di grande attualità
(Messina, Vernazza, Garfagnana, Livorno)



PREVEDIBILITÀ EVENTO?

Mappe di
pericolosità



Monitoraggio tramite geofoni
e sensori sismici

PREVEDIBILITÀ EVENTO?



DANNI POTENZIALI



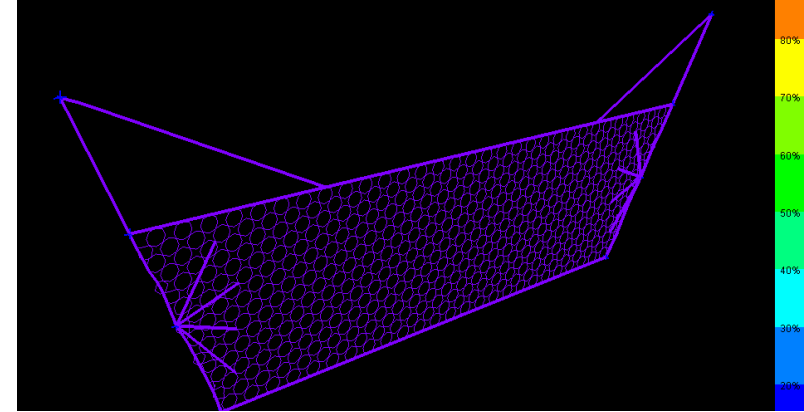
DANNI POTENZIALI



Prestazione delle barriere presenti sul mercato?

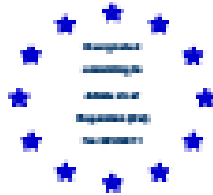


TESTATE E SVILUPPATE AD HOC





Technische Universität München
Building Testing and Research Institute
Barten 1
85716 München
Germany
Phone +49 89 28822-100
Email info@tsi.munich.de
Website www.tsi.munich.de



European Technical Assessment ETA 17/0269 version 01 of 30/05/2017

General Part

Technical Assessment Body issues the ETA and designated according to Article 29 of the Regulation (EU) No 305/2011: **Technische Universität München**

Trade name of the construction product
Product family to which the construction product belongs

Debris Flow Protection Barrier V1000-H
Product area code: 3d
Building Kits, Units and Prefabricated elements

Manufacturer

Göhrugg AG
Geosound Solutions
Aachstrasse 11
CH-8500 Rapperswil
Switzerland
<http://www.goehrugg.com>

Manufacturing plant

Göhrugg AG
Geosound Solutions
Aachstrasse 11
CH-8500 Rapperswil
Switzerland

This European Technical Assessment contains

16 pages including 8 annexes which form an integral part of this assessment.

Annex 8 contains confidential information and is not included in the European Technical Assessment when that assessment is publicly available.

This European Technical Assessment is issued in accordance with regulation (EU) No 305/2011, on the basis of

EN 12622-00-0106

This version replaces

Pressione di impatto



Corretta progettazione

COS'È UN DEBRIS FLOW?

Caratteristiche

- ▶ Flusso canalizzato di materiale (solido + acqua)
- ▶ Misto di material roccioso, terreno, tronchi, rami, etc
- ▶ Velocità fino a 10 - 15 [m/s]
- ▶ Volumi > 500 [m³]



TIPOLOGIE DI COLATE

Colata di fango

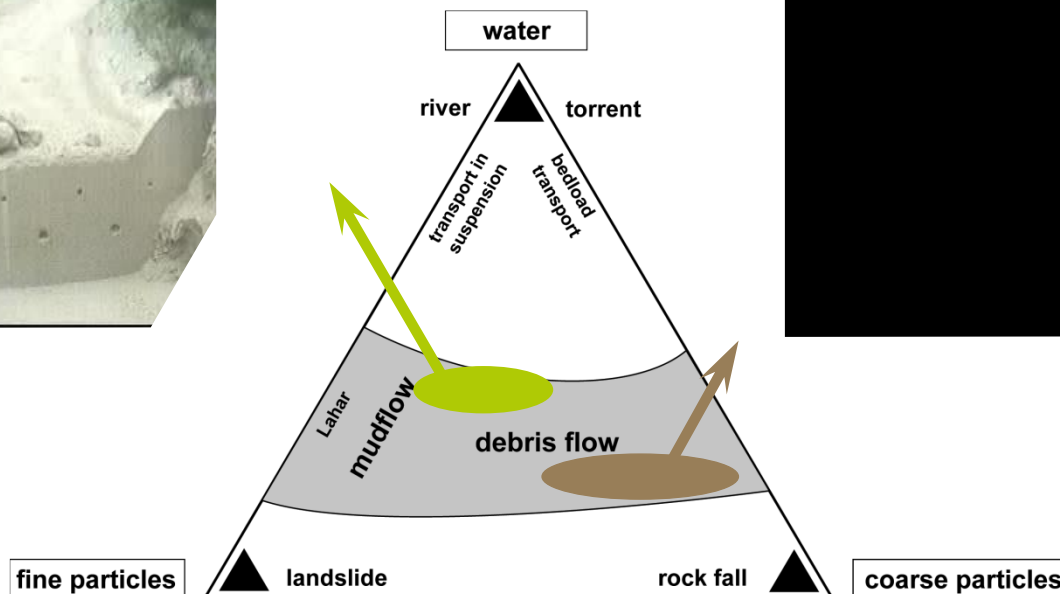
- Densità : 1600-1900 kg/m³
- Maggiore velocità: 3 – 10 m/s



Video 10 x faster

Colata detritica

- Densità : 1900-2300 kg/m³
- Minore velocità: 3 – 7 m/s





Art. 12 Barriera frangicolata

La barriera paramassi del tipo ad elevato assorbimento di energia, deformabile, deve essere prodotta in regime di qualità ISO 9001 e in possesso di BTE (Benestare Tecnico europeo) e di marchio CE, certificata, a seguito di prove in vera grandezza “crash test”, secondo le modalità di prova indicate dalla Linea Guida Europea ETAG 027.

La barriera è di classe 6 (sei) con assorbimento di energia non inferiore a **3.000 kJ** e presenta un'altezza pari a 5 m.



PRESSIONE O ENERGIA?

Cosa c'è in comune?

Pressione di impatto



kiloPascal
[kN/mq]

Energia di impatto



kiloJoule

BARRIERE DEBRIS FLOW

Barriere poste in alveo



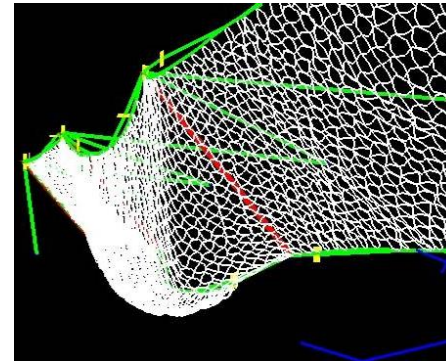
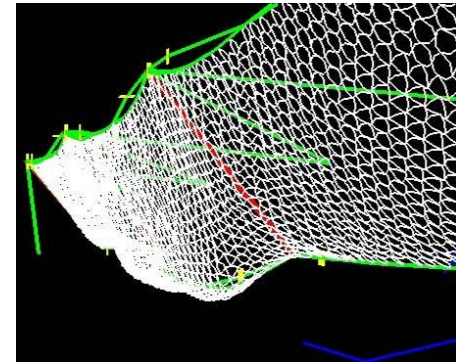
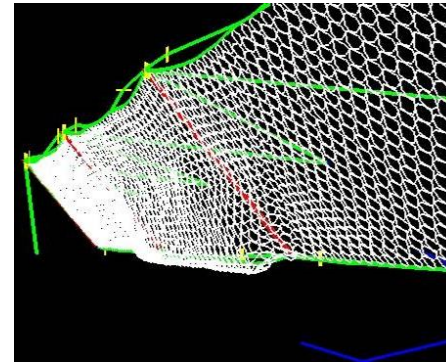
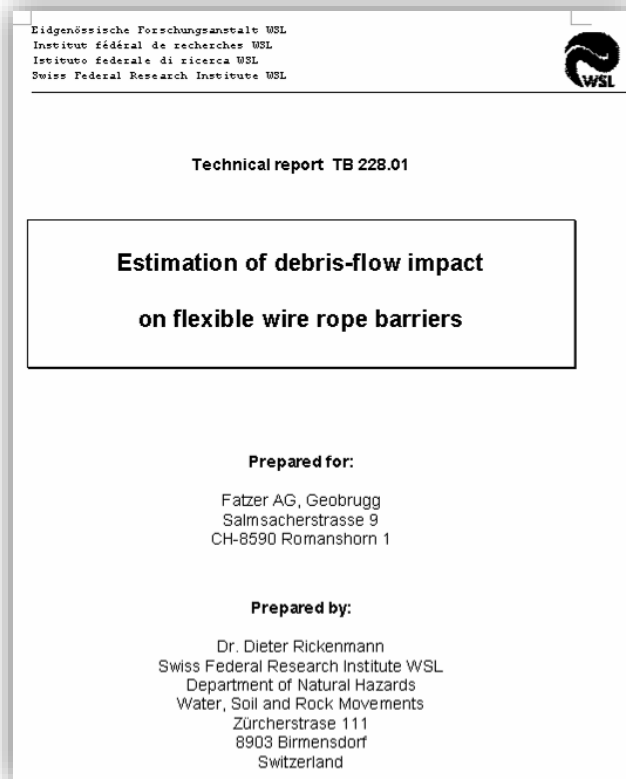
1996: Test presso USGS in Oregon with rete ad anelli



1998: Evento di Debris flow a Aobandani, Giappone



2002: Prima progettazione interna preliminare / FARO



2004: Primi progetti: Protezione tombinatura Gaviota Pass



CONTESTO STORICO

2003: Villar Pellice (Torino) – Impattata nel 2010



2005: Inizio del progetto KTI-Project in collaborazione con WSL



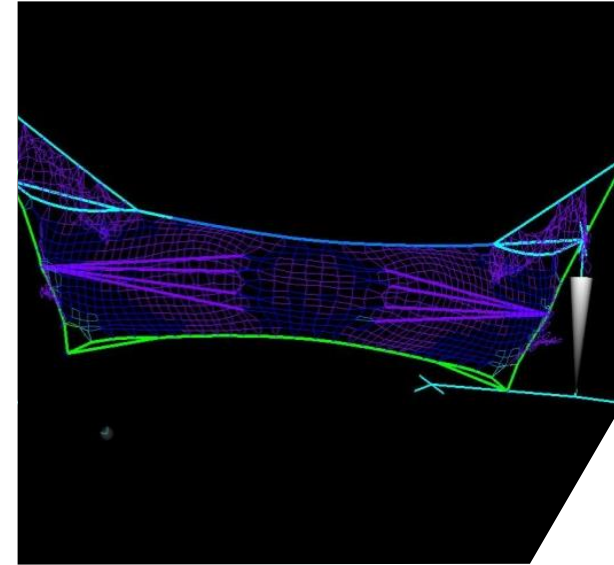
1:1 test sul campo



Modelli numerici



Test di laboratorio



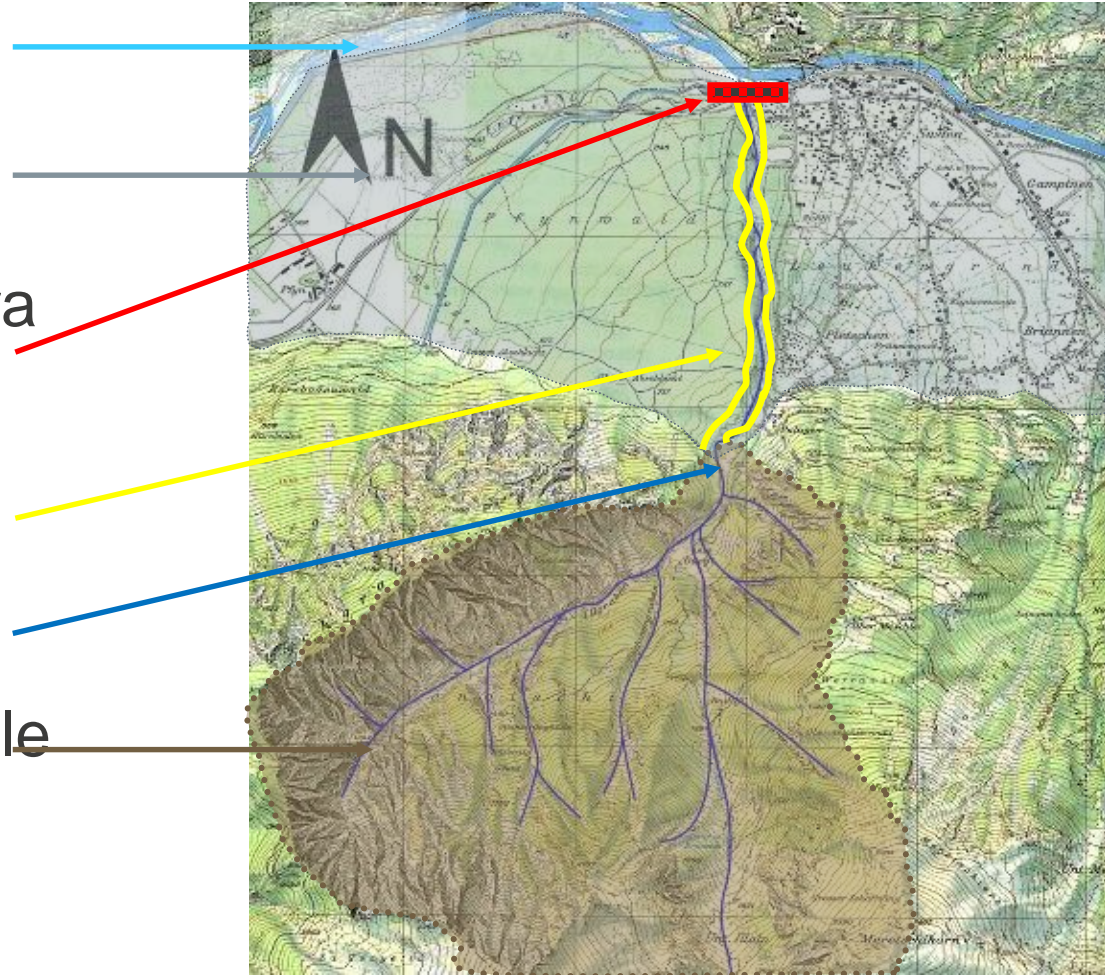
Ottimizzazione della struttura della barriera flessibile

TEST

In Svizzera non c'è solo formaggio e cioccolato!



- ▶ Fiume Rhone
- ▶ Area di deposito del fiume Illbach
- ▶ Posizionamento barriera debris flow per I test
- ▶ Check-dams and controlled river border
- ▶ Fiume Illbach
- ▶ Area di ricarica materiale detritico



Caratteristiche principali del bacino di Illgraben

Area	10.5 km ²
Copertura del suolo	
Roccia, materiale detritico	25%
Foresta	30%
Vegetazione aperta	43%
Laghi	2%
Punto più elevato	2790 m ASL
Punto più basso	610 m ASL
Esposizione	N
Pendenza media del torrente	16%
Pendenza media del fan	10%
Lunghezza dell'asta principale	2.6 km



Perché a Illgraben?

Area molto attiva e costante
negli ultimi 100 anni



**5 – 6 eventi di colate
Ogni anno!**

Eventi	Volumi
numerosi	< 75000 m ³
5	75.000 – 250.000 m ³
1	500.000 m ³

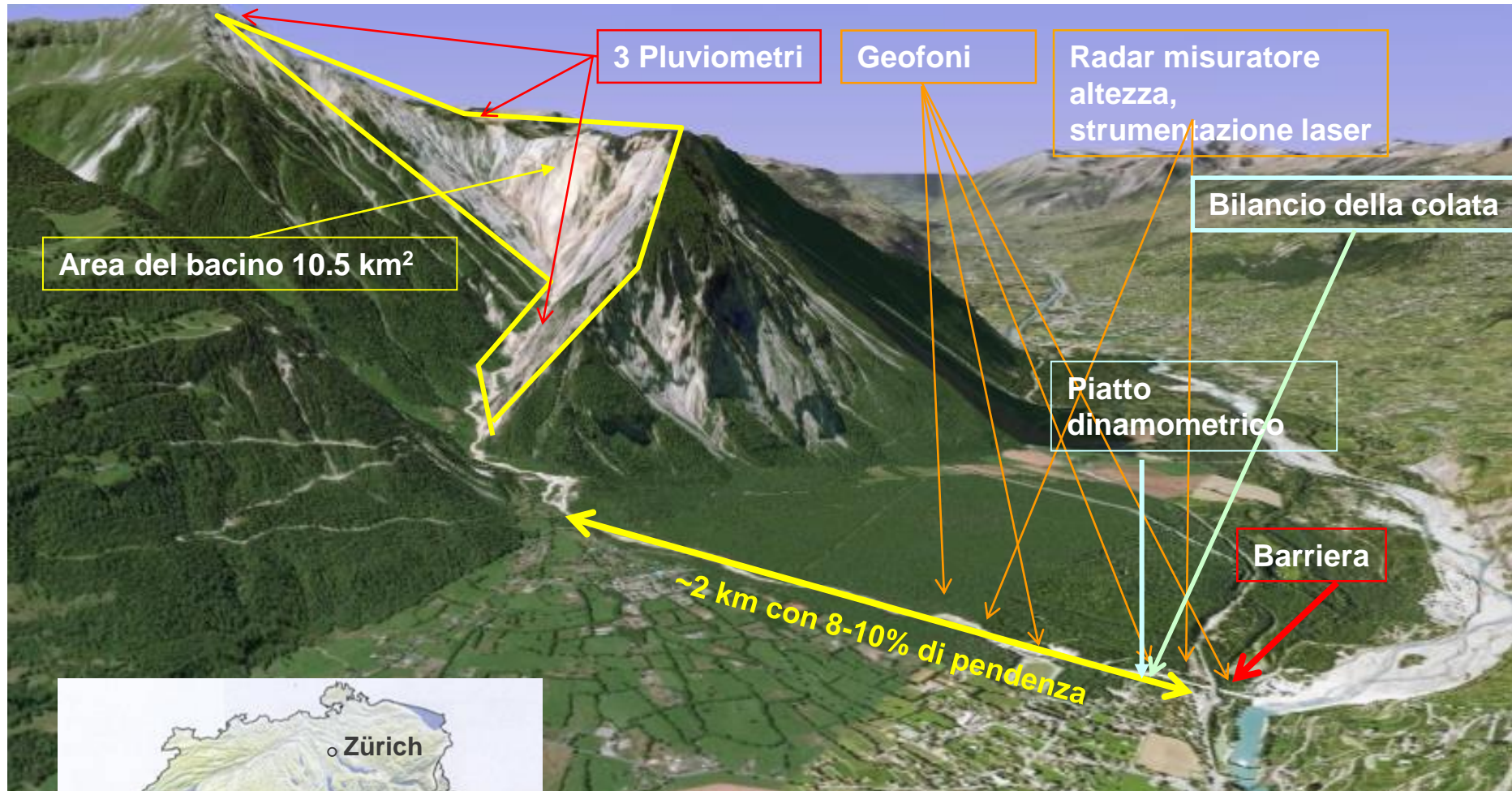


ILLGRABEN VALLEY

1961: Debris flow di ~500 000 m³



1:1 TEST IN VERA GRANDEZZA



1:1 TEST IN VERA GRANDEZZA



Video camera



**Laser
faro**

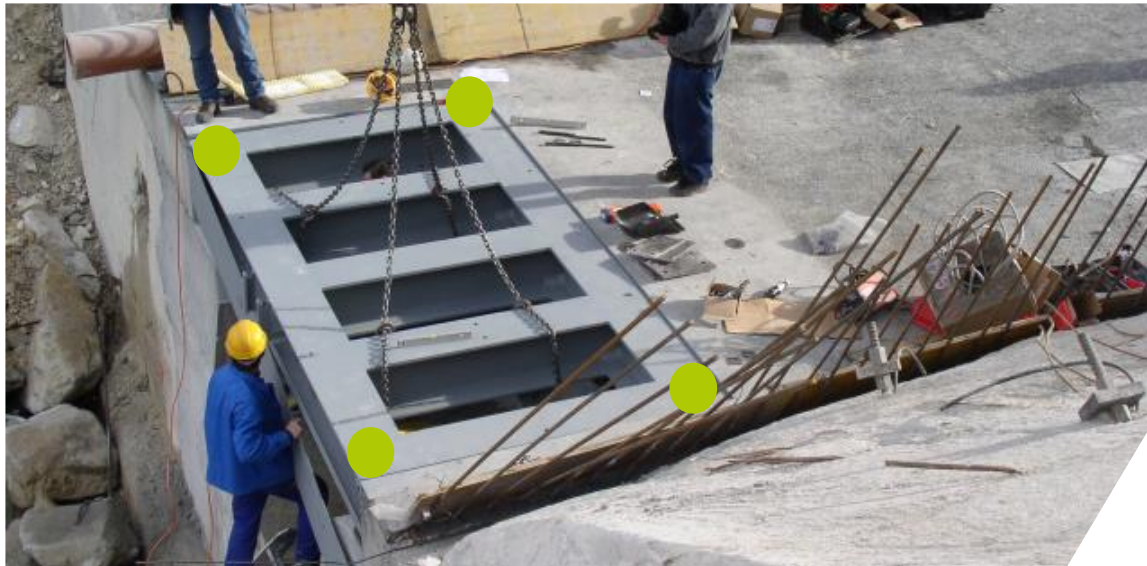


Celle di carico



PIATTO DINAMOMETRICO PER MISURARE LE PROPRIETÀ DELLA COLATA

4 trasduttori per misurare l'azione causata dal flusso della colata



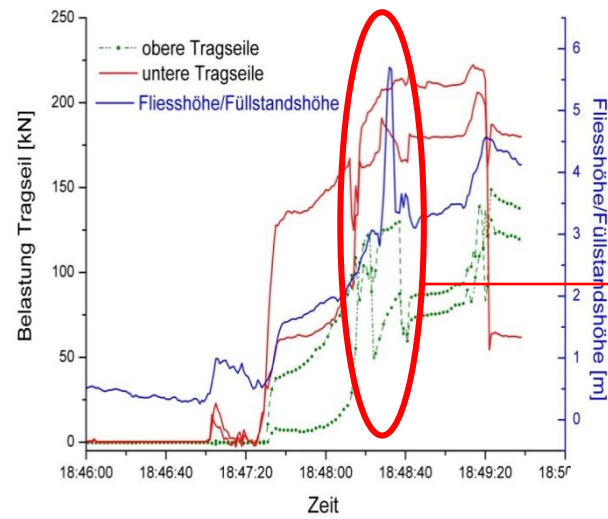
DETTAGLI BARRIERA

Protezione abrasione **3 x 2 Funi di supporto** **Sistemi frenanti** **Ancoraggi**



DETTAGLI DEI SISTEMI FRENANTI

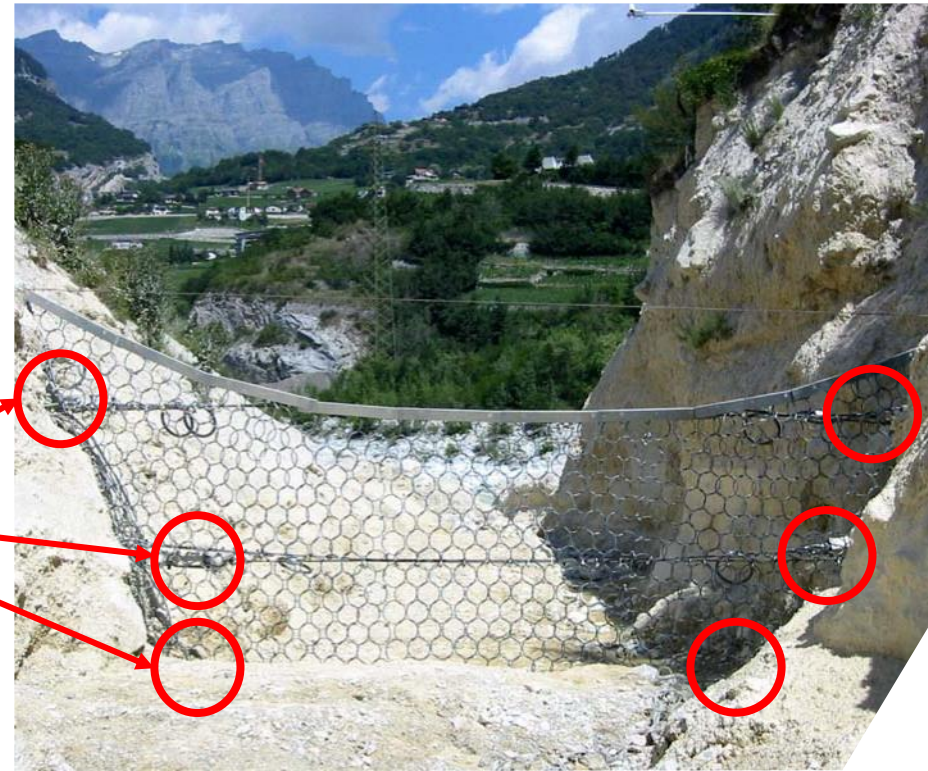




CAMPO PROVA- BARRIERA DEBRIS FLOW

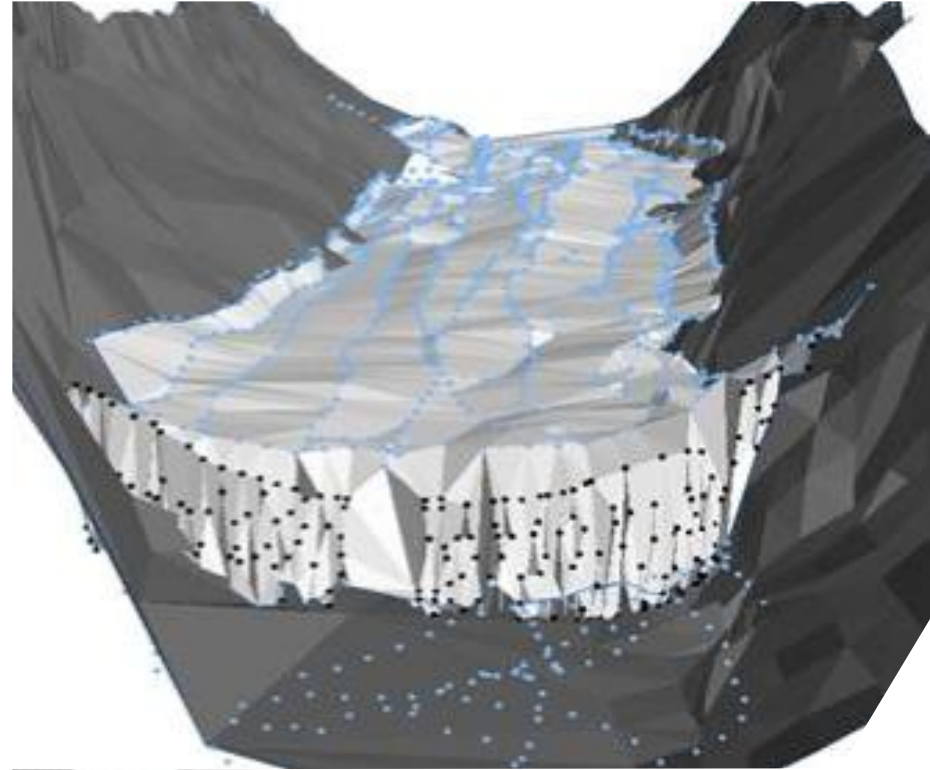
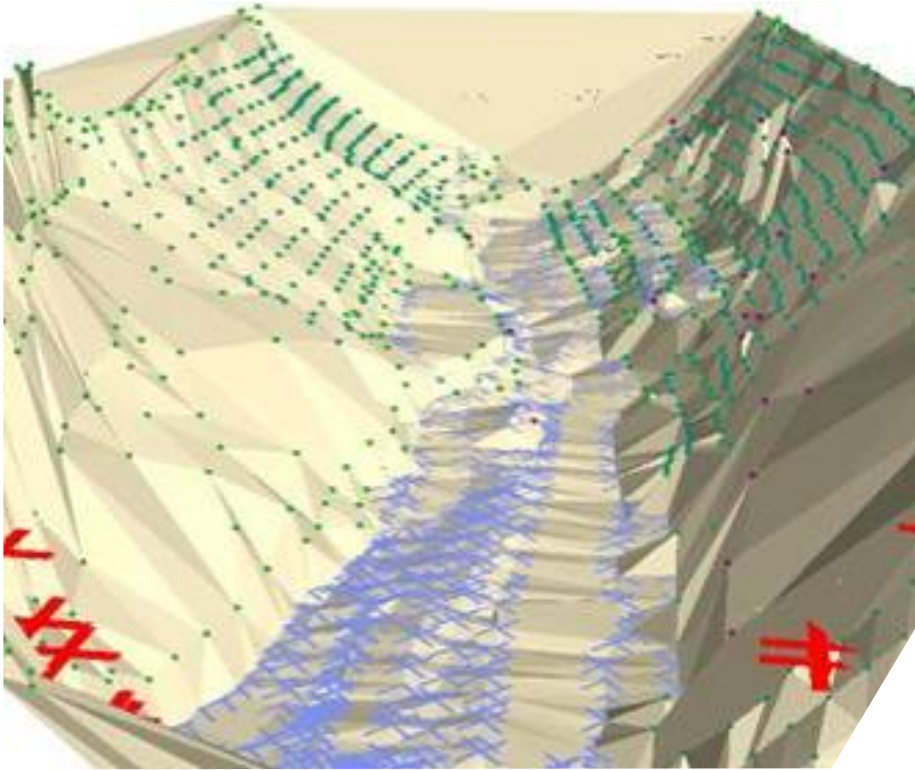
VX – Barriera in rete ad anelli: STRUMENTAZIONE

Celle di carico con raccolta
dati integrata

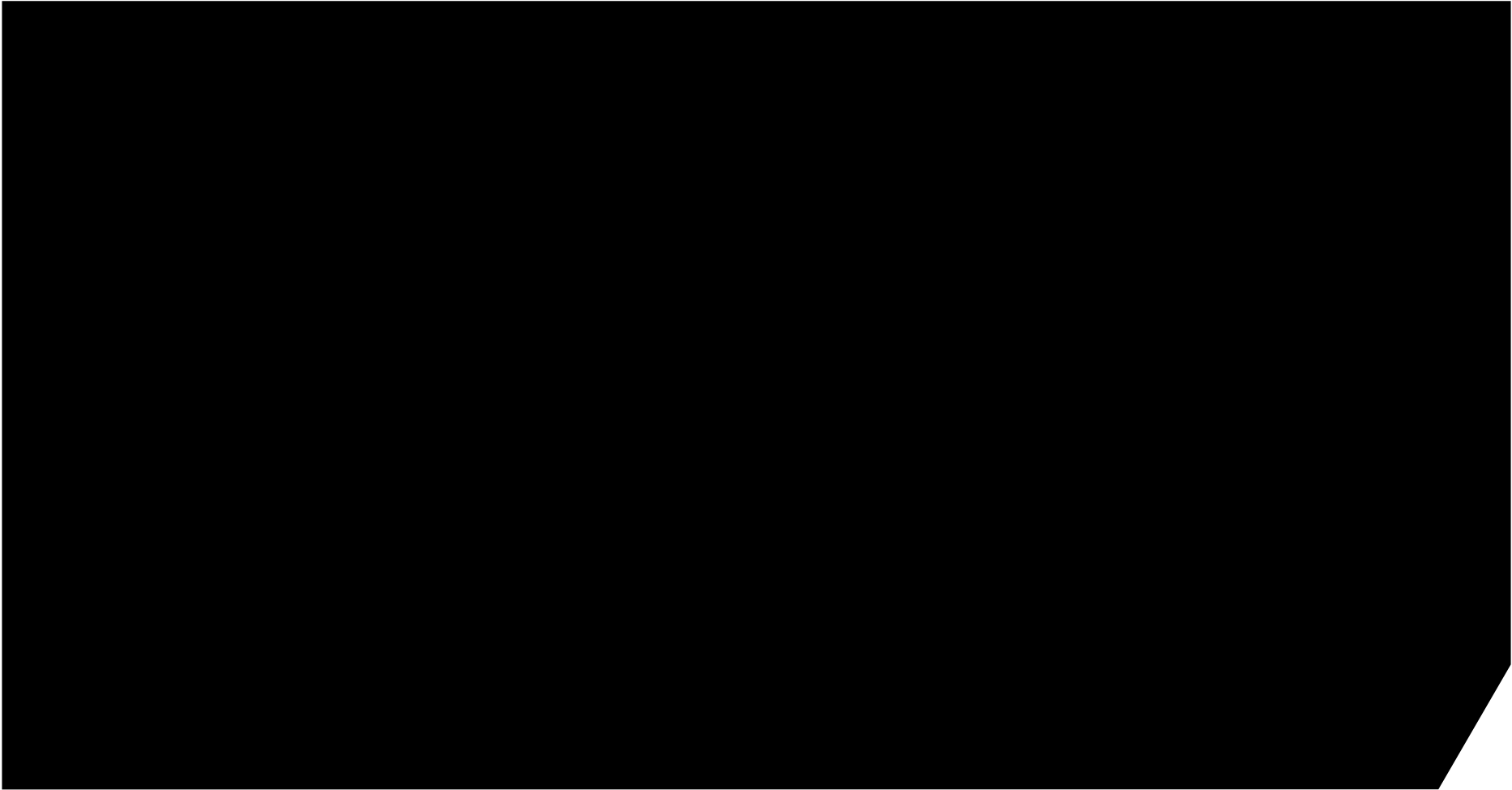


Volume trattenuto

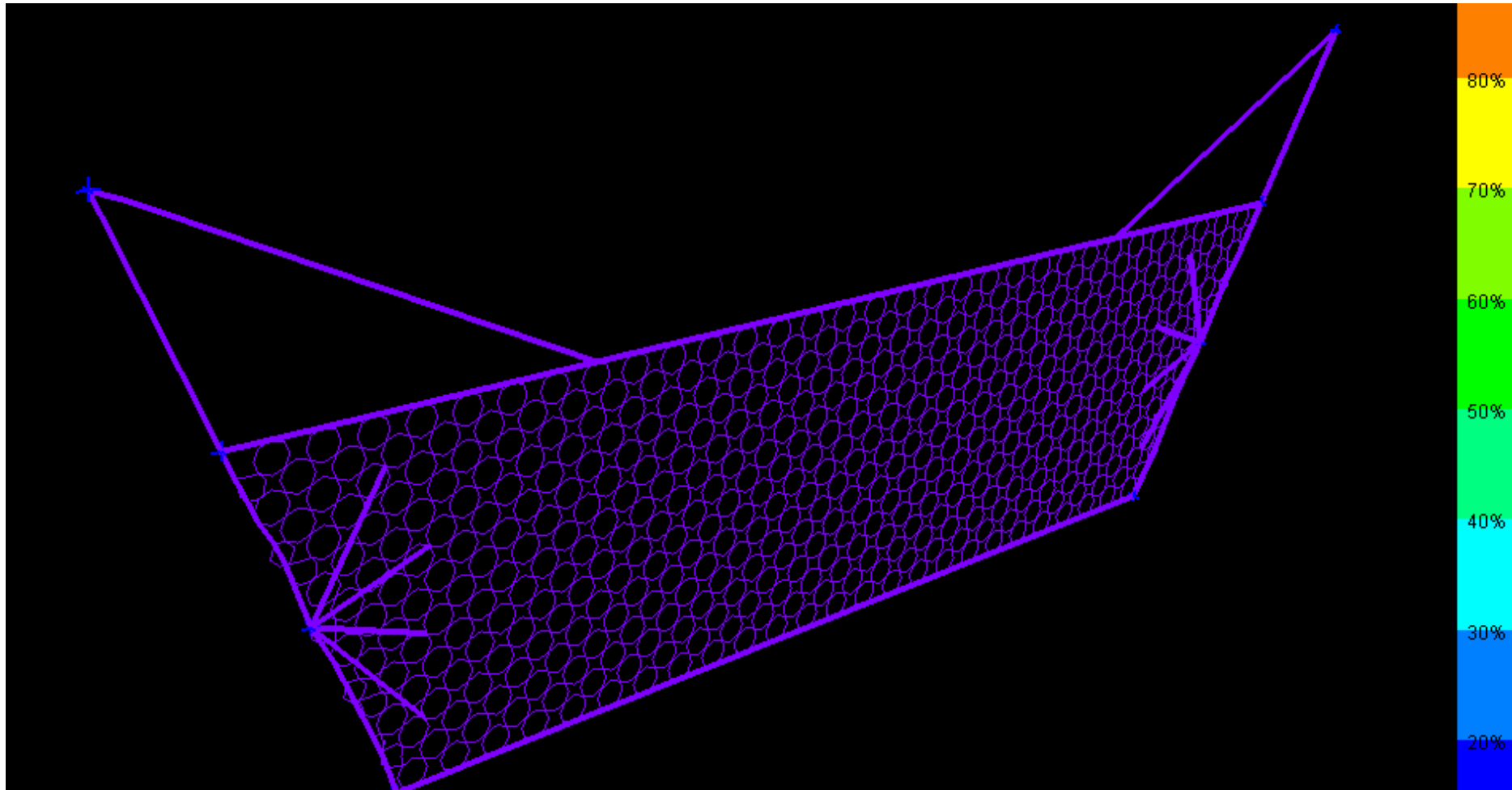
→ Volume $\approx 1000 \text{ m}^3$



OVERTOPPING

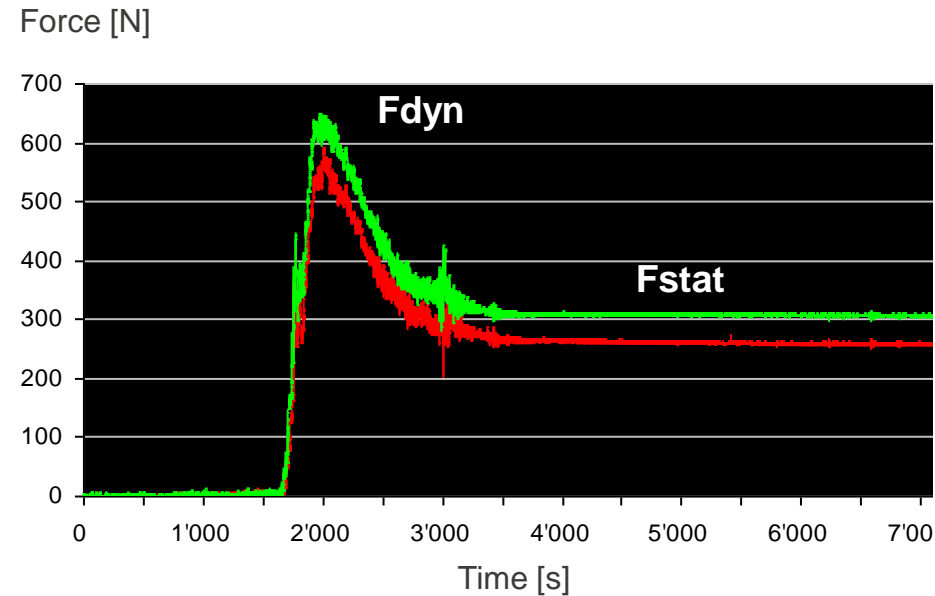
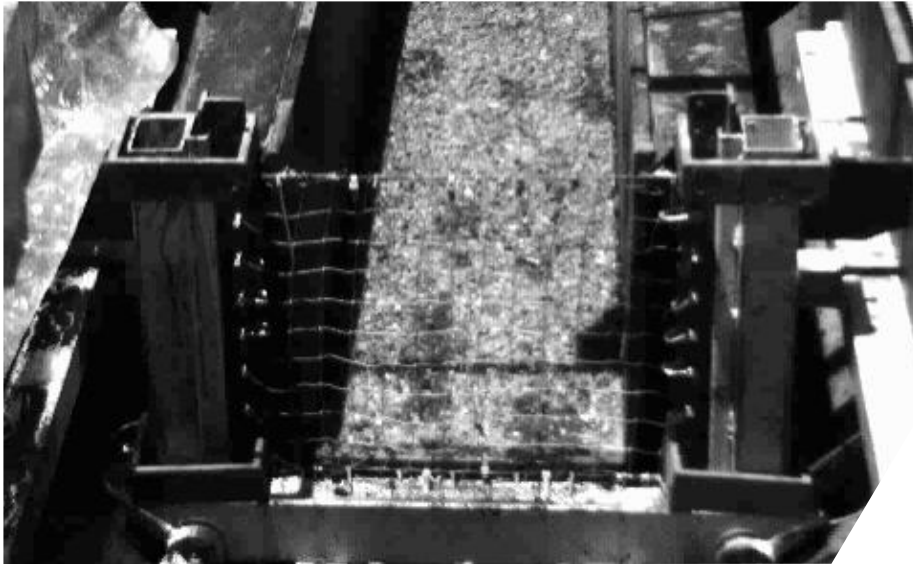


SVILUPPO DI MODELLI NUMERICI



APPROCCI DI RICERCA – TEST DI LABORATORIO

Utilizzo di materiali differenti, diverse dimensioni della maglia, differenti barriere e diverse larghezze di base



d_{90} : 30 mm

Contenuto d'acqua: 45 %

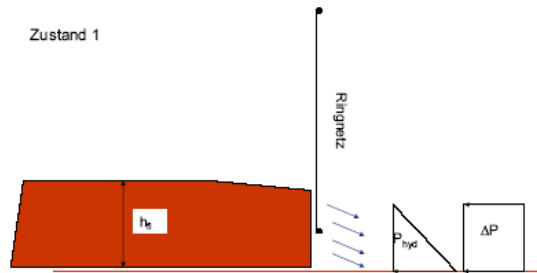
Contenuto solido: 55 %

Innesco del materiale: 50 l

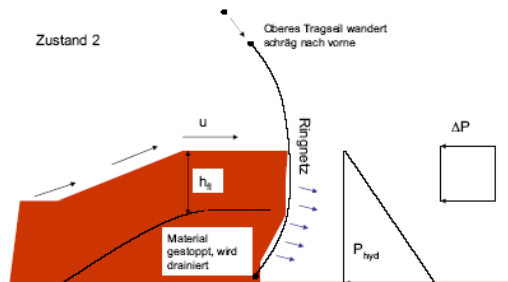
Barriera: rete con maglie 3 cm

DIMENSIONAMENTO DELLE BARRIERE DEBRIS FLOW

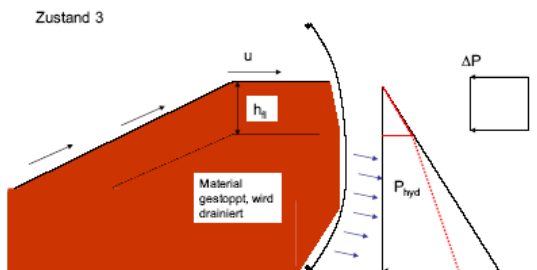
Aspetti concettuali per il dimensionamento



Trattenuta del materiale



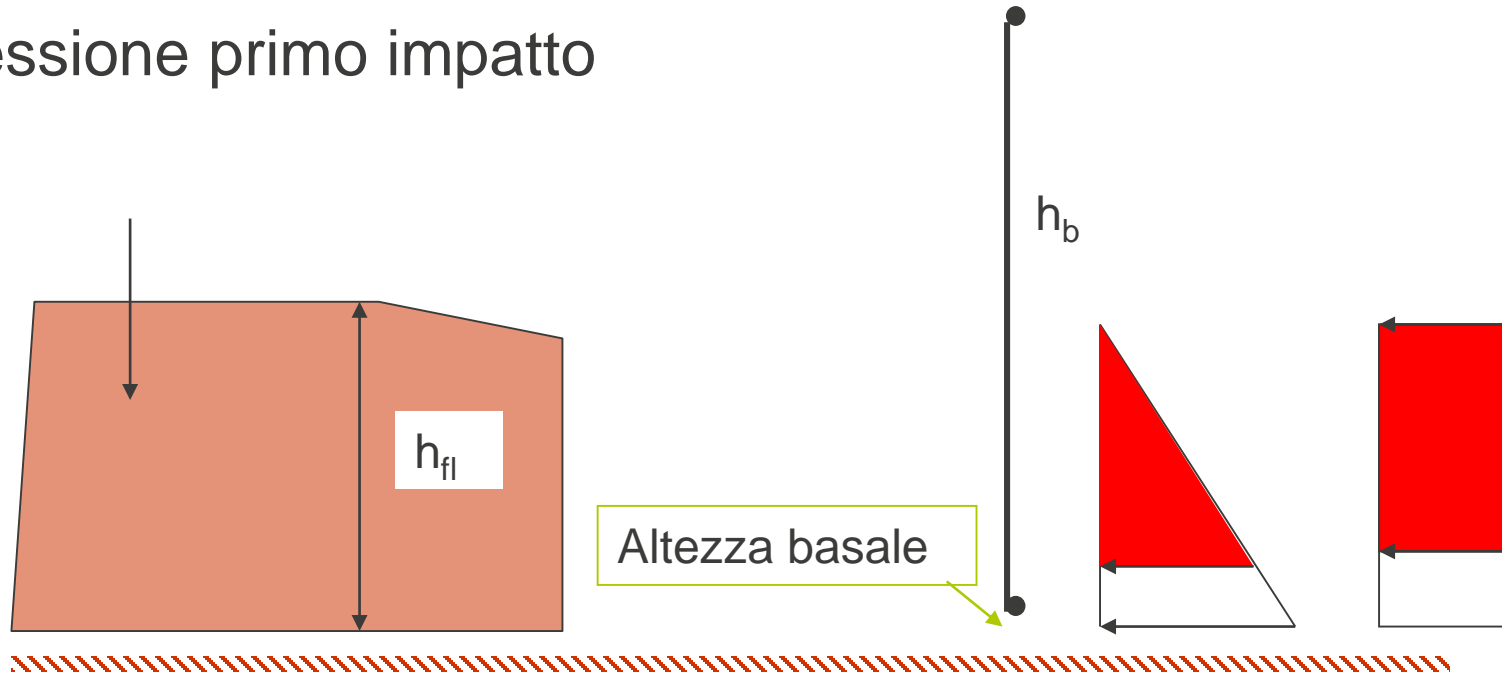
Riempimento



Tracimazione della barriera

APPROCCIO DI RICERCA – SVILUPPO DI UN MODELLO DI CARICO

1. Pressione primo impatto



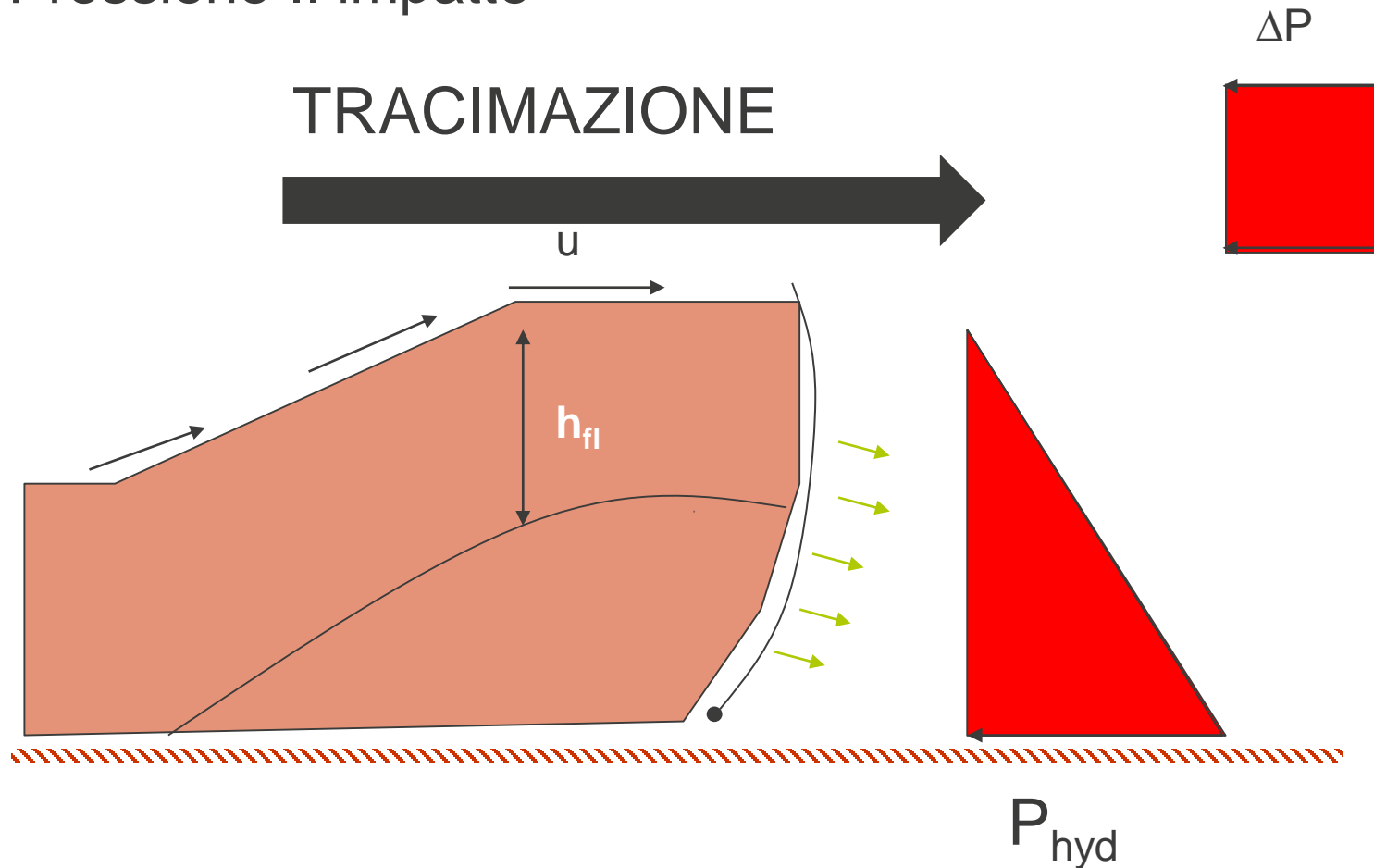
$c_d = 1.0 \rightarrow$ fango

$c_d = 2.0 \rightarrow$ detrito (Armanini et al. 2000)

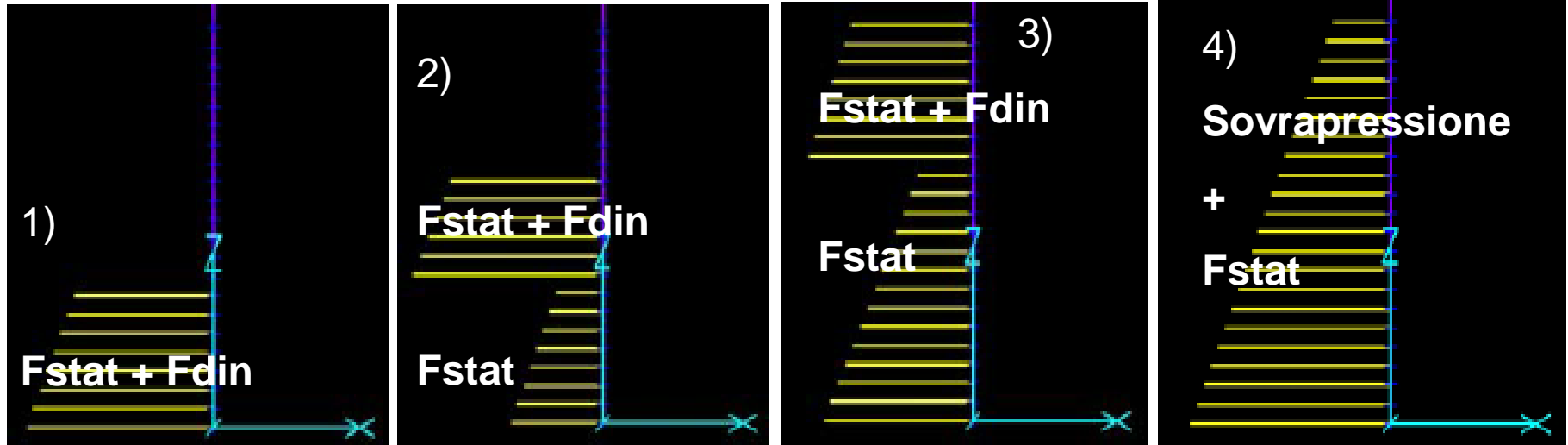
$$F = \frac{1}{2} \rho g h_{fl}^2 + c_d \rho u^2 h_{fl} \quad [\text{N/m}]$$

APPROCCIO DI RICERCA – SVILUPPO DI UN MODELLO DI CARICO

2. Pressione ll impatto



Scenari di calcolo considerati:

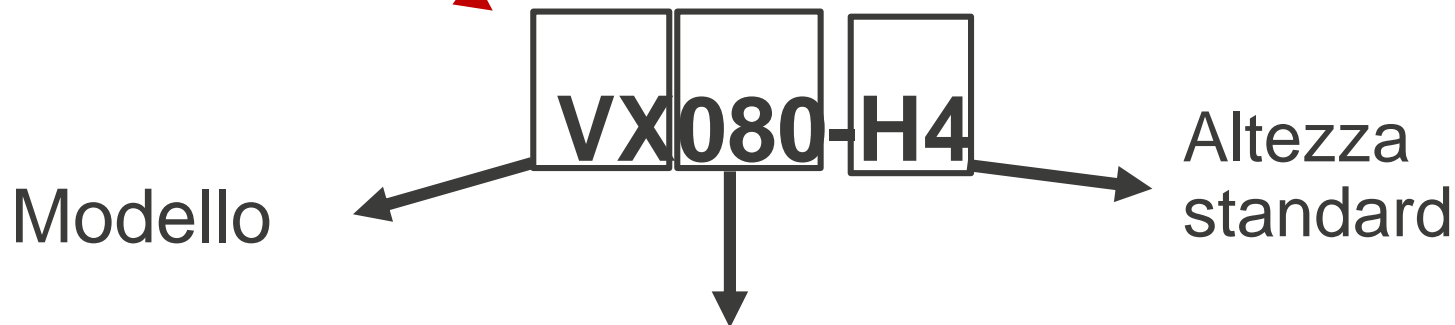


BARRIERE VX

	Altezza	Larghezza
VX		
VX080-H4	2-4 m	Fino a 15 m
VX140-H4	2-4 m	Fino a 15 m
VX100-H6	3-6 m	Fino a 15 m
VX160-H6	3-6 m	Fino a 15 m



	Altezza	Larghezza
VX		
VX080-H4	2-4 m	Fino a 15 m
VX140-H4	2-4 m	Fino a 15 m
VX100-H6	3-6 m	Fino a 15 m
VX160-H6	3-6 m	Fino a 15 m

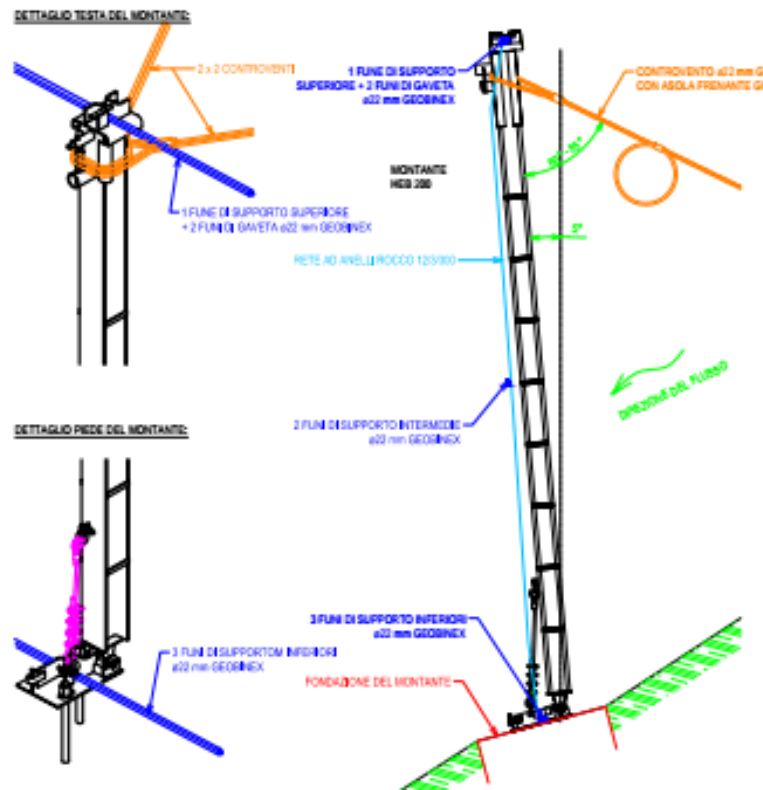


BARRIERE UX

	Altezza	Larghezza
UX		
UX100-H4	2-4 m	Fino a 25 m
UX160-H4	2-4 m	Fino a 25 m
UX120-H6	3-6 m	Fino a 25 m
UX180-H6	3-6 m	Fino a 25 m



	Altezza	Larghezza
UX		
UX100-H4	2-4 m	Fino a 25 m
UX160-H4	2-4 m	Fino a 25 m
UX120-H6	3-6 m	Fino a 25 m
UX180-H6	3-6 m	Fino a 25 m



MONTANTI DI SUPPORTO

Sistemi leggeri

	Altezza	Larghezza
VX		
VX060L-H4	2-4 m	Fino a 10 m
UX		
UX060L-H4	2-4 m	Fino a 20 m

NO TRACIMAZIONE

Certificazione della qualità dei materiali e dei processi produttivi



CE per apposite barriere contro le colate detritiche!

POSSIBILI APPLICAZIONI

Protezione dell'erosione spondale





Recupero letto originale



Protezione dall'intasamento di culverts







A7 KM91 (GE) - UX120-H6

Ampiezza max. 15 m

Ampiezza min. 10 m

Altezza 5 m

Volume d'invaso: m³ 1500

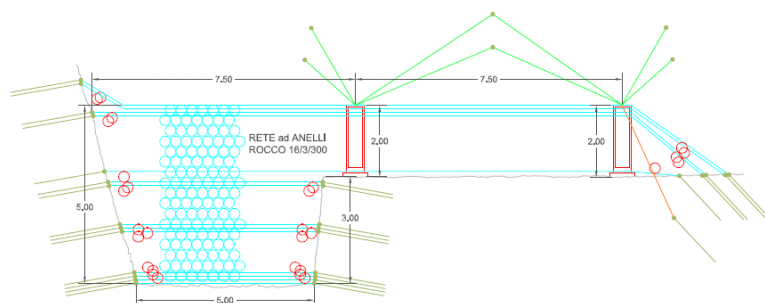
TRACCIAMENTO



TRACCIAMENTO

RIO VERNAZZOLA - Barriera 2 - UX180H6

A = 50 mq N° Anc.: 28 + 6 (C. monte) + 1 (C.laterale)

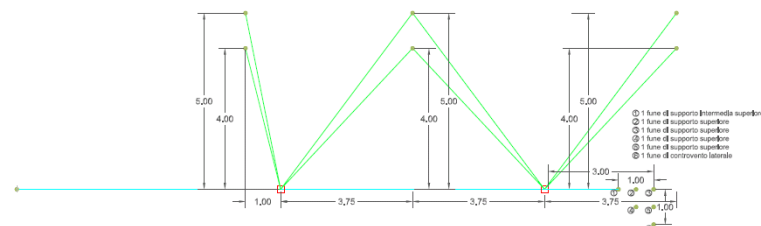


Questo documento è di proprietà della GEOBRUGG AG ed è soggetto a copyright: tutti i diritti sono riservati. Esso non può essere distribuito, copiato e riprodotto in qualunque forma, tradotto, sia parzialmente che completamente, Modifiche senza preavviso.

12-016	Mc%	sostituisce: ed. 19.01.12
Rio Vernazzola		sostituito da:
Rio Vernazzola, DAPAM srl		
Barriera 2: UX180-H6		
Disegno del sistema, Vista Frontale		
GEOBRUGG ITALIA s.r.l.	disegno	20.01.12 ac
20097 - via C. Jannozzi 42	controllo	20.01.12 gg
San Donato Milanese (MI)	edizione	20.01.12
Tavola 1.1		

RIO VERNAZZOLA - Barriera 2 - UX180H6 VISTA DALL'ALTO

A = 50 mq N° Anc.: 28 + 6 (C. monte) + 1 (C.laterale)



Questo documento è di proprietà della GEOBRUGG AG ed è soggetto a copyright: tutti i diritti sono riservati. Esso non può essere distribuito, copiato e riprodotto in qualunque forma, tradotto, sia parzialmente che completamente, Modifiche senza preavviso.

12-016	Mc%	sostituisce: ed. 19.01.12
Rio Vernazzola		sostituito da:
Rio Vernazzola, DAPAM srl		
Barriera 2: UX180-H6		
Disegno del sistema, Top View		
GEOBRUGG ITALIA s.r.l.	disegno	20.01.12 ac
20097 - via C. Jannozzi 42	controllo	20.01.12 gg
San Donato Milanese (MI)	edizione	20.01.12
Tavola 1.2		

OTTIMIZZAZIONE FORNITURA E OFFERTE





Attenzione alle funi e ai componenti
→ Il SISTEMA è IN TENSIONE!

1. Rimuovere il
profilo antiabrasione



2. Detensionare le funi



3. Rimozione materiale



STATO DEI COMPONENTI



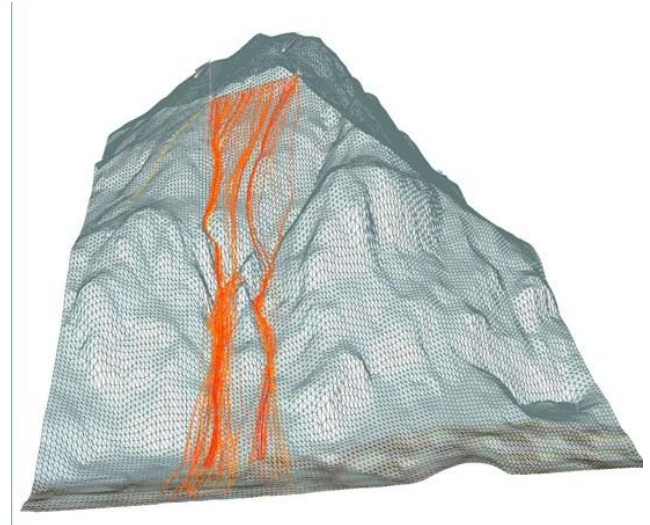
Norme per la progettazione

Di prodotto - EAD

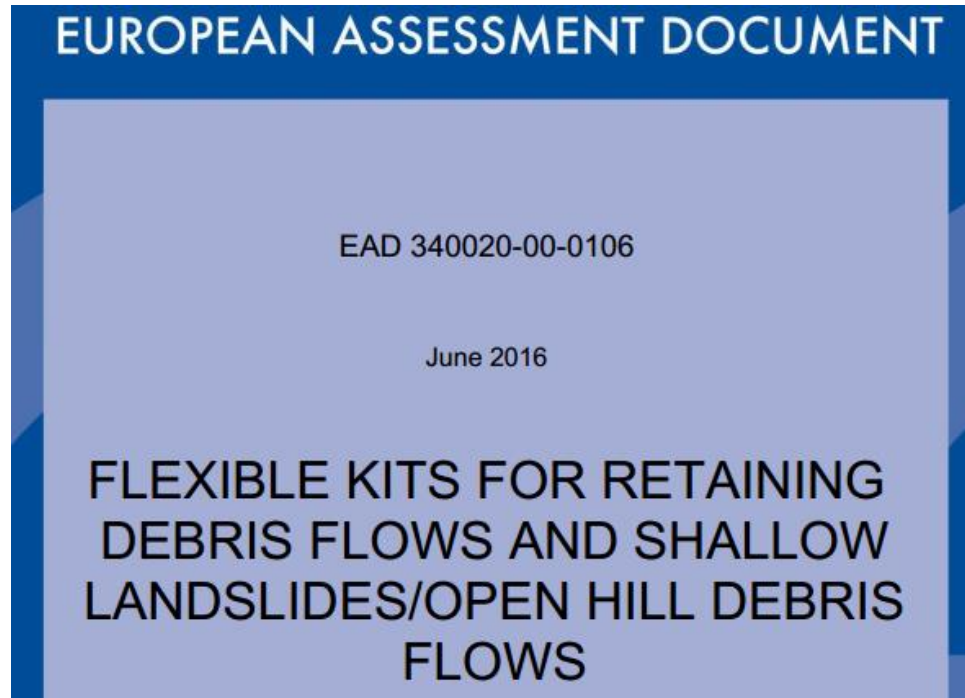


Di progetto

NTC e Eurocodici

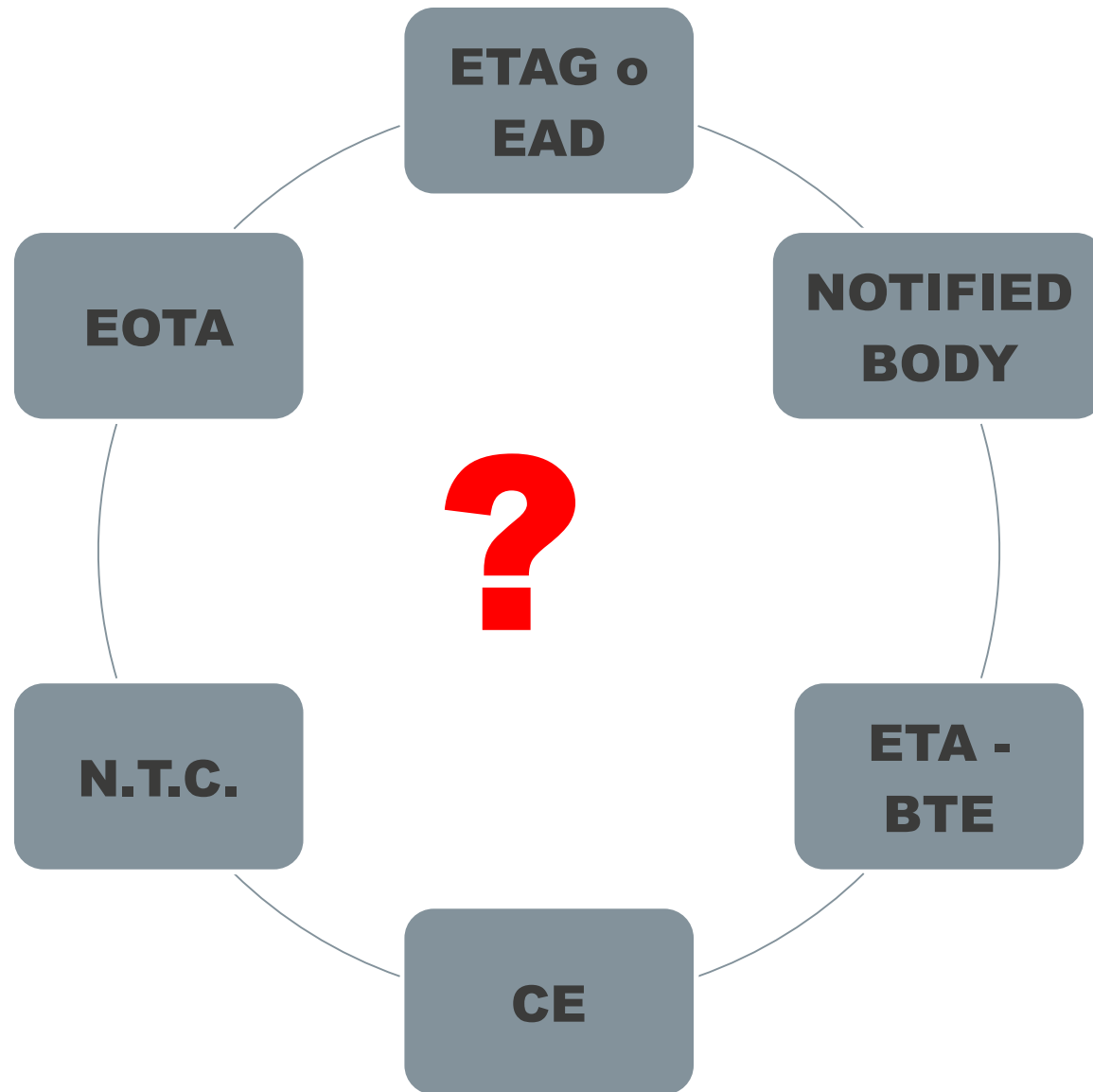


Nuova norma di prodotto - EAD



Linee guida Europee (EAD) per la valutazione di barriere contro le colate detritiche e contro le frane superficiali.

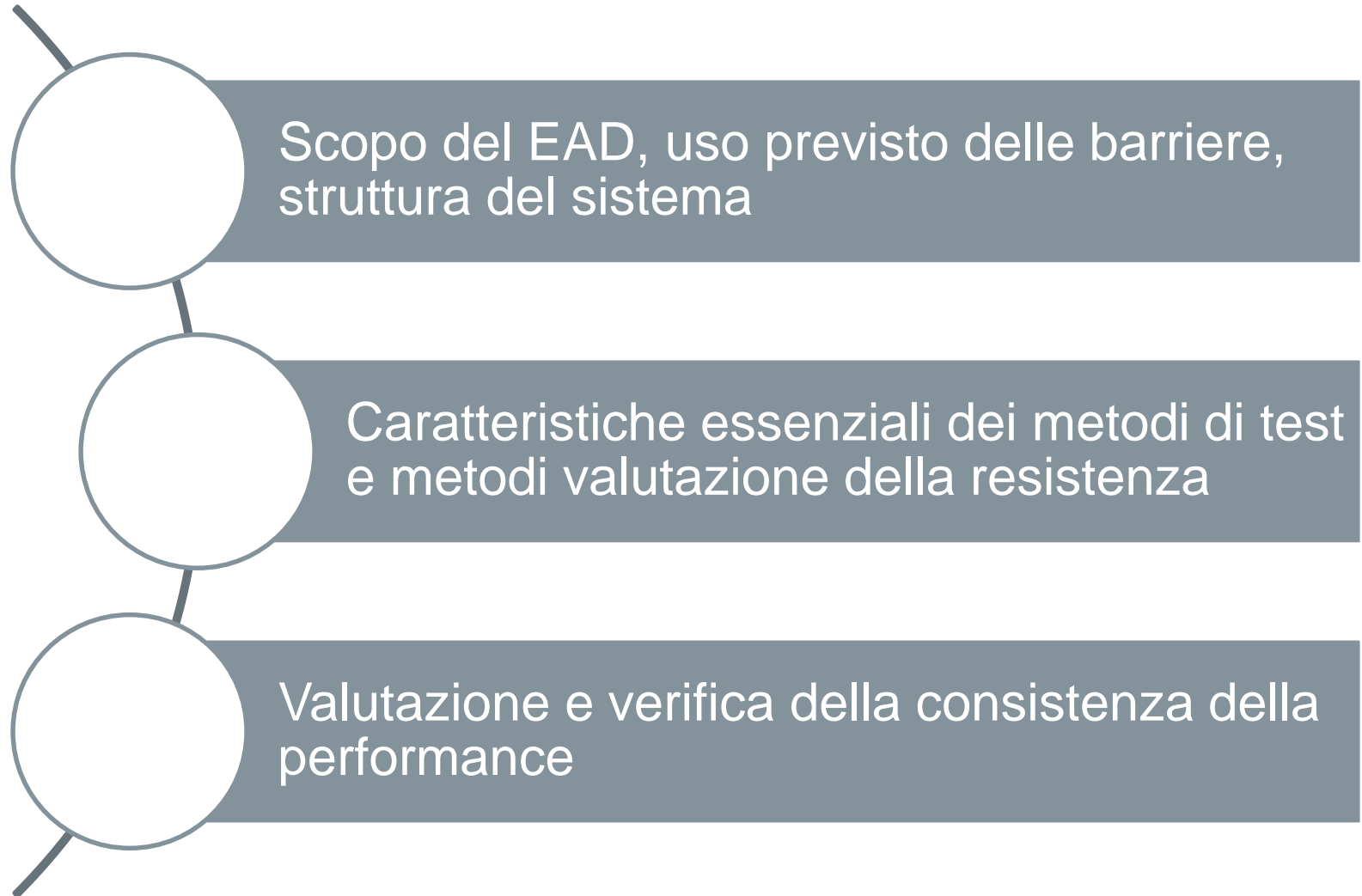
EAD NORME DI PRODOTTO



Basic Works Requirement 1: Mechanical resistance and stability

1	Maximum impact pressure	2.2.1	p_s (kN/m ²)
2	Filled height of the net after single filling steps and after the complete filling	2.2.2	Z_i (m)
3	Forces on cables/anchors	2.2.3	F (kN)
4	Maximum elongation of net	2.2.4	δ (m)
5	Residual height of the kit	2.2.5	h_R (m)

**Pressione di
impatto**



No	Essential characteristic	Assessment method	Type of expression of product performance
Basic Works Requirement 1: Mechanical resistance and stability			
1	Maximum impact pressure	2.2.1	p_s (kN/m ²)
2	Filled height of the net after single filling steps and after the complete filling	2.2.2	Z_f (m)
3	Forces on cables/anchors	2.2.3	F (kN)
4	Maximum elongation of net	2.2.4	δ (m)
5	Residual height of the kit	2.2.5	h_R (m)
6	Durability	2.2.6	Description

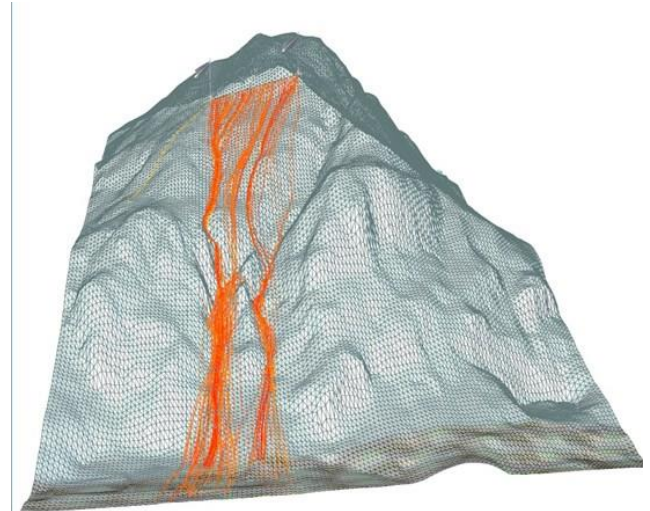
Norme per la progettazione

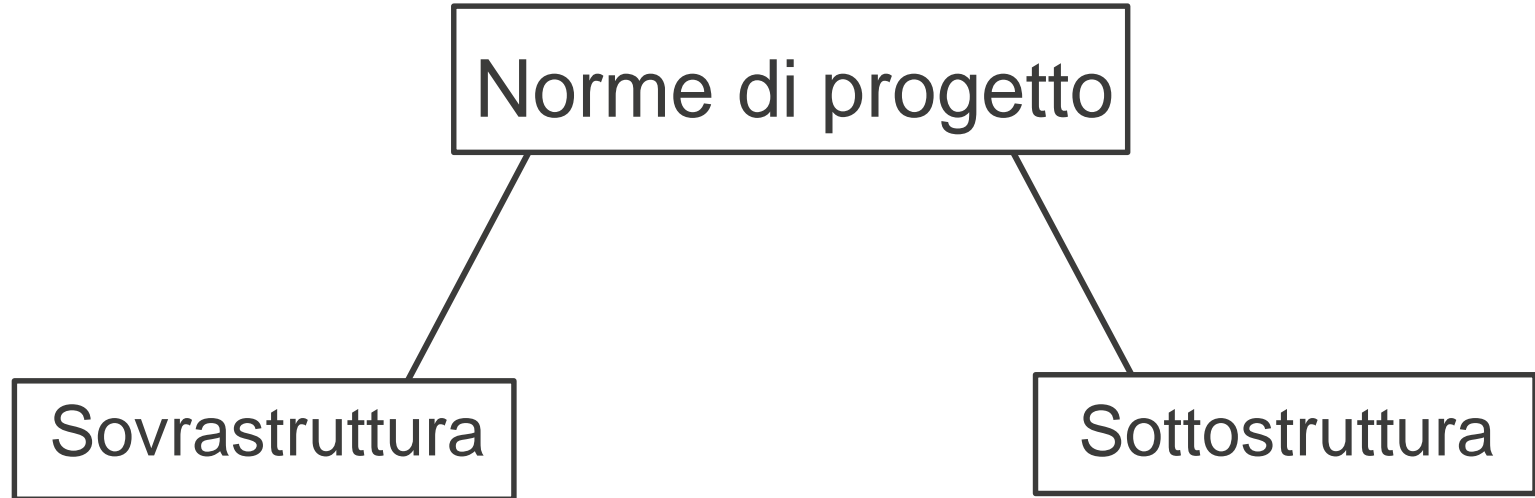
Di prodotto - EAD



Di progetto

NTC e Eurocodici





Software

Only accurately dimensioned systems will provide reliable protection against natural hazards. That is why we utilize software that we have verified and calibrated through our 1:1 field tests. To dimension our systems we provide the following software:



RUVOLUM®

Slope stabilization systems TECCO® SYSTEM³ and SPIDER®

Manual EN



SPIDER®

Rock protection systems with SPIDER®

Manual EN



DEBFLOW

Flexible ring net barriers against debris flows

Manual EN




SHALLOW

Flexible barriers against shallow landslides


DEBFLOW

SHALLOW

Design Software Tool DEBFLOW

← → ↻  Sicuro | https://www.geobrugg.com/index_en.html

GEOBRUGG®
BRUGG
Safety is our nature
A company of the BRUGG Group

Searchterm 

Switzerland ▾ | EN ▾ | Contact | Downloads | News | myGeobrugg

Login

Email address

Password

Login

[Forgot your password?](#)

Registration

Do you have personal login information?

Register now

SAFETY SYSTEMS MADE OF HIGH-TENSILE STEEL WIRE

Innovative technologies to protect infrastructure and industry

Just three clicks to more safety

1. SECTORS ▾ 2. APPLICATIONS ▾ 3. SYSTEMS ▾

Home

Welcome to myGeobrugg! As a registered user you have extended access:



PROJECT DATABASE

Find our solutions in projects all over the world.
[more](#)



DOWNLOADS

Extended access to drawings and other documents.
[more](#)



Dimensioning Tools

DIMENSIONING TOOLS

Use our software and design our systems for slope stabilization, debris flow barriers and for shallow landslides.
[more](#)

Software

Only accurately dimensioned systems will provide reliable protection against natural hazards. That is why we utilize software that we have verified and calibrated through our 1:1 field tests. To dimension our systems we provide the following software:



RUVOLUM®

Slope stabilization systems TECCO® SYSTEM³ and SPIDER®

Manual EN



SPIDER®

Rock protection systems with SPIDER®

Manual EN



DEBFLOW

Flexible ring net barriers against debris flows

Manual EN



SHALLOW

Flexible barriers against shallow landslides

DEBFLOW

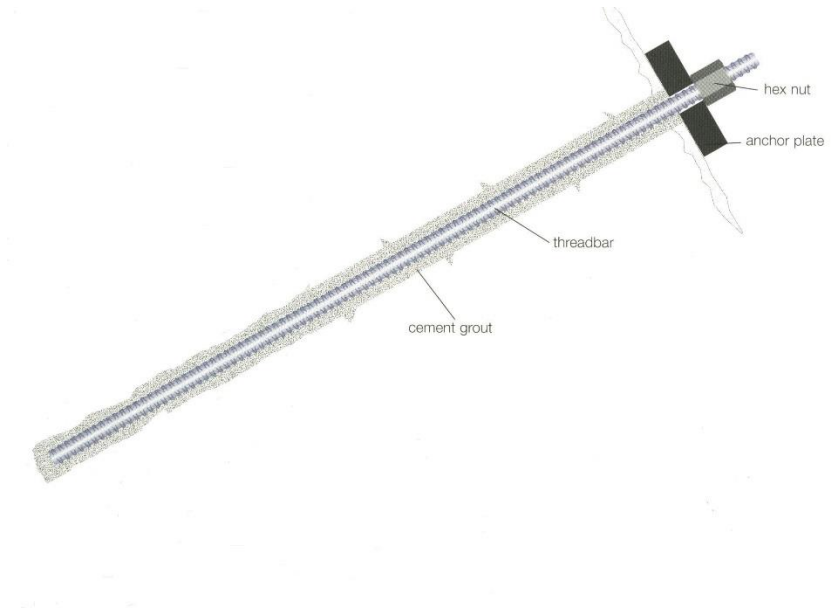
Sovrastruttura



Sottostruttura

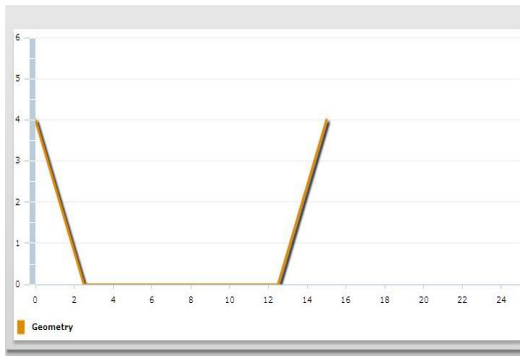


Ancoraggi funi/controventi e barre d'ancoraggio



Software DEBFLOW

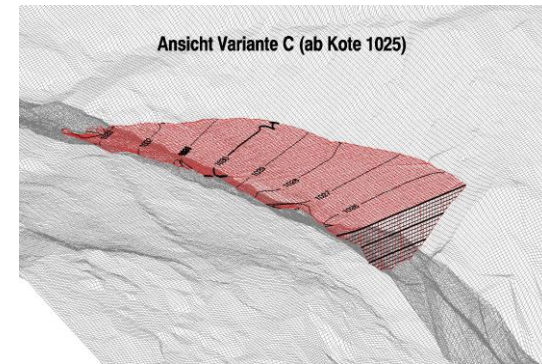
Geometria



Struttura



Volume



Modello di barriera adatto

Dimensioni

Pressioni di
impatto

N° di barriere

Dati di input



Material



Volumetria



Portata

Tipologia di colata e densità

Input Parameters

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	mud flow	no load case
Density of the debris flow material	$\rho =$	2200	1800	1900
		[kg/m ³]		
Specific weight of the debris flow material	$\gamma =$	21.6	17.7	
		[kN/m ³]		
Water content	$w =$	0.27	0.52	

Granulare: $\rho = 1900 - 2300 \text{ kg/m}^3$

Fangosa: $\rho = 1600 - 2000 \text{ kg/m}^3$

Coefficiente c_d più alto

Coefficiente c_d inferiore

DIMENSIONAMENTO

Volume del debris flow e numero di pulsazioni

Debris flow volume and number of waves		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Total debris flow volume (incl. water)	Vtot=	1000	1000	1000	[m3]
Number of waves	N=	3	3	3	-
Volume per wave (average)	VN=	333	333	333	[m3]
Volume of first wave (recommended)	VN1,rec=	500	500	500	[m3]
Volume of first wave (chosen)	VN1=	3000	3000	3000	[m3]

Volume della colata: [min 100 ; max 10'000] m³

Numero di onde: [1 ; n]

Volume prima onda: acc. Rickenmann → da indagini sperimentali

Volume della prima onda: Potete definirla

Formulazione di Rickenmann

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]

Impostate liberamente il valore

Valori della portata di picco secondo Mizuyama et al.:

- $Q = 0.135 \cdot V^{0.78}$ per flussi granulari ($Q_{p,d} = 5 \text{ m}^3/\text{s} - 30 \text{ m}^3/\text{s}$)
- $Q = 0.0188 \cdot V^{0.79}$ per flussi fangosi ($Q_{p,d} = 1 \text{ m}^3/\text{s} - 5 \text{ m}^3/\text{s}$)

Safety factor

Global safety factor

SF=

1.0

		Tempo di ritorno 1-30 anni	Tempo di ritorno 30-100 anni	Tempo di ritorno > 100 anni
<div>Classe di pericolo</div> <div>↓</div>	1	1.0	1.0	1.0
	2	1.3	1.3	1.2
	3	1.5	1.3	1.2



GEOMETRIA DELLA BARRIERA

Barrier Location No. 1

☒ active

ATTIVARE BARRIERA

Geometry of barrier location

System height	H0,1=	4.0	[m]	←
Width of torrent on the level of the bottom support ropes	bu,1=	10.0	[m]	←
Width of torrent on the level of the top support ropes	bo,1=	15.0	[m]	←
Distance to the next barrier upstream	L0,1=	500.0	[m]	

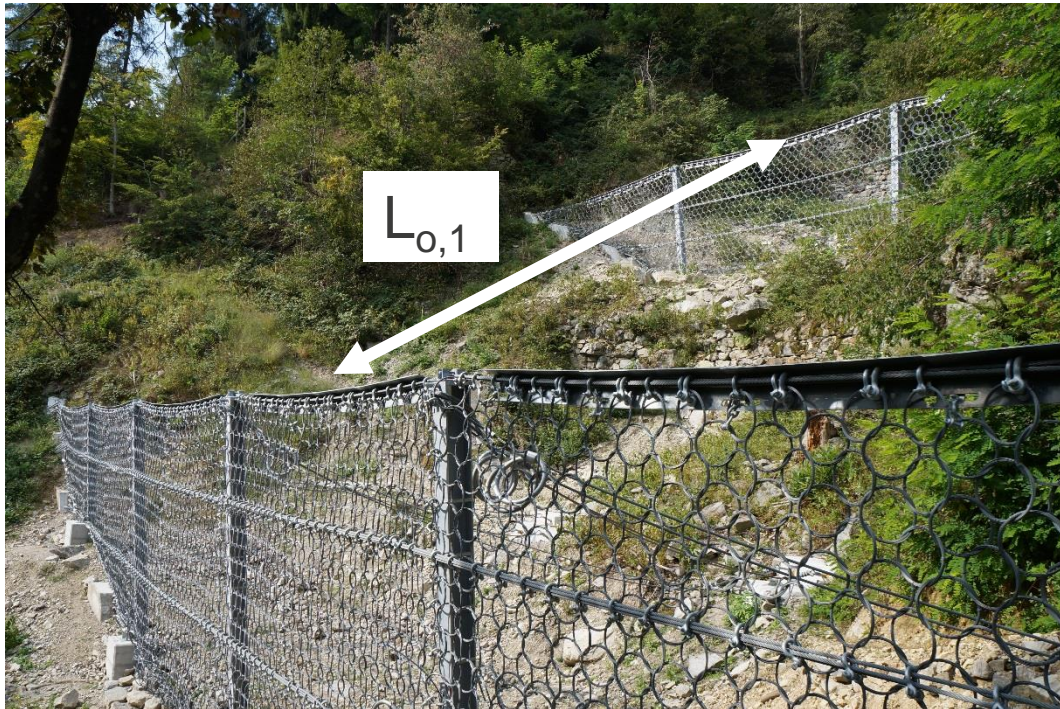


BARRIERE IN SERIE

Distance to the next barrier upstream

$L_{0,1} =$

5.0 [m]



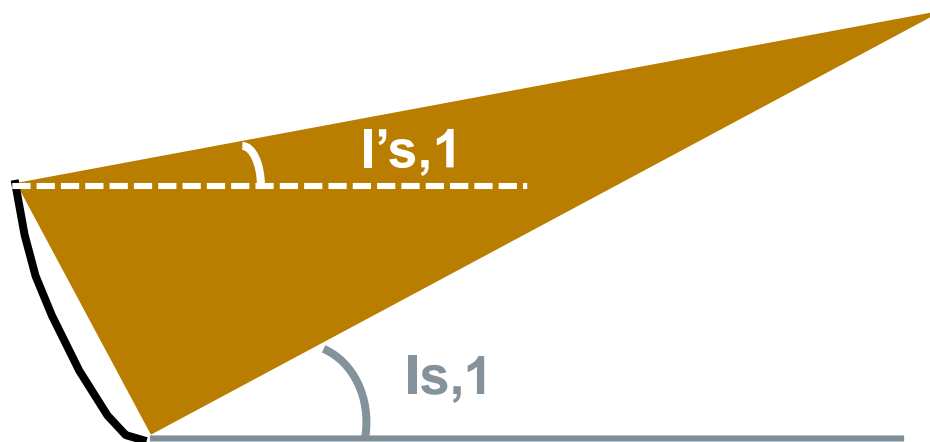
$$L_{0,1} < 10 \text{ m}$$

60 % di riduzione della
velocità a causa del risalto

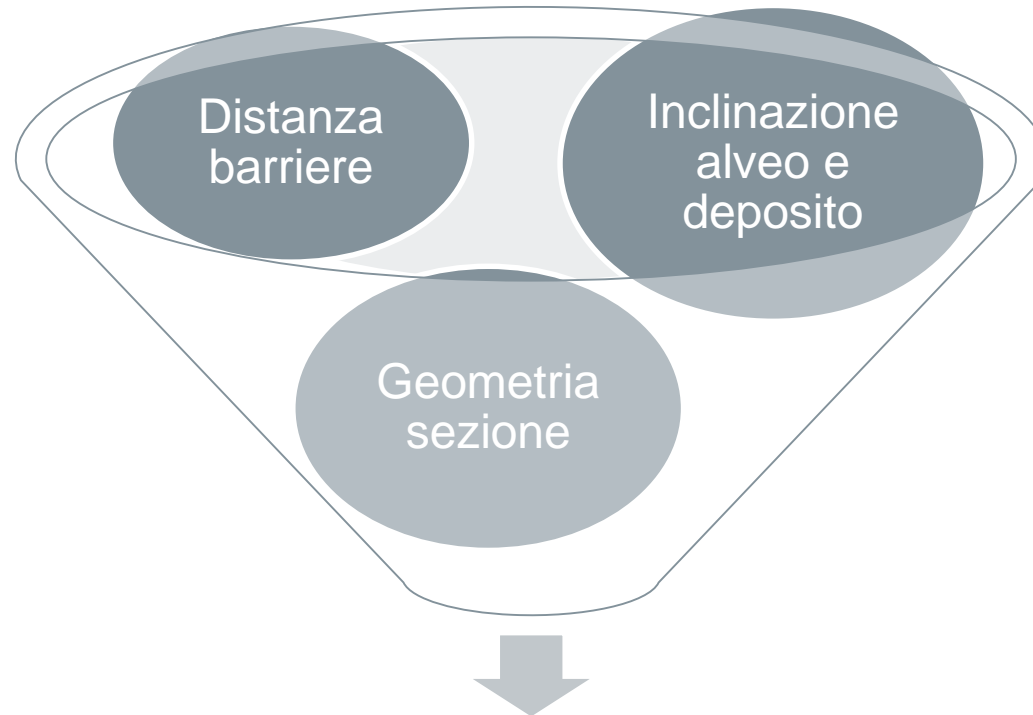
VOLUME TRATTENUTO

Torrent inclination and retention volume

System height of the filled barrier	$H_{1,1} =$	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)	$I'_{s,1} =$	12.0	[%]
Angle between ring net and river bed	$\xi =$	84.8	[°]
Length of deposited material behind barrier	$L_1 =$	51.1	[m]



VOLUME TRATTENUTO



Volume trattenuto

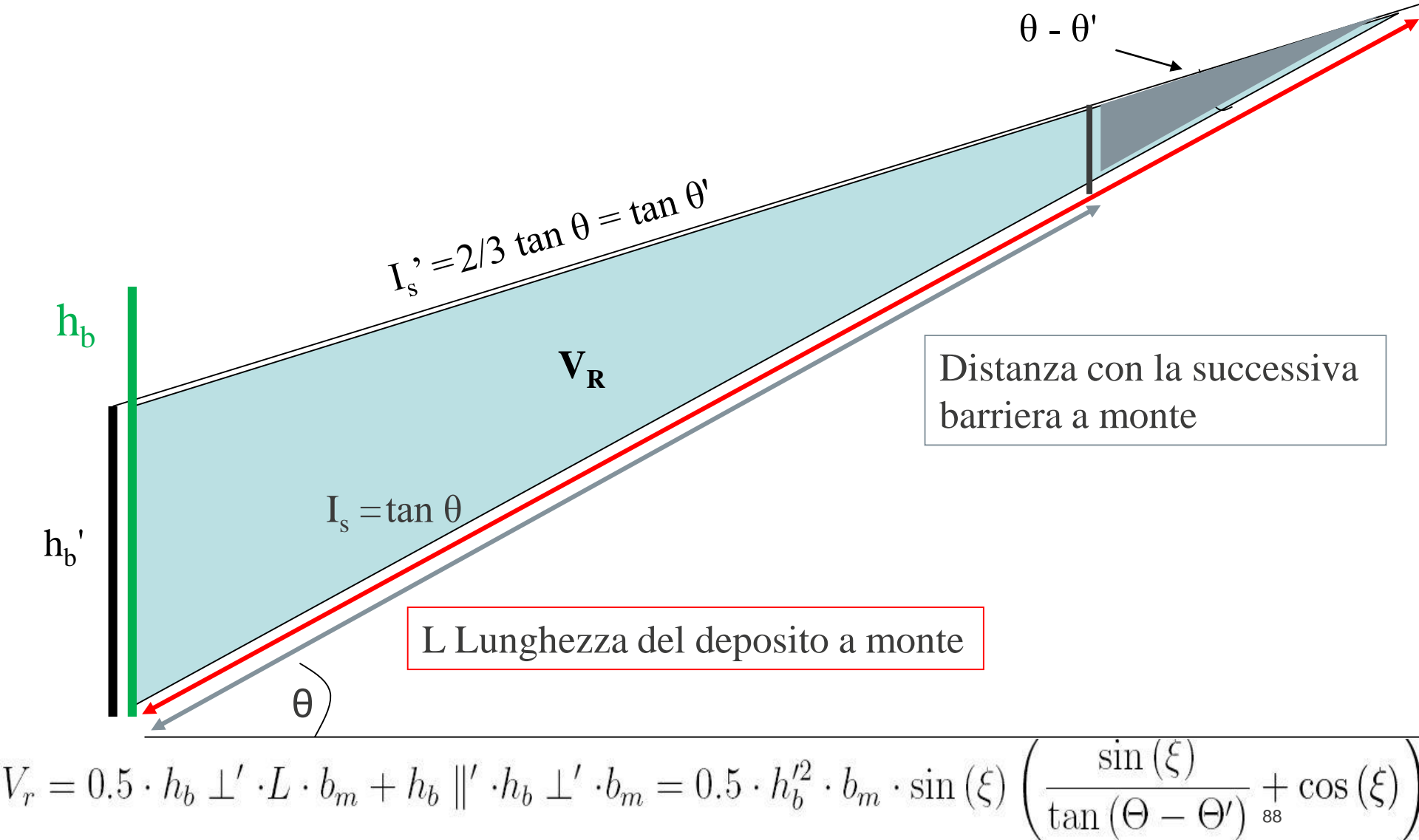
Length of deposited material behind barrier

L1= 51.1 [m]

Retention volume

Vr,1= 955 [m3]

VOLUME TRATTENUTO



VOLUME TRATTENUTO

Geometry of barrier location

System height	$H_{0,2} =$	4.0	[m]
Width of torrent on the level of the top support ropes	$b_{0,2} =$	15.0	[m]
Width of torrent on the level of the bottom support ropes	$b_{u,2} =$	10.0	[m]
Distance to the next barrier upstream	$L_{0,2} =$	60.0	[m]

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)	$I'_{s,2} =$	12.0	[%]
Angle between ring net and river bed	$\xi =$	84.8	[°]
Length of deposited material behind barrier	$L_2 =$	51.1	[m]
Retention volume	$V_{r,2} =$	955	[m ³]

$L_{0,2}$ distanza barriera più a monte

>

L_2 distanza del materiale depositato

OTTIMIZZATE IL VOLUME ACCUMULABILE

Front velocity and flow height		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{2,base} =$	7.1			velocità secondo Rickenmann [s]
Front velocity according to Strickler ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	6.3			velocità secondo eq. Strickler]
Reduced velocity because of overflowing barrier upstream	v_{red}	2.83			Velocità ridotta dopo una barriera
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	$v_2 =$	<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="3.0"/>	[m/s]
Flow height	$h_{fl,2} =$	3.3	1.6	1.0	[m]
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{d,2\leq} =$	0.7 [m]			

Velocità di flusso secondo Rickenmann: $v = 2.1 \cdot Q_p^{0.34} \cdot I_s^{0.2}$

- Q_p portata di picco
- I_s inclinazione media del torrente a monte
- velocità compresa tra 2 m/s e 6 m/s

Front velocity and flow height		Load case 1	Load case 2	Load case 3
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{2,base} =$	7.1	velocità secondo Rickenmann [s]	
Front velocity according to Strickler ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	6.3	velocità secondo eq. Strickler]	
Reduced velocity because of overflowing barrier upstream	v_{red}	2.83	Velocità ridotta dopo una barriera	
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	$v_2 =$	3.0	3.0	3.0 [m/s]
Flow height	$h_{fl,2} =$	3.3	1.6	1.0 [m]
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{d,2s} =$	0.7 [m]		

Velocità di flusso secondo Strickler:
$$v = \frac{1}{n_d} \cdot h_{fl}^{0.67} \cdot I_s^{0.5}$$
 suggerito da

PWRI, lineeguida giapponesi fenomeni di debris flow.

- Coefficiente di “pseudo-manning – n_d
- h_{fl} altezza di flusso
- I_s pendenza media torrente a monte

Front velocity and flow height		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{2,base} =$	7.1			velocità secondo Rickenmann [s]
Front velocity according to Strickler ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	6.3			velocità secondo eq. Strickler]
Reduced velocity because of overflowing barrier upstream	v_{red}	2.83			Velocità ridotta dopo una barriera
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	$v_2 =$	<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="3.0"/>	[m/s]
Flow height	$h_{fl,2} =$	3.3	1.6	1.0	[m]
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{d,2\leq} =$	0.7 [m]			

Velocità ridotto v_{red} secondo prove di laboratorio: $v_{red} = 0.4 * \max(v_{2base}; v_{str})$

Altezza di flusso:
$$h_{fl} = \frac{Q_p}{v \cdot b_u}$$

Front velocity and flow height				
		Load case 1	Load case 2	Load case 3
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{2,base} =$	7.1	5.6	4.7
				[m/s]
Front velocity according to Strickler ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	6.3	4.8	3.9
				[m/s]
Reduced velocity because of overflowing barrier upstream	v_{red}	2.83	2.24	1.89
				[m/s]
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	$v_2 =$	<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="3.0"/>
				[m/s]
Altezza del flusso	$h_{f,2} =$	3.3	1.6	1.0
				[m]
Max apertura basale secondo Wendeler	$h_{d,2\leq} =$	0.7		
		[m]		

Apertura basale $h_d > 2/3 * \text{altezza di flusso minima } h_{f1}!$

Tempi di ritorno



COMPORTAMENTO DEL FLUSSO E SCELTA DELLA BARRIERA

Front velocity and flow height					
		Load case 1	Load case 2	Load case 3	
Front velocity (acc. to Rickenmann)	$v_{1,base} =$	4.7	4.3	4.7	[m/s]
Front velocity according to Strickler ($v_1 > v_{str}$)	$v_{str} =$	4.4	3.9	4.4	[m/s]
Impact velocity at barrier location (chosen, max. v-value)	$v_1 =$	<input type="text" value="4.7"/>	<input type="text" value="4.3"/>	<input type="text" value="4.7"/>	[m/s]
Flow height	$h_{fl,1} =$	0.9	0.7	0.9	[m]
Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)	$h_{d,1} \leq$	0.5 [m]			

Flexible, permeable debris flow protection system		
System type	Type	
Max. system height	$H_{o,max} =$	4 [m]
Max. system width above	$b_{o,max} =$	15 [m]
Max. system width below	$b_{u,max} =$	8 [m]
Proof of system height and system width		fulfilled !

Scelta della barriera → verifica geometrica

VERIFICA IMPATTO DINAMICO

Proof of max. dynamic loading (stopping)

		Load case 1	Load case 2	
Width factor (width at barrier location to standard width)	BF1=	1.04 -		
Dynamic loading (Pressure and impulse acc. to Wendeler)	MDdyn,1=	97	58	[kN/m*hf]
Resistance against dynamic loading	RDdyn,1=	256	137	[kN/m*hf]
Safety factor	SFdyn,1=	2.64	2.36	-
Proof of max. dynamic loading		fulfilled !	fulfilled !	

dinamico

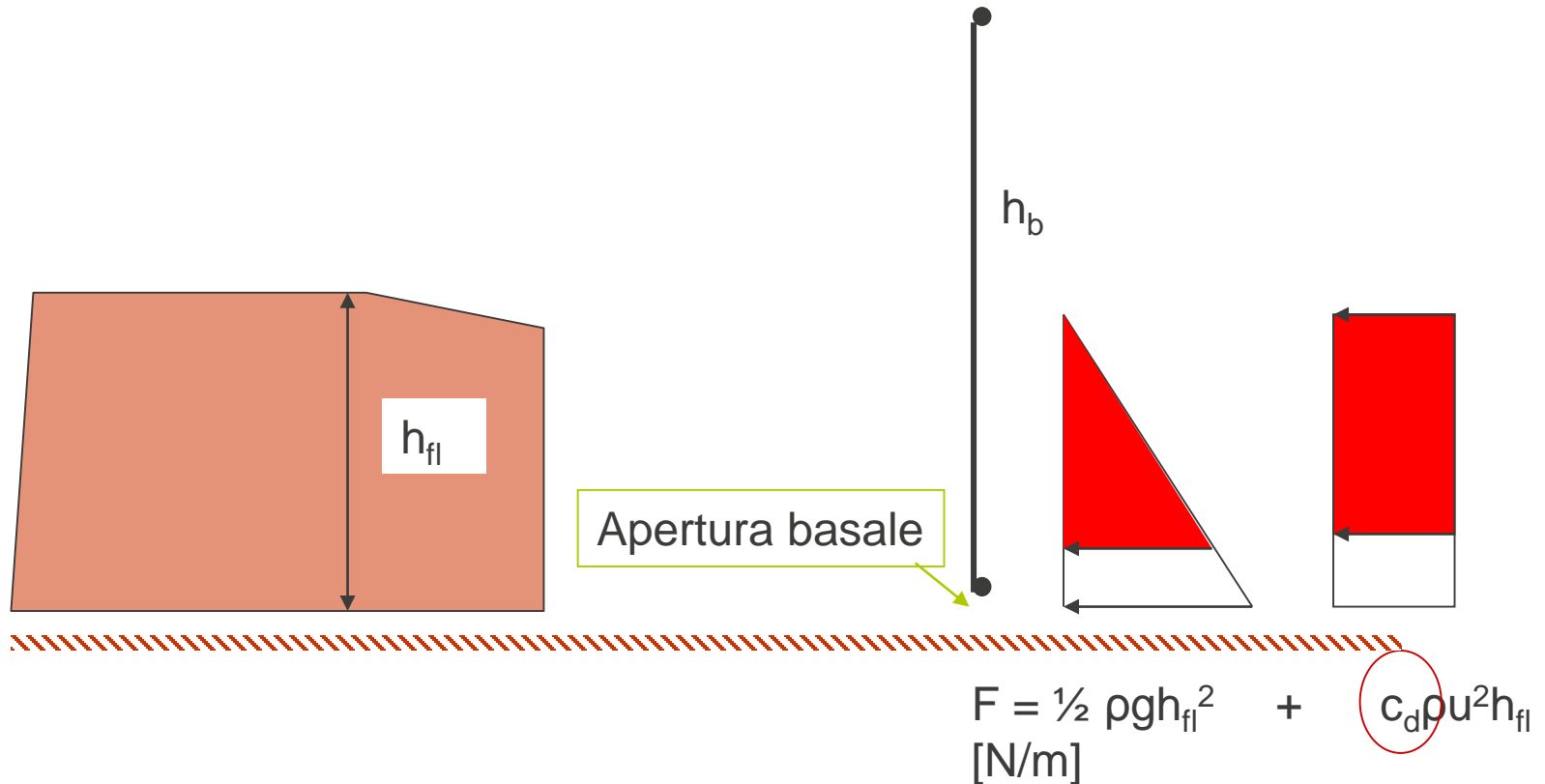
Proof of max. static loading (overflowing)

		Load case 1	Load case 2	Load case 3
Reduction factor hydrostat. pressure (Permeability)	HF=	1.0 -		
Static loading (hydrostat. pressure acc. to Wendeler)	MDstat,1=	92	61	[kN/m2]
Resistance against static loading	RDstat,1=	154	154	[kN/m2]
Safety factor	SFstat,1=	1.67	2.52	-
Proof of max. static loading		fulfilled !	fulfilled !	

Proof barrier

fulfilled !

MODELLO DI CARICO PER IL PRIMO IMPATTO



$c_d = 1.0 \rightarrow$ fangosa

$c_d = 2.0 \rightarrow$ granulare (Armanini et al. 2000)

Proof of max. dynamic loading (stopping)

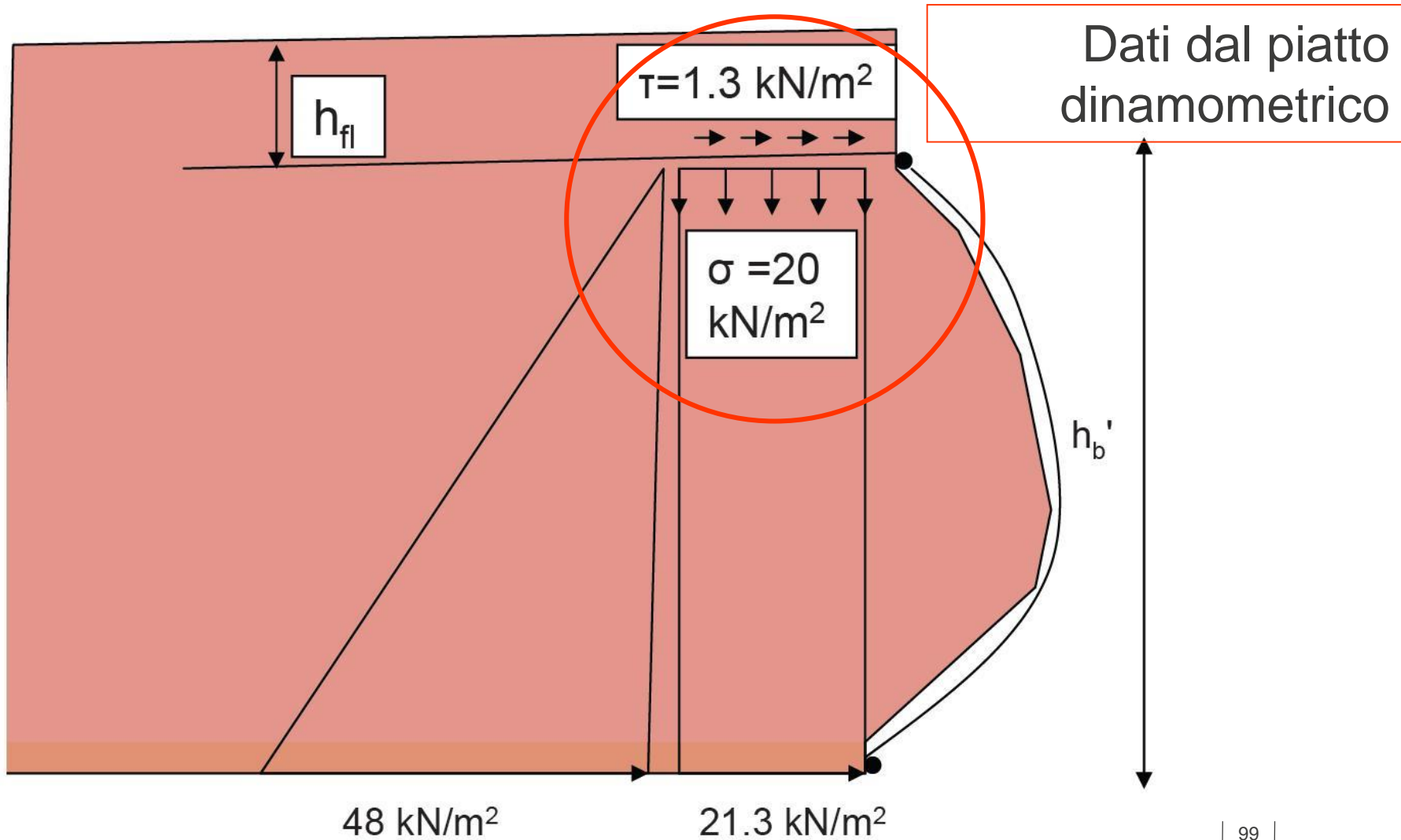
		Load case 1	Load case 2	Load case 3
Width factor (width at barrier location to standard width)	BF1=	1.04 -		
Dynamic loading (Pressure and impulse acc. to Wendeler)	MDdyn,1=	97	58	[kN/m*hfl]
Resistance against dynamic loading	RDdyn,1=	256	137	[kN/m*hfl]
Safety factor	SFdyn,1=	2.64	2.36	-
Proof of max. dynamic loading		fulfilled !	fulfilled !	

Proof of max. static loading (overflowing)

		Load case 1	Load case 2	
Reduction factor hydrostat. pressure (Permeability)	HF=	1.0 -		
Static loading (hydrostat. pressure acc. to Wendeler)	MDstat,1=	92	61	[kN/m2]
Resistance against static loading	RDstat,1=	154	154	[kN/m2]
Safety factor	SFstat,1=	1.67	2.52	-
Proof of max. static loading		fulfilled !	fulfilled !	
Proof barrier				fulfilled !

Carico statico

MODELLO DI CARICO SECONDO IMPATTO - TRACIMAZIONE



ANALISI AGLI STATI LIMITE

Proof of max. dynamic loading (stopping)

		Load case 1	Load case 2	Load case 3
Width factor (width at barrier location to standard width)	BF1=	1.04	-	-
Dynamic loading (Pressure and impulse acc. to Wendeler)	MDdyn,1=	97	58	-
Resistance against dynamic loading	RDdyn,1=	236	137	-
Safety factor	SFdyn,1=	2.64	2.36	-
Proof of max. dynamic loading		fulfilled !	fulfilled !	-

dinamico

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)	MDstat,1=	92	61	-
Resistance against static loading	RDstat,1=	154	154	-
Safety factor	SFstat,1=	1.67	2.52	-
Proof of max. static loading		fulfilled !	fulfilled !	-

statico

Fulfilled !

Carico dinamico= verificato + Carico statico = verificato

VERIFICHE STRUTTURALI E GEOMETRICHE

Global safety factor SF= **SF_{global}**

Summary of Results

Verifiche vs. Fs

Summary of Results

Multi-level debris flow protection system	No.	SF _{min}	Safety Factor	Proof	Retention volume
GEOBRUGG VX140-H4	No. 1		1.22	fulfilled !	955 [m3]
No Barrier	No. 2		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 3		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 4		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 5		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 6		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 7		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 8		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 9		-	-	0 [m3]
No Barrier	No. 10		-	-	0 [m3]
Minimal safety factor of the overall system	SF min =		1.22		

SF_{min} ≥ SF_{global} → soddisfatto

Retention volume

Total retention volume	V _{r,tot} =	955	[m3]
Required retention volume	V _{tot,max} =	1000	[m3]
Reserve	V _{r,reserve} =	-45	[m3]
Proof of retention volume		not fulfilled !	
Proof of overall system		not fulfilled !	

CONCLUSIONI

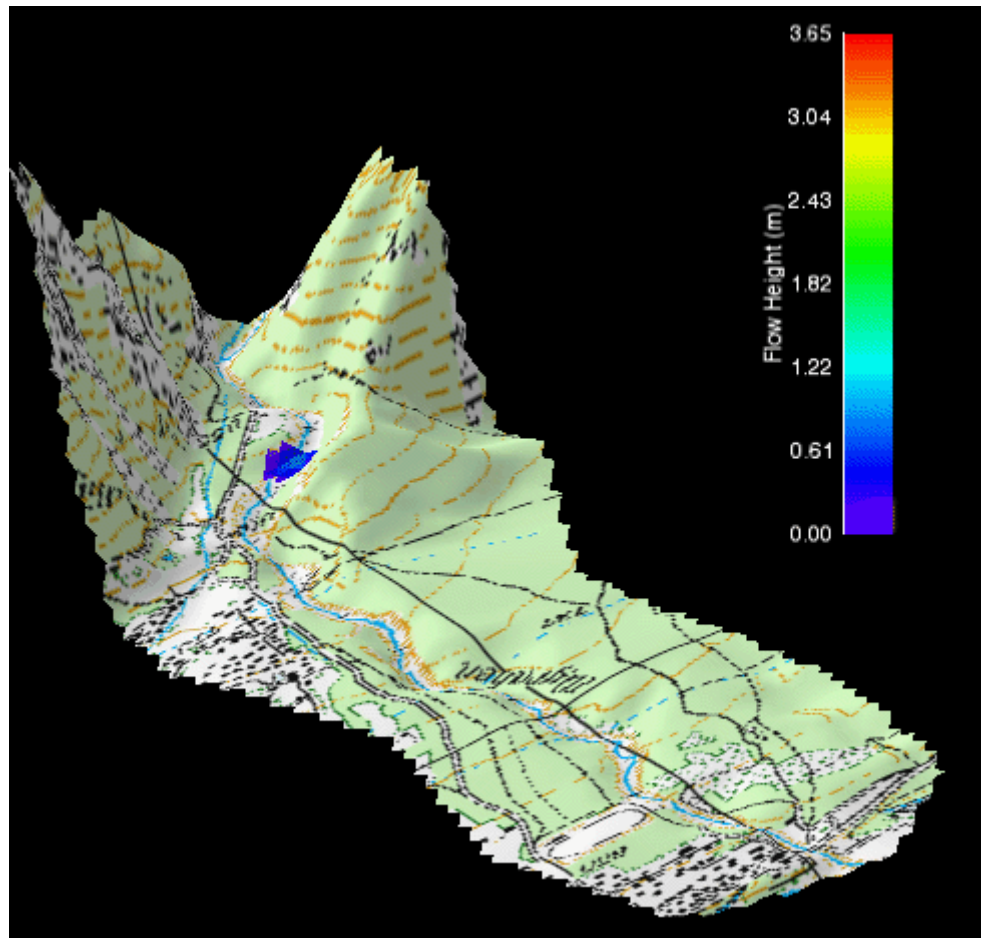


**"Have no fear of perfection,
you'll never reach it"**

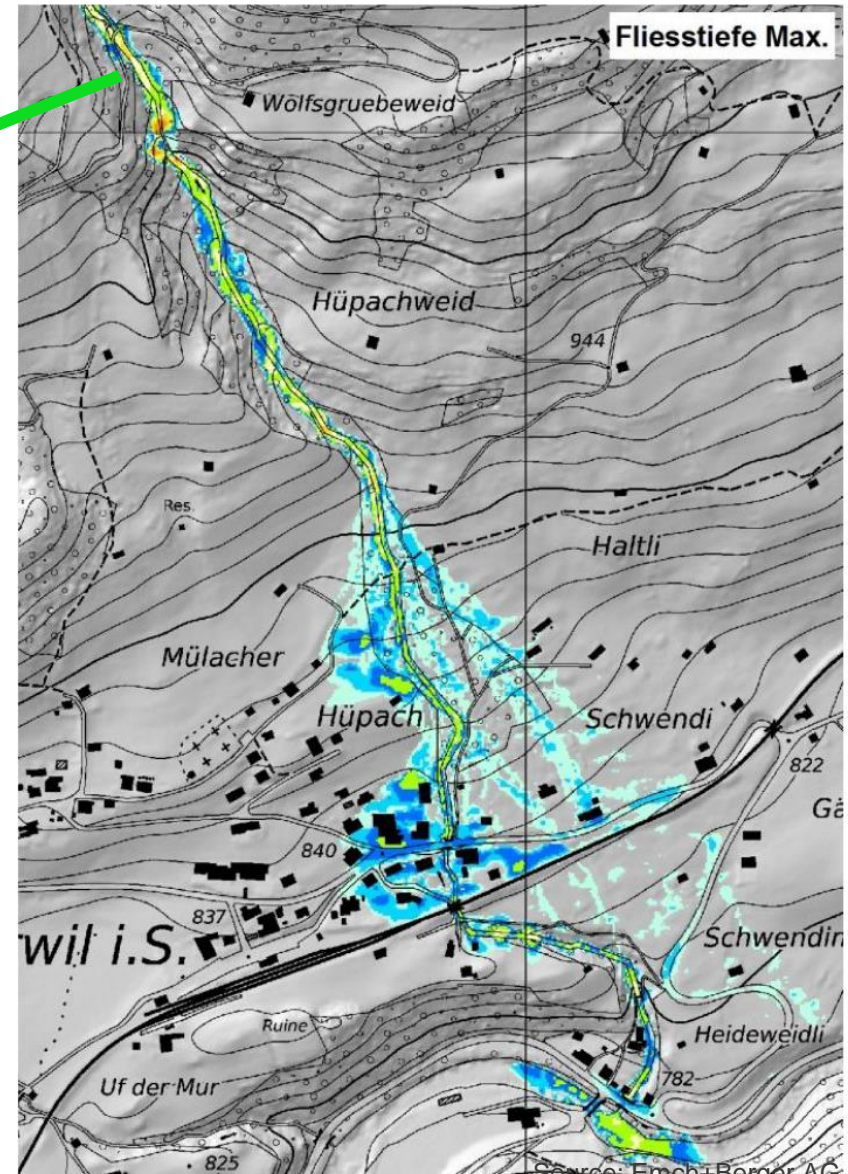
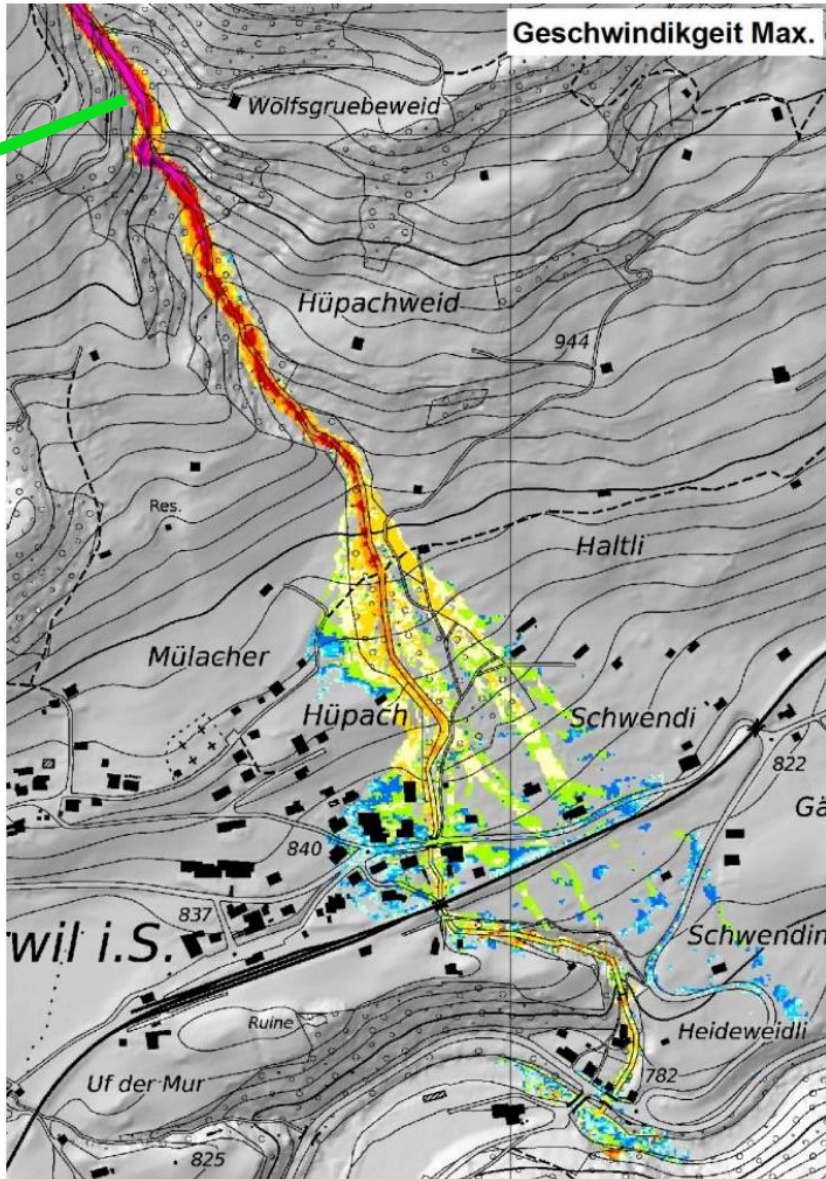
- Salvador Dali

SIMULAZIONE FLUSSO DI COLATA

Simulazione del flusso di colata, es. tramite RAMMS-2D



SIMULAZIONE FLUSSO DI COLATA



V=12000m³ m_ü=0.1 xi=350m/s²



$$V_{\max} = 10'000 \text{ m}^3$$

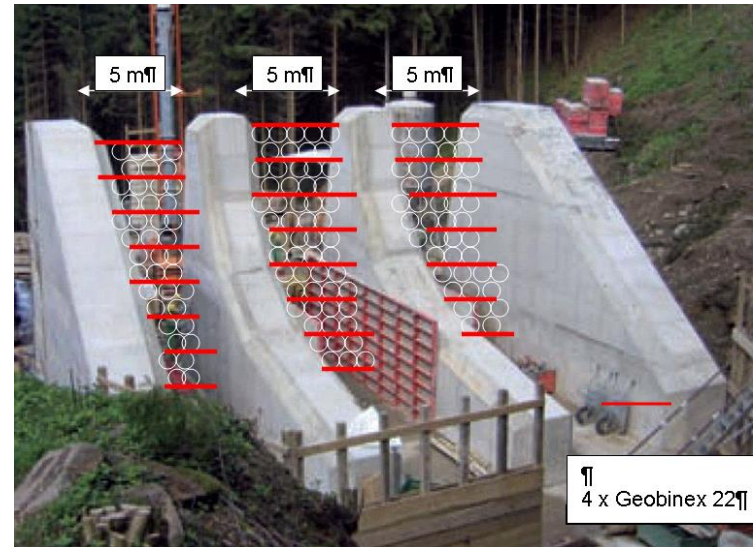
**Massimo 10 barriere
contemporaneamente**

Barriere per torrenti e alvei fluviali.

Software NON permette verifiche per configurazioni particolari.



SI



NO

ANCORAGGI

Voi progettisti potete scegliere soluzione più appropriata.



Dati di partenza: **AZIONI** fornite dal produttore



Funi di supporto
e controventi

Fondazioni montanti

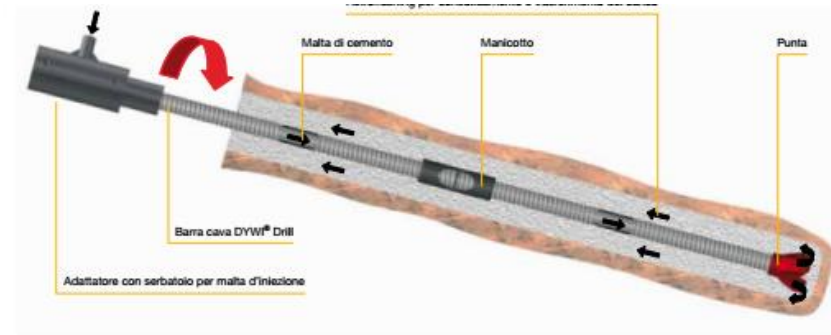
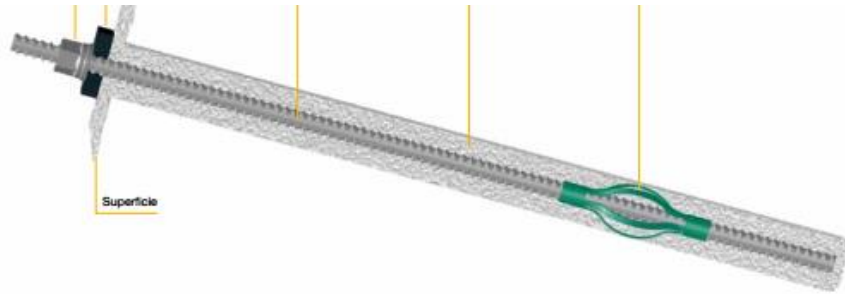
Barre piene



Barre cave,
autoperforanti



BARRE PIENE E CAVE

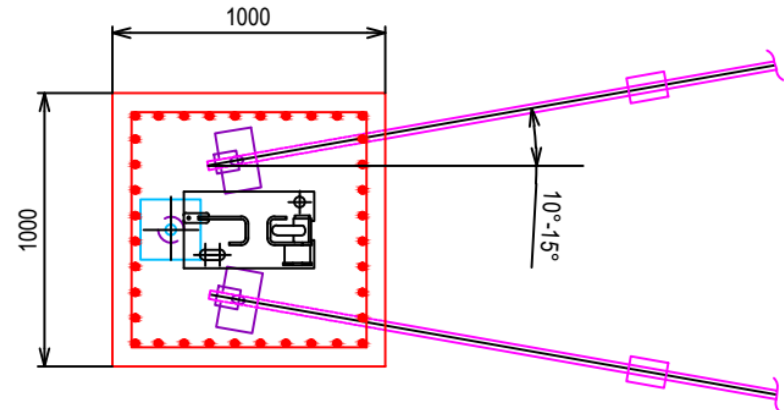
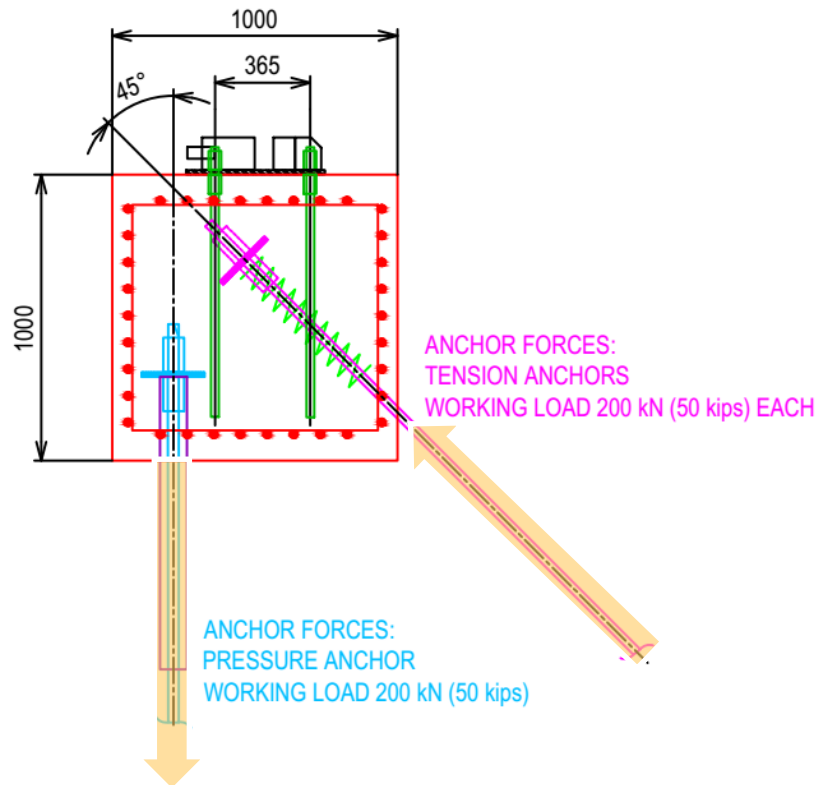


Diametri di perforazione compresi:
tra 45 mm e i 110 mm

- Fino a 3.0 m, D_{perf} fino a 50-55 mm
- Oltre 3.0 m, D_{perf} fino a 90-110 mm

FONDAZIONI MONTANTI

Generalmente si utilizza il modello di **Bustamante – Doix** , che analizza le **interfacce** acciaio-malta e malta-terreno per il dimensionamento delle fondazione.



ANCORAGGI LATERALI/CONTROVENTI

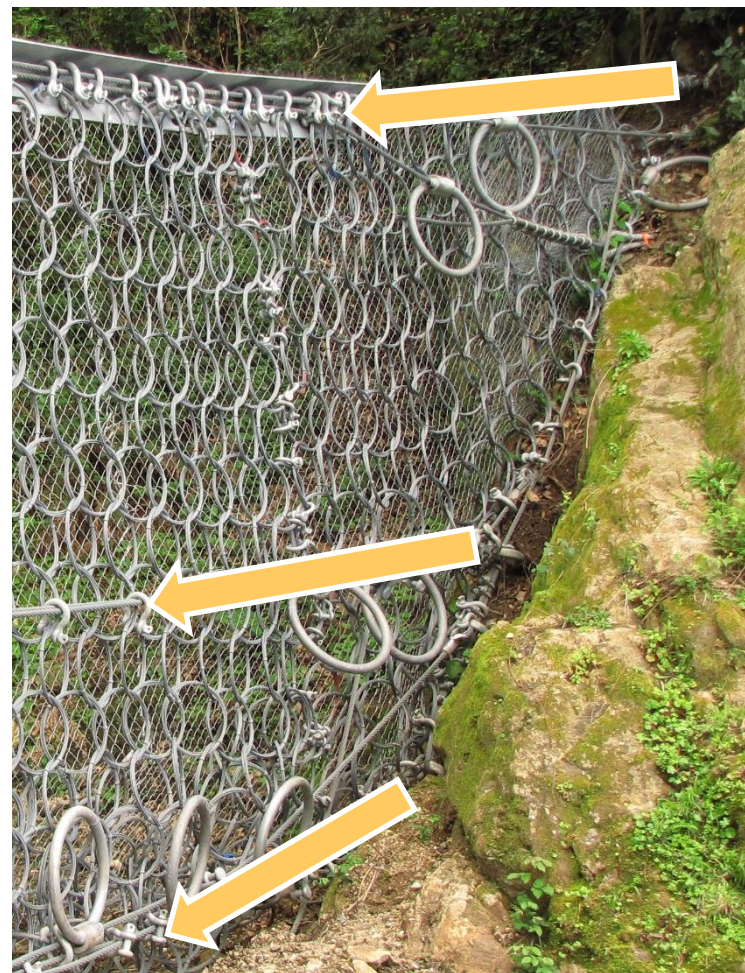


ANCORAGGI LATERALI

Generalmente si utilizza il modello di **Bustamante – Doix**, che analizza le **interfacce** acciaio-malta e malta-terreno per il dimensionamento delle fondazione.

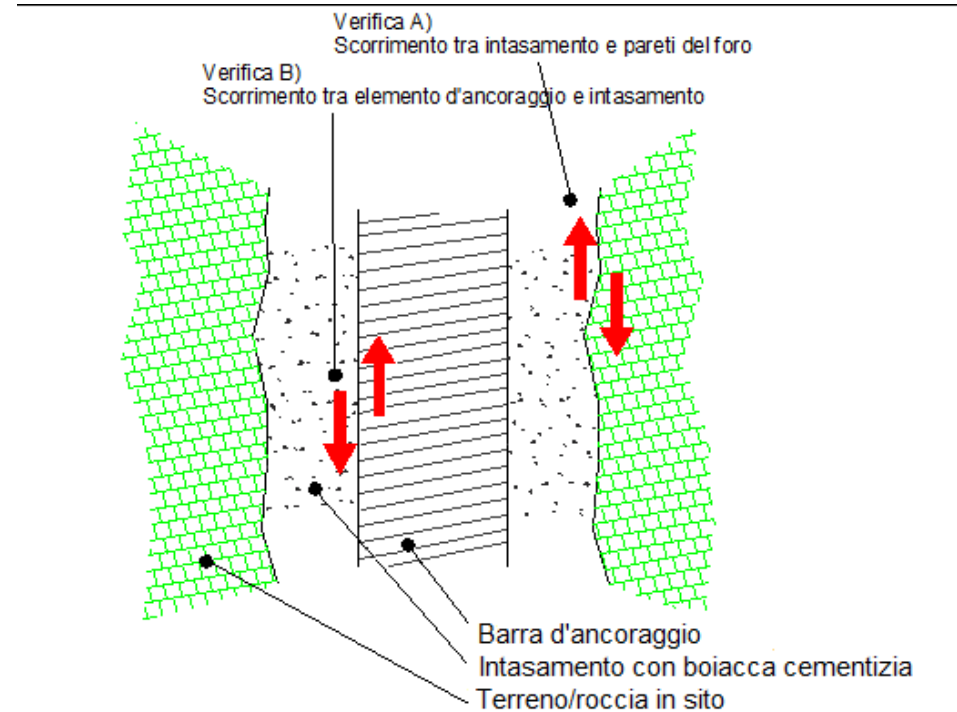
Malta - terreno

Acciaio - malta



Calcolo lunghezza ancoraggi

- ▶ Verifica sezione acciaio
- ▶ Verifica interfaccia acciaio-malta
- ▶ Verifica interfaccia malta-substrato



Verifiche con approccio 2 (A1+M1+R3) NTC - cap.
Fondazioni su pali.

LUNGHEZZA ANCORAGGI

Verifica sfilamen

γ_R fattore parz
ancoraggi (rif.
Tecniche)

La lunghezza
ancoraggio

Ds dia
perfora

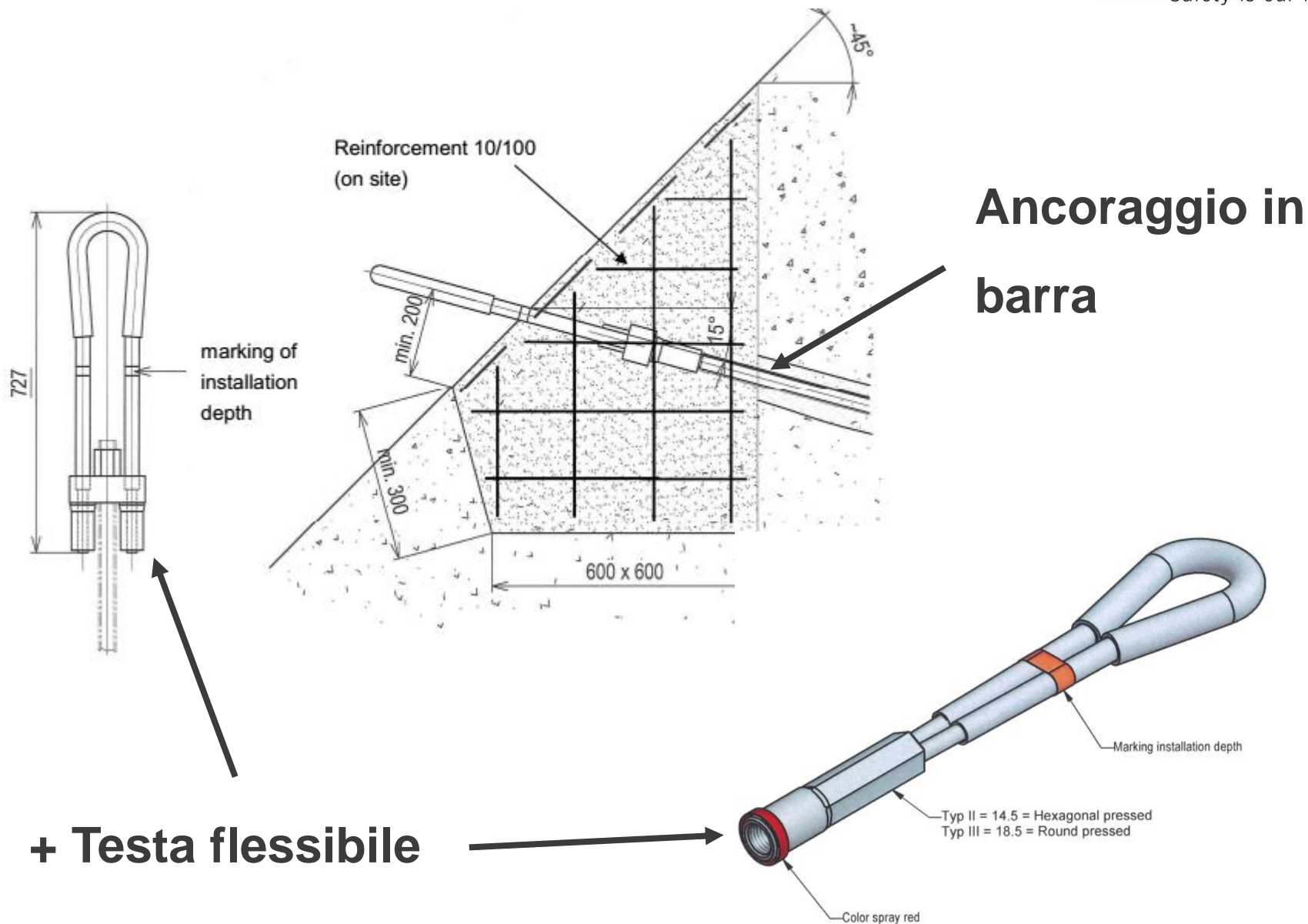


determinazione
bstrato

Fd azione di
progetto

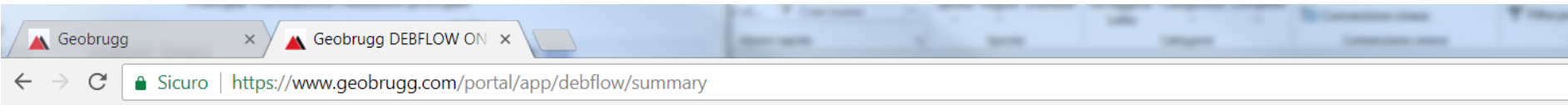
de enza
to-malta

ALTRE TIPOLOGIE



ALTRE TIPOLOGIE





DEBFLOW ONLINE TOOL

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



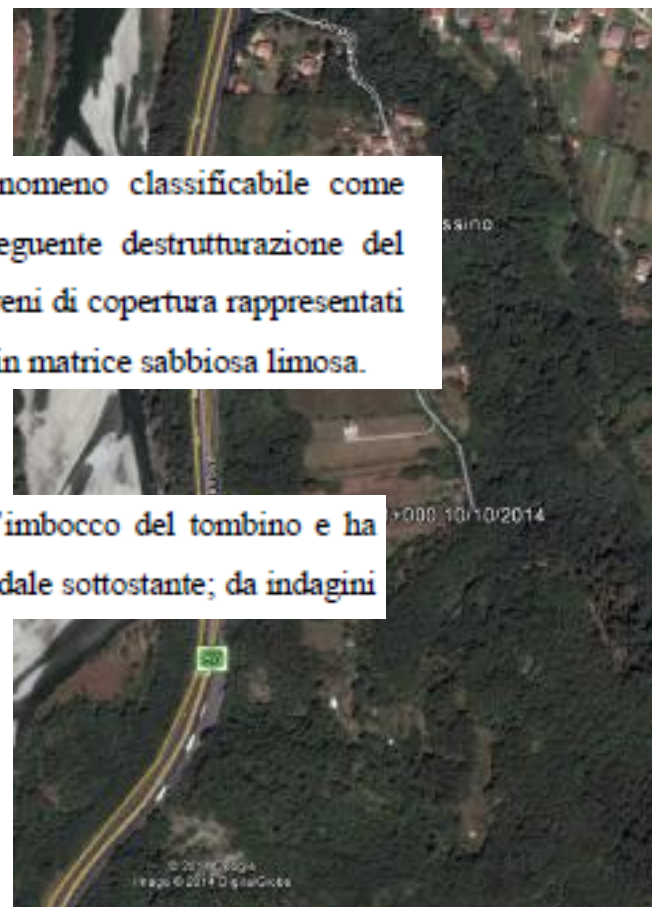
Save	Load	Create PDF	EN
Input Parameters		Summary of Results	
Summary of Results			Open all
Summary of Results			
Retention volume			
Barrier Location No. 1			
Barrier Location No. 2			
Add New Barrier Location			

Intervento di messa in sicurezza Autostrada A7 km 91

movimento franoso del versante posto immediatamente a monte del muro di contropia dell'Autostrada A7 Genova-Serravalle Scrivia al km 91+000 in carreggiata Nord verificatosi in data del 10-11/10/2014, i possibili scenari evolutivi del fenomeno nonché gli interventi necessari alla messa in sicurezza della carreggiata autostradale onde garantire il transito dei mezzi in completa sicurezza.

Lo studio preliminare condotto ha permesso di evidenziare un complesso fenomeno classificabile come scivolamento rotazionale e traslativo evoluto durante il movimento e la conseguente destrutturazione del materiale superficiale reso saturo dalle acque di infiltrazione che ha interessato i terreni di copertura rappresentati prevalentemente da depositi scarsamente addensati con ciottoli di diversa pezzatura in matrice sabbiosa limosa.

Il corpo di frana dopo aver percorso un dislivello di circa 30 metri, ha intasato l'imbocco del tombino e ha trascinando esaurendo il suo movimento arrestandosi su parte della carreggiata autostradale sottostante; da indagini



ESEMPIO APPLICATIVO



Proposta di intervento

c) Al fine di proteggere il tratto autostradale in oggetto da eventuali future colate detritiche nonché evitare l'ostruzione del tombino di valle e garantire un corretto smaltimento delle acque anche in condizioni eccezionali, valutate le condizioni potenzialmente critiche del versante di monte anche oltre l'area di competenza autostrade, si ritiene necessario installare una barriera del tipo flessibile con rete di protezione appositamente studiate per l'applicazione specifica denominate "Barriere debris flow".

Analisi documentazione presente:



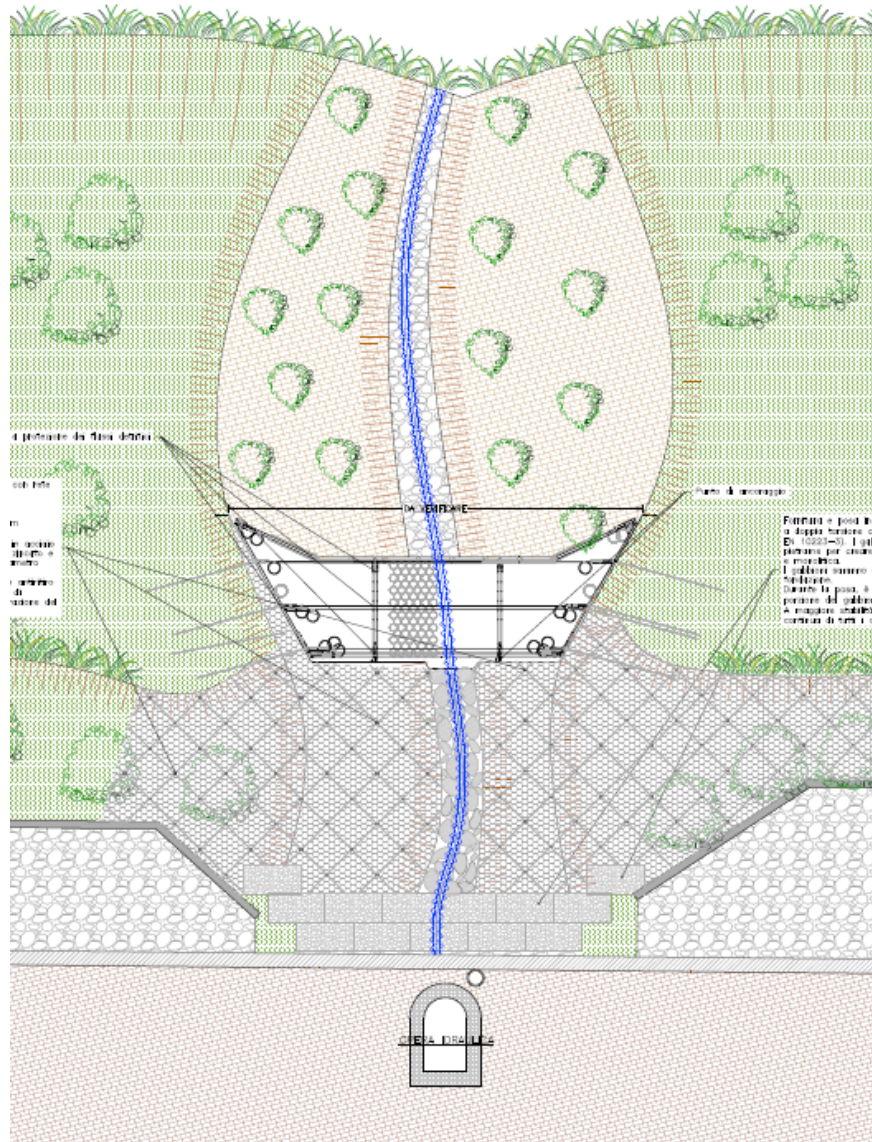
Analisi documentazione presente:



Dati di ingresso DebFlow:

- ▶ Volume mobilizzato = 800-1000 m³
- ▶ Tipologia di colata = detrito misto fango
- ▶ Spessore medio mobilizzabile = 1.0 m / 1.5 m
- ▶ Geometria della sezione rilevata e pendenza alveo

ESEMPIO APPLICATIVO



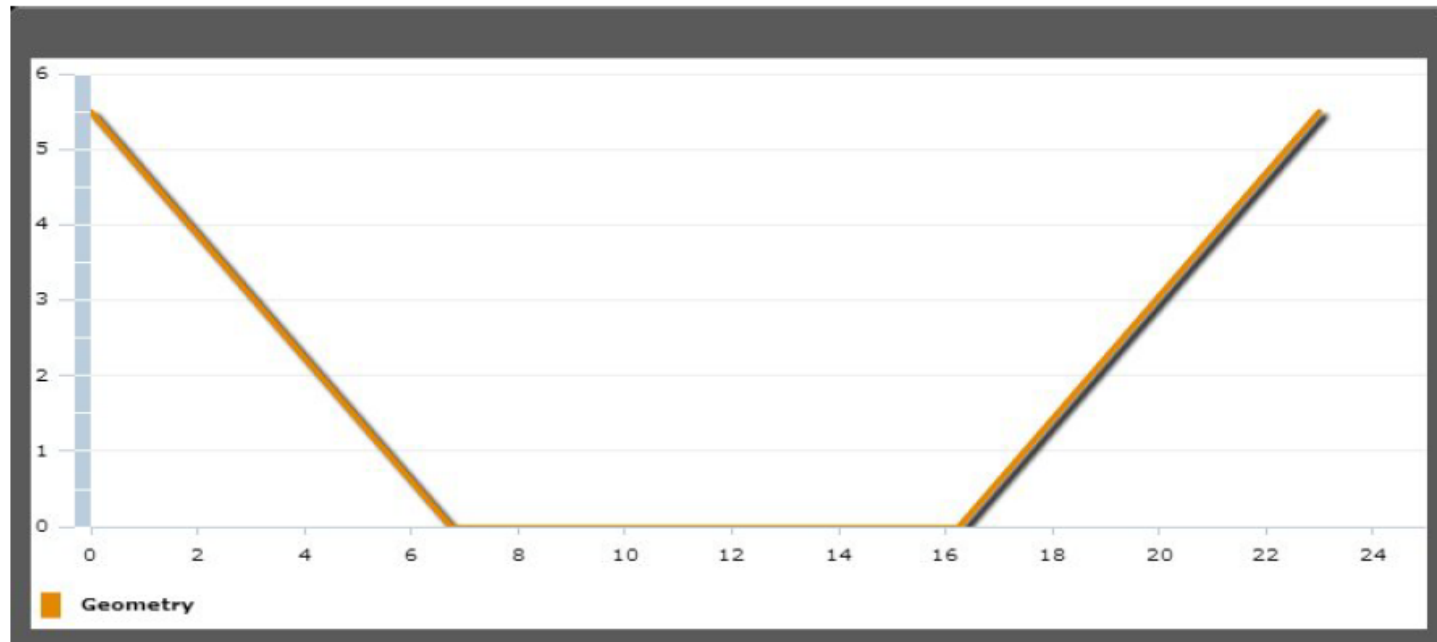
VISTA FRONTELE INTERVENTO

ESEMPIO APPLICATIVO



Geometry of barrier location

System height	$H_{0,1} =$	5.5	[m]
Width of torrent on the level of the bottom support ropes	$b_{u,1} =$	9.5	[m]
Width of torrent on the level of the top support ropes	$b_{o,1} =$	23	[m]
Distance to the next barrier upstream	$L_{0,1} =$	500	[m]



Torrent inclination and retention volume

System height of the filled barrier	$H_{1,1} =$	4.1	[m]	
Average torrent inclination upstream of the barrier	$I_{s,1} =$	70	[%]	35°
Deposition inclination of filled barrier (acc. to Rickenmann)	$I'_{s,1,rec} =$	46.7	[%]	25°

Input Parameters

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	mud flow	no load case
Density of the debris flow material	$\rho =$	2200	1800	[kg/m ³]
Specific weight of the debris flow material	$\gamma =$	21.6	17.7	[kN/m ³]
Water content	$\omega =$	0.27	0.52	-

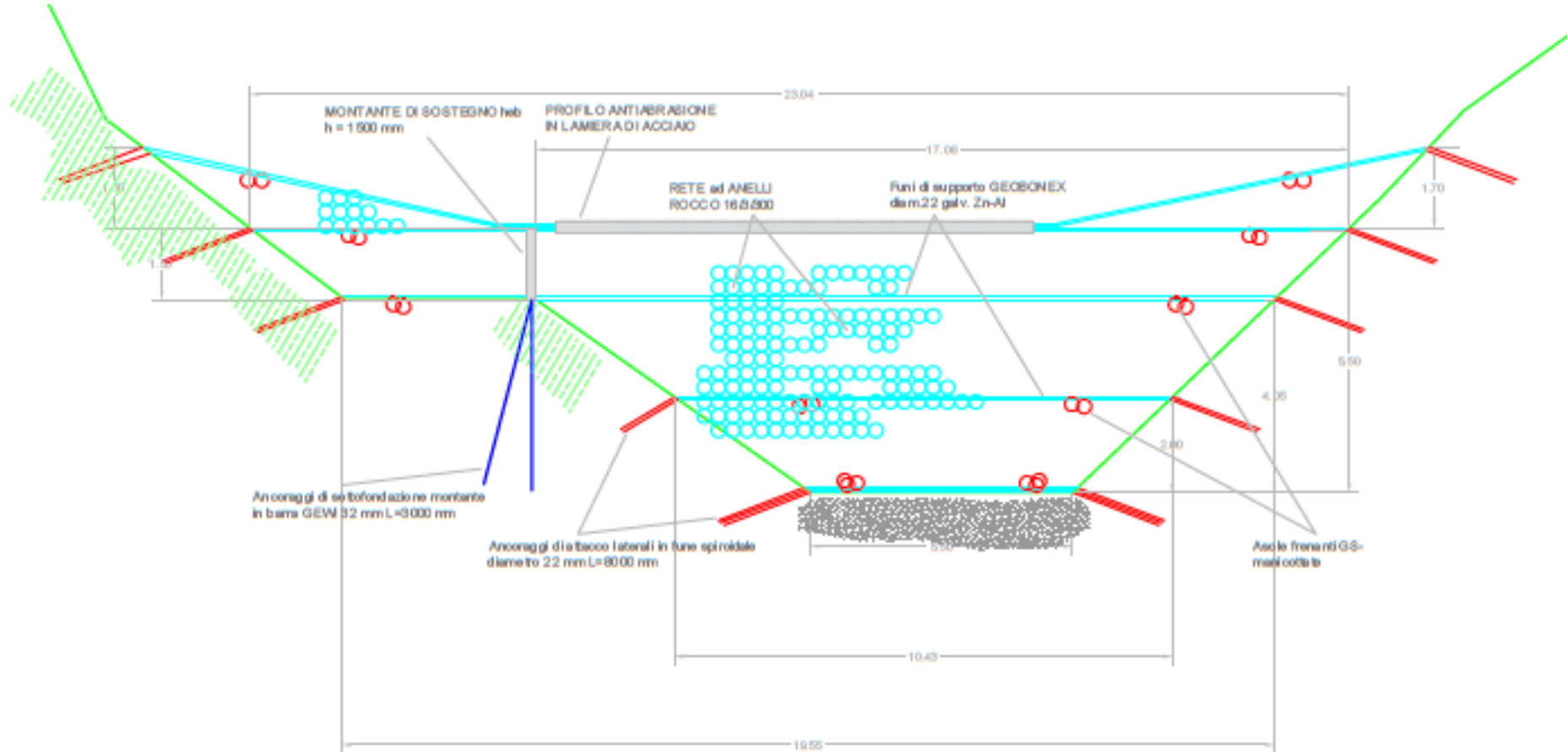
Debris flow volume and number of surges

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

Peak discharge

		Load case 1	Load case 2	Load case 3
Peak discharge (acc. to Rickenmann)	$Q_{p,rec} =$	17.2	17.2	[m ³ /s]
Peak discharge (chosen)	$Q_p =$	18	18	[m ³ /s]

ESEMPIO APPLICATIVO



ESEMPIO APPLICATIVO



DOMANDE?

