



Civitanova M., 29 marzo 2018 | Guido Guasti, Geobrugg Italia

## **Barriere paramassi e anti-colate detritiche, norme di progetto e di prodotto per una corretta progettazione**

1. Introduzione – barriere paramassi e anticolata
2. Barriere paramassi – Norme
3. Barriere anticolata - Norme
4. Conclusioni



# L'EVENTO «CADUTA MASSI»



# L'EVENTO «CADUTA MASSI»





# L'EVENTO «CADUTA MASSI»

Val d'Aveto (PC)  
Barriera GBE-2000A



# L'EVENTO «CADUTA MASSI»

Capo Mele (SV)  
Barriera GBE-3000A





# L'EVENTO «COLATA»



# L'EVENTO «COLATA»





# L'EVENTO «COLATA»

## Pallare (SV) Barriera VX-140





# L'EVENTO «COLATA»

Giampilieri (ME)  
Barriera SL-150





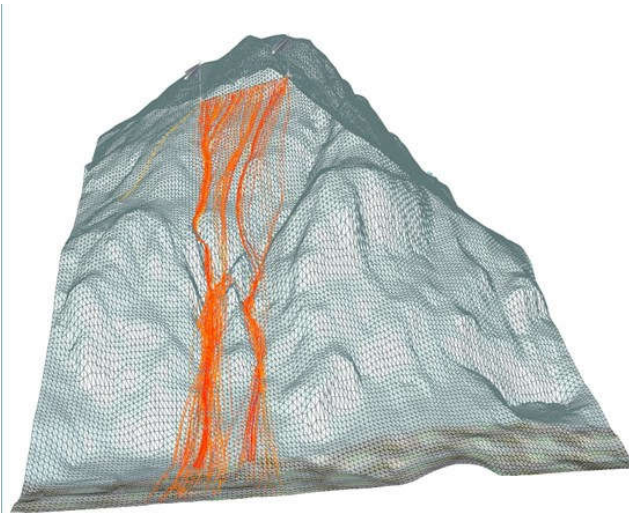
- ▶ L'evento di frana di crollo non è l'evento di colata detritica (o soilslip)
- ▶ Le dinamiche sono completamente diverse (volumi, velocità)
- ▶ Le azioni sulle strutture passive sono completamente diverse (tempi, modi)
- ▶ Le barriere che proteggono dagli eventi devono essere diverse
- ▶ Il progetto delle opere di protezione è diverso

# PROGETTAZIONE BARRIERE PARAMASSI

Norme per la  
progettazione

di progetto

di prodotto





# NORME DI PROGETTO

## SOVRASTRUTTURA

### UNI 11211-1/2/3/4

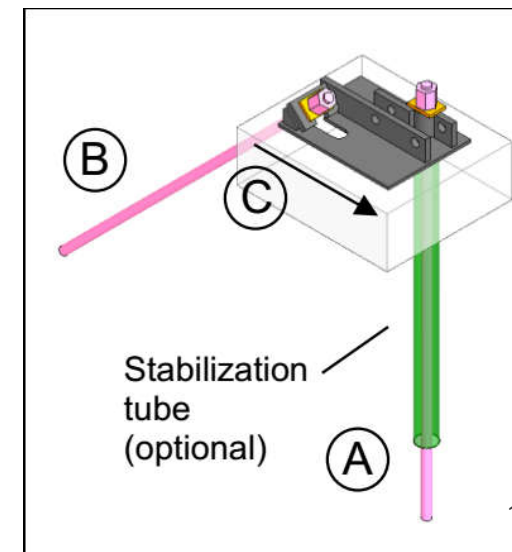
Tutti i tipi di intervento di difesa dalla caduta massi.

|                |                                                                                                        |              |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| NORMA ITALIANA | Opere di difesa dalla caduta massi<br>Parte 1: Termini e definizioni                                   | UNI 11211-1  |
|                |                                                                                                        | GENNAIO 2007 |
|                | Rockfall protective measures<br>Part 1: Terms and definitions                                          |              |
|                | La norma definisce i principali termini utilizzati nel campo delle opere di difesa dalla caduta massi. |              |

## SOTTOSTRUTTURA

### N.T.C. e Eurocodici

Dimensionamento degli elementi di fondazione



## UNI 11211-1/2/3/4

E' la norma edita dall'UNI (2012, in fase di revisione) che copre tutti i tipi di intervento di difesa dalla caduta massi.

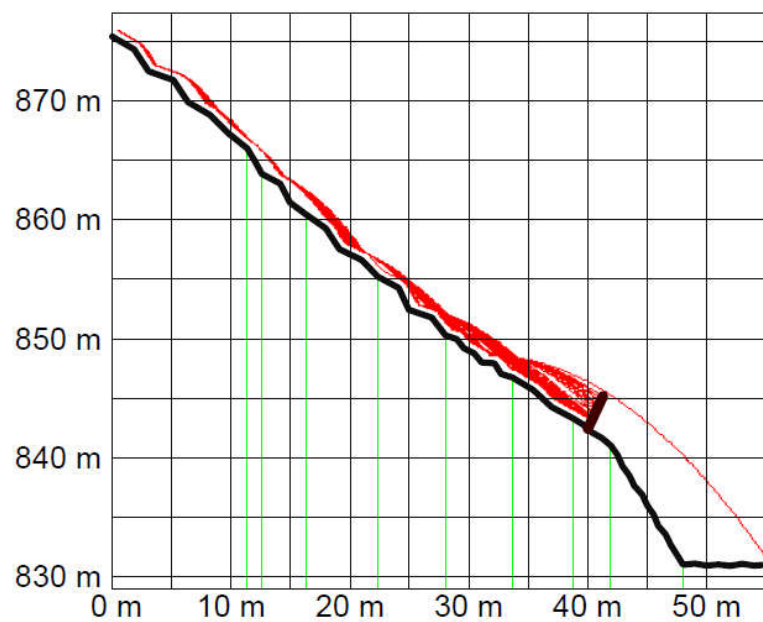
Definisce gli approcci progettuali da utilizzare.

- Parte 1 – Termini e definizioni
- Parte 2 – Programma preliminare di intervento
- Parte 3 – Progetto Preliminare
- Parte 4 – Progetto Definitivo ed Esecutivo
- Parte 5 – Piano di manutenzione

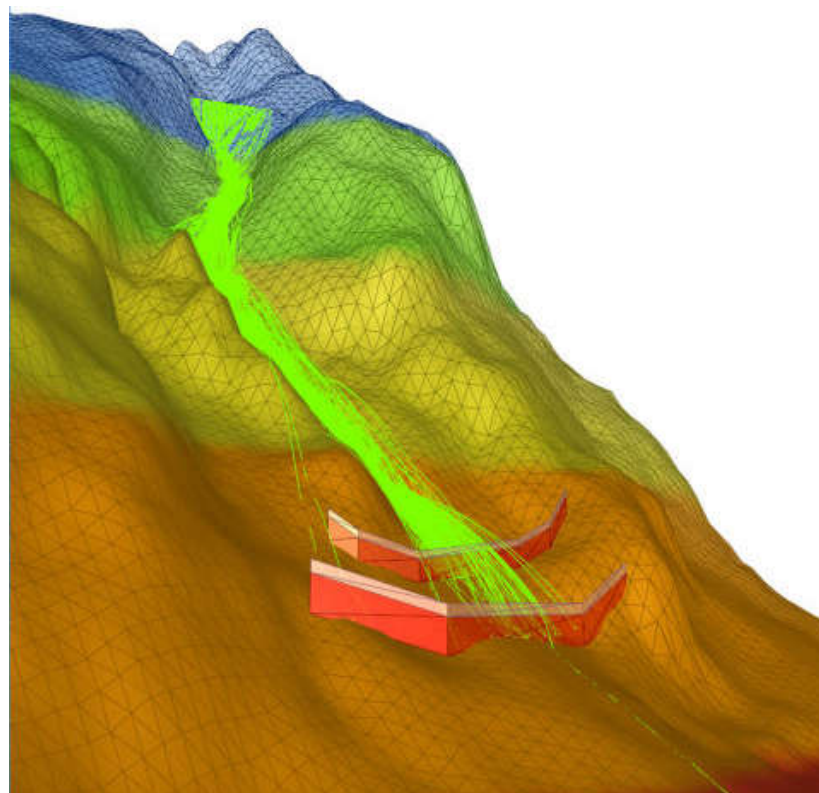


# NORME DI PROGETTO

2D



3D



# NORME DI PROGETTO

## UNI 11211 – 4 – Progettazione definitiva ed esecutiva

Quanto sono accurati i dati di input?

Accuratezza



Coeff. sicurezza

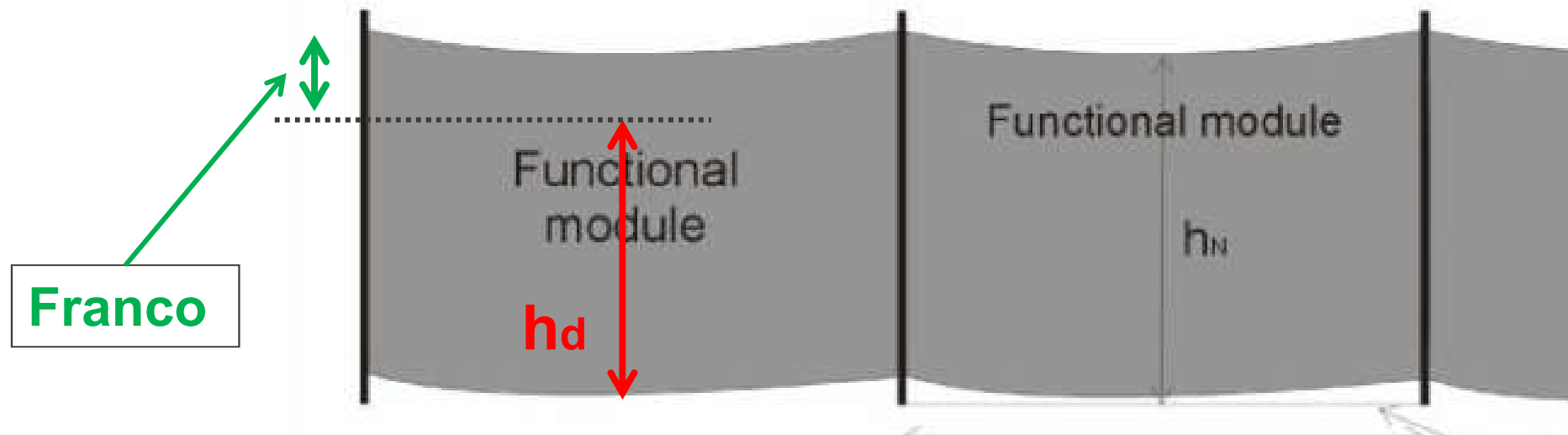


I coefficienti di sicurezza si applicano p.es. a:

- Velocità e traiettorie (h)
- Dimensioni dei massi critici
- MEL / SEL
- Tasso di frequentazione dell'opera da proteggere
- Importanza dell'opera da proteggere

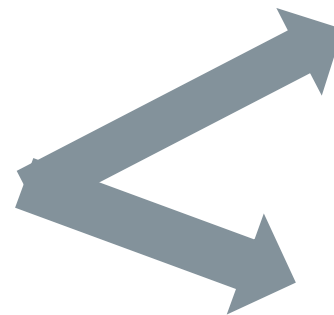
# NORME DI PROGETTO

## UNI 11211 – 4 – Progettazione definitiva ed esecutiva

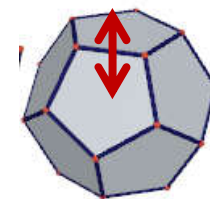


$$h_N = h_d + \text{Franco}$$

Franco è il maggiore tra



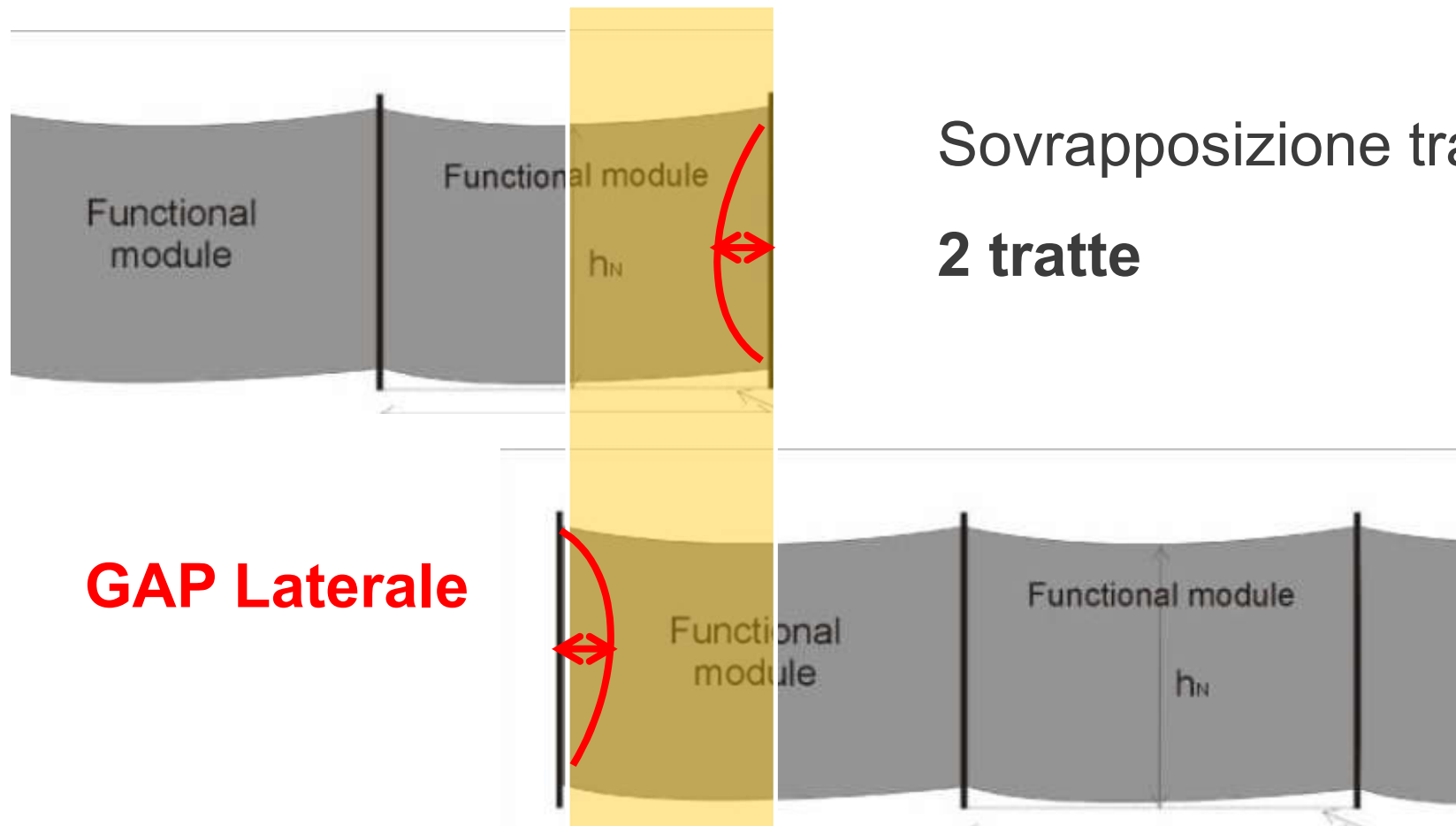
0,5 m



Raggio

# NORME DI PROGETTO

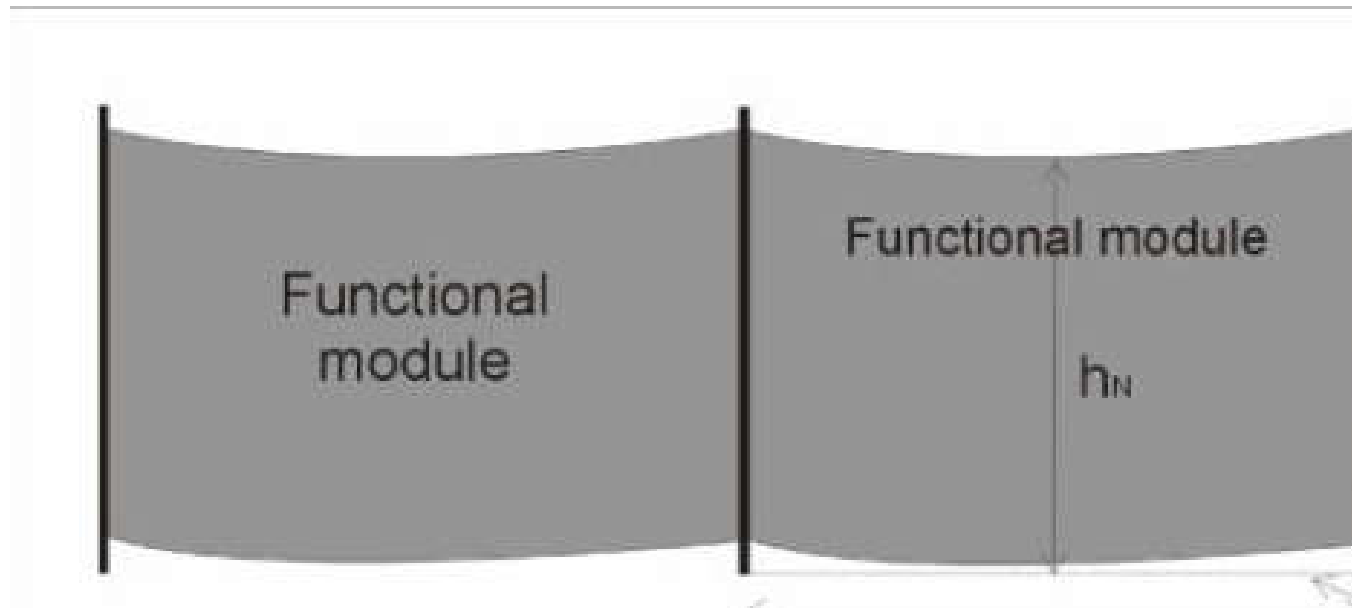
## UNI 11211 – 4 – Progettazione definitiva ed esecutiva





## UNI 11211 – 4 – Progettazione definitiva ed esecutiva

### Barriera con 2 campate



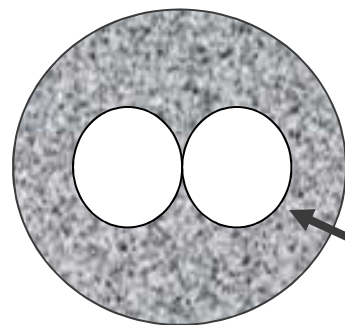
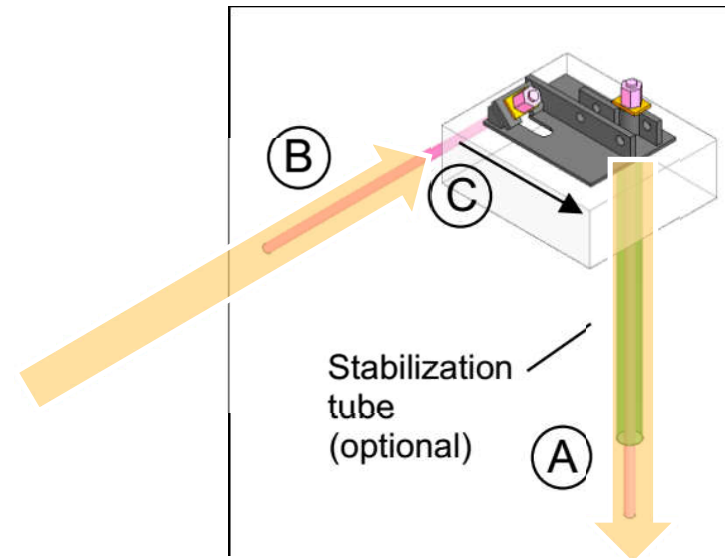
# NORME DI PROGETTO

## FONDAZIONI

- **Norme Tecniche Nazionali** non trattano il tema delle barriere paramassi.
- **Eurocodici**
- **Raccomandazioni A.I.C.A.P.**
- **(e la nuova versione di UNI 11211-4)**

# NORME DI PROGETTO

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



Interfaccia malta - terreno

Interfaccia elemento - malta



# NORME DI PRODOTTO



# NORMA DI PRODOTTO – ETAG 027



## ETAG 027

## Linee guida Europea



European Organisation for Technical Approvals  
Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
Organisation Européenne pour l'Agrément Technique

Established pursuant to Annex II of the Council Directive 89/106 of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of Member States relating to construction products (Construction Products Directive)

## ETAG 27

GUIDELINE FOR  
EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL  
of  
FALLING ROCK PROTECTION KITS

Ha (o dovrebbe avere) **poca**  
influenza sull'attività progettuale.

**Test in vera  
grandezza**

**Prestazioni  
minime**

**Percorso per  
marcatura CE**

# NORMA DI PRODOTTO – ETAG 027

## ETAG 027 - Linea guida Europea



**MEL** (**M**aximum **E**nergy **L**evel)

**SEL** (**S**ervice **E**nergy **L**evel)

## Energia

| Energy level classification | 0   | 1   | 2   | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8      |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| SEL                         | -   | 85  | 170 | 330   | 500   | 660   | 1 000 | 1 500 | >1 500 |
| MEL≥                        | 100 | 250 | 500 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 3 000 | 4 500 | >4 500 |

## Altezza

**Category A:** Residual Height  $\geq 50$  % nominal height

**Category B:** 30% nominal height < Residual Height < 50 % nominal height

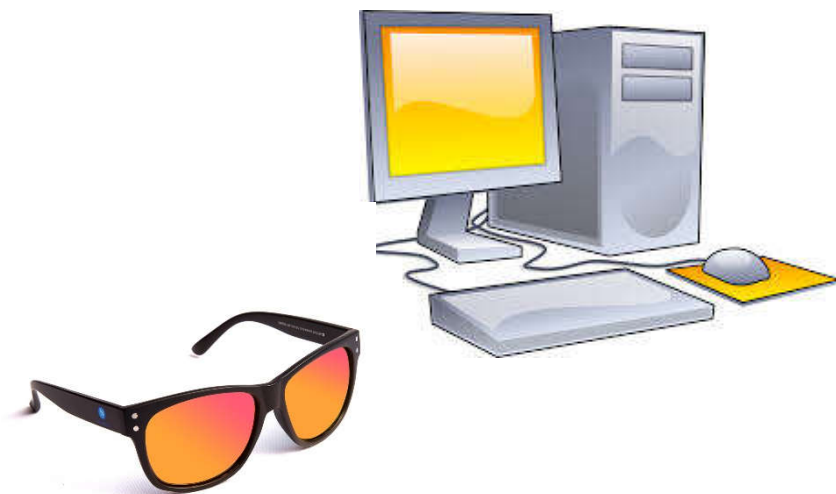
**Category C:** Residual Height  $\leq 30$  % nominal height, or complete break of upper and/or lower longitudinal support element (the support element can be made by one or more ropes, wires or similar longitudinal components which keep the main protection layer in place and run along the whole span).



# MARCATURA CE



## REQUISITO MINIMO



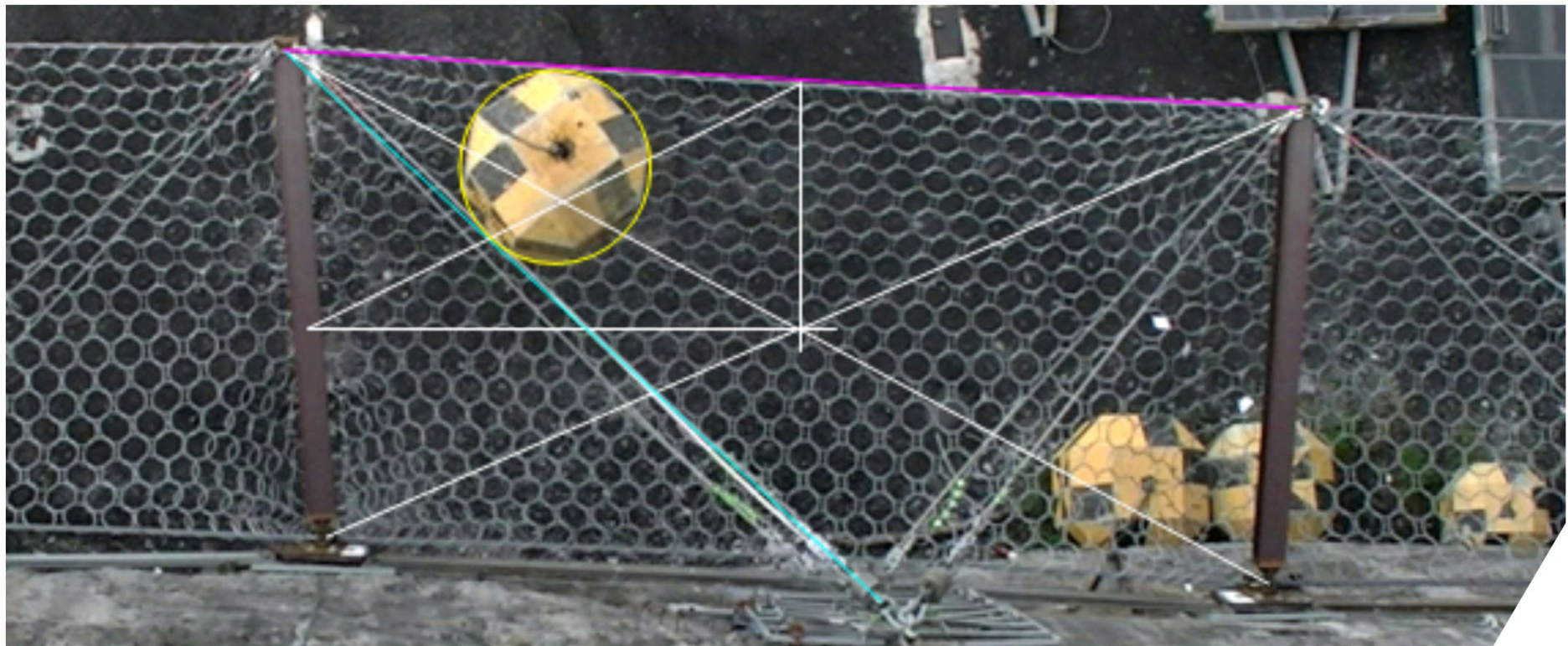
## ALTEZZE CERTIFICATE

The height of the barrier cannot be reduced in comparison with the tested kit and its height cannot be raised by more than 1 metre for tested height superior or equal to 4 metres and 0,5 metre for tested height less than 4 metres: this tolerance applies to the commercial height.

## VITA UTILE DELLA BARRIERA

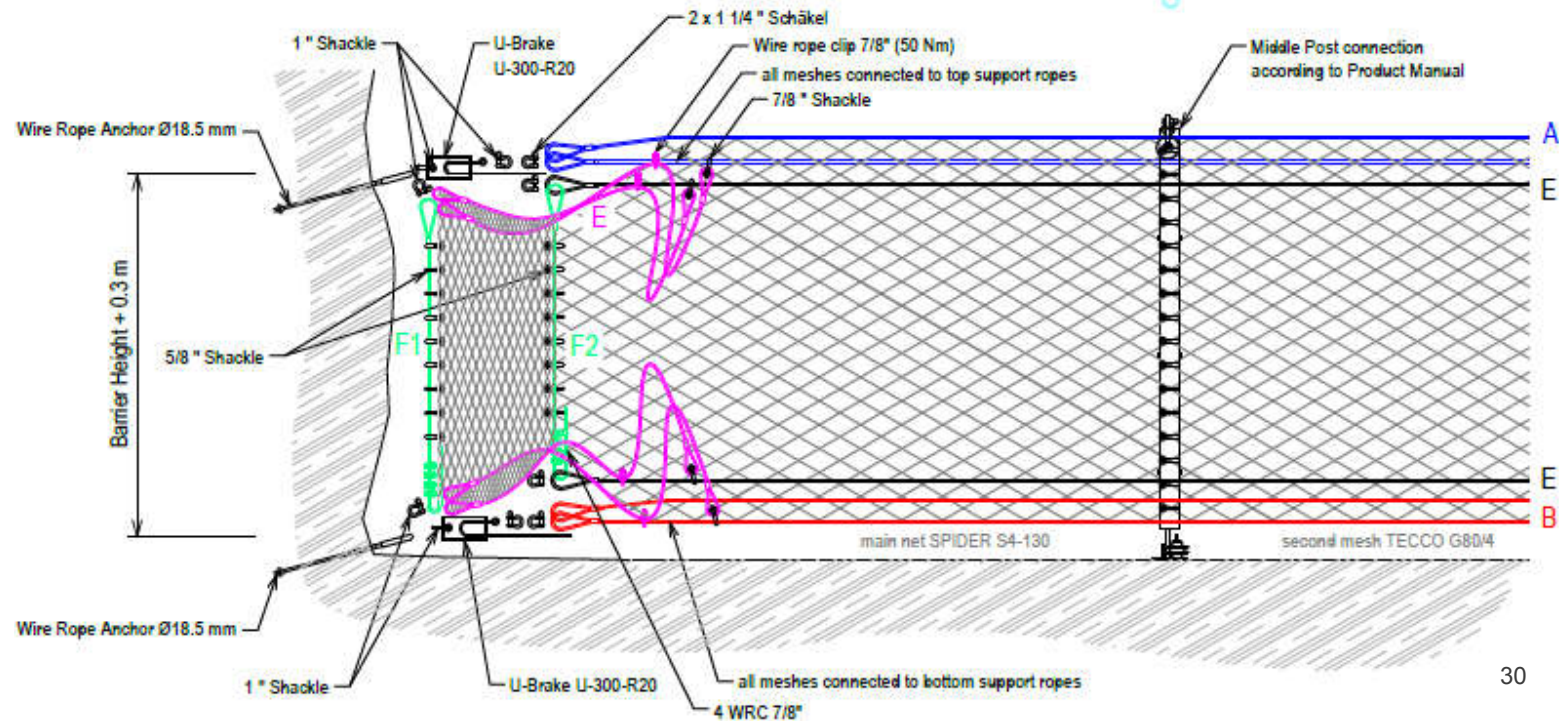


# IMPATTO ECCENTRICO





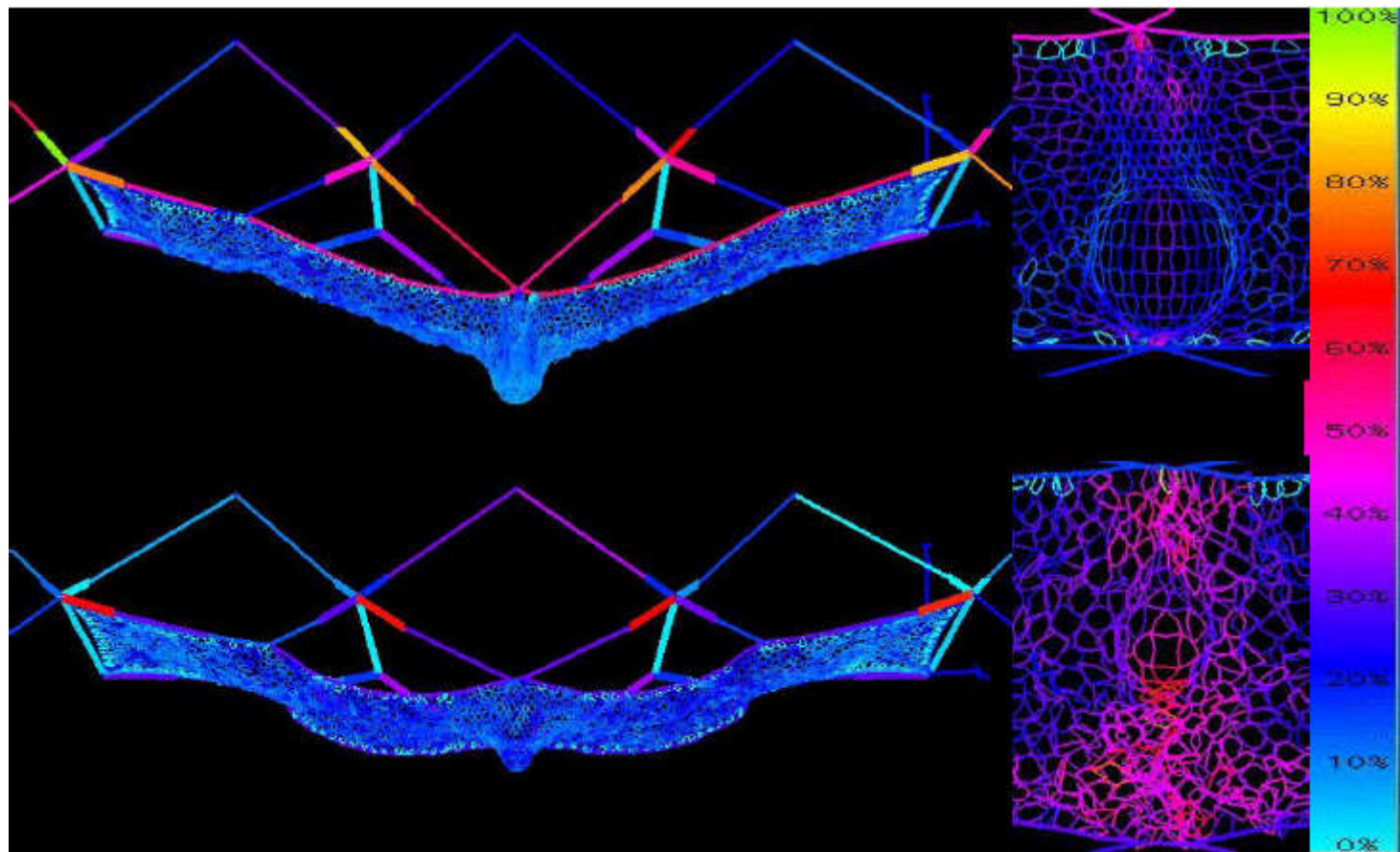
# IMPATTI LATERALI





# IMPATTI A ALTISSIME VELOCITÀ

- Dove e come verificare il limite



# MULTI-IMPATTI

- Seriale:  
SEL2 senza rimozione dei blocchi

- Simultaneo:  
energia distribuita  
vs.  
energia concentrata



# ENERGIA ROTAZIONALE

Energia Traslazionale  $E_t = 1/2 * m * v^2$

Energia rotazionale  $E_r = 1/2 * I * \omega^2$

con  $I$  = momento di inerzia massa

$\omega$  = vel. rotazionale [rad/sec]

$r$  = raggio della sfera

**Energia totale = Traslazionale + Rotazionale**



# CONCLUSIONI

- ▶ Il CE è una base, ma tecnicamente occorre andare oltre per aderire alle condizioni che si riscontrano in natura
- ▶ Casi non standard (impatti eccentrici, ripetuti, rotazione, detriti diffusi, piccole slavine...) generano forze differenti e impegnano differientemente le strutture
- ▶ Le prove e le sperimentazioni in vera grandezza sono finalizzate ad ottenere certezza di performances minime, che possono non essere sufficienti. Ne discende l'importanza di procedure di test ulteriori benché non codificate
- ▶ In fase progettuale è consentito, se le circostanze lo suggeriscono e sono motivabili tecnicamente, richiedere prestazioni superiori e/o particolari



# PROGETTAZIONE BARRIERE ANTI COLATA

Norme per la  
progettazione

di progetto:  
allo studio

di prodotto:  
EAD @EOTA



Software ad hoc  
Geobrugg Deb\_Flow

# PROGETTAZIONE BARRIERE ANTI COLATA

## ► Parte 1: 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 <sup>3</sup> ] |
| Specific weight of the debris flow material | $\gamma =$ | 21.6        | 17.7        |                | [kN/m <sup>3</sup> ] |
| Water content                               | $w =$      | 0.27        | 0.52        |                | -                    |

Tipo di debris flow: [Granulare; fangosa; no load case]

Granulare:  $\rho = 1900 - 2300 \text{ kg/m}^3 \rightarrow$  Coefficiente cd più alto

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

# PROGETTAZIONE BARRIERE ANTI COLATA

- Parte 2: Volume del debris flow, numero di onde, portata di picco

Volume della colata: [100 ; 10'000] m<sup>3</sup>

Numero di onde: [1 ; n]

Volume della prima onda → Possibile definirla

Picco massimo della portata: acc. Rickenmann → da indagini sperimentali

|                                        |                       | Load case 1 | Load case 2 | Load case 3 |                     |
|----------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Total debris flow volume (incl. water) | V <sub>tot</sub> =    | 1000        | 1000        | 1000        | [m <sup>3</sup> ]   |
| Number of waves                        | N=                    | 3           | 3           | 3           | -                   |
| Volume per wave (average)              | V <sub>N</sub> =      | 333         | 333         | 333         | [m <sup>3</sup> ]   |
| Volume of first wave (recommended)     | V <sub>N1,rec</sub> = | 500         | 500         | 500         | [m <sup>3</sup> ]   |
| Volume of first wave (chosen)          | V <sub>N1</sub> =     | 3000        | 3000        | 3000        | [m <sup>3</sup> ]   |
| <b>Peak discharge</b>                  |                       |             |             |             |                     |
|                                        |                       | Load case 1 | Load case 2 | Load case 3 |                     |
| Peak discharge (acc. to Rickenmann)    | Q <sub>p,rec</sub> =  | 69.6        | 69.6        | 69.6        | [m <sup>3</sup> /s] |
| Peak discharge (chosen)                | Q <sub>p</sub> =      | 50          | 50          | 50          | [m <sup>3</sup> /s] |

# PROGETTAZIONE BARRIERE ANTI COLATA

| 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] |
|                                                            | $h_{fl,2} =$   | 3.3                              | 1.6                              | 1.0                              | [m]   |
|                                                            | $h_{d,2s} =$   | 0.7                              |                                  |                                  | [m]   |

Altezza del flusso

Max apertura basale secondo  
Wendeler

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



# PROGETTAZIONE BARRIERA ANTI COLATA

| 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) | $v_1 =$        | 4.7         | 4.3         |             | [m/s] |
| Flow height                                                | $h_{fl,1} =$   | 0.9         | 0.7         |             |       |
| Recommended max. basal opening height (acc. to Wendeler)   | $h_{d,1} \leq$ | 0.5 [m]     |             |             |       |

Scelta della velocità

Altezza di flusso calcolata

Verifica sull'apertura basale

| Flexible, permeable debris flow protection system |               |                   |
|---------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| System type                                       | Type          | GEOBRUGG VX080-H4 |
| 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 !       |

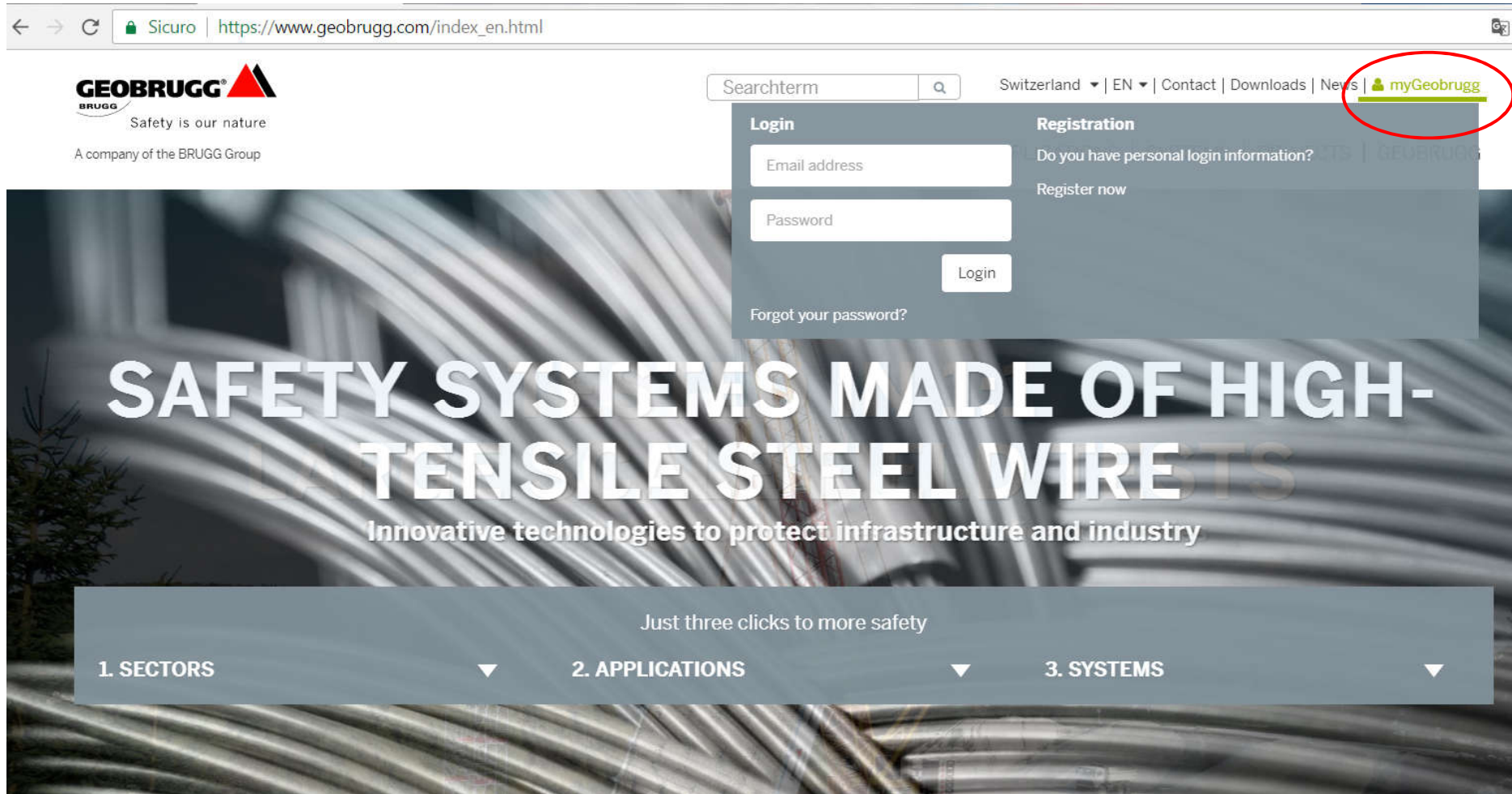
Scelta della barriera → verifica geometrica

# PROGETTAZIONE BARRIERA ANTI COLATA

## Geobrugg VX / UX / SL

|                         | Altezza | Larghezza   |
|-------------------------|---------|-------------|
| <b>VX (debris flow)</b> |         |             |
| 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 |
| <b>UX (debris flow)</b> |         |             |
| 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 |
| <b>SL (soil slip)</b>   |         |             |
| SL-100                  | 2.0 m   | > 15 m @5 m |
| SL-150                  | 3.5 m   | > 15 m @5 m |

# WWW.GEOBRUGG.COM



# WWW.MYGEOBRUGG.COM



# WWW.GEOBRUGG.COM - SOFTWARE



## DIMENSIONING TOOLS

Use our software and design our systems for slope stabilization, debris flow barriers and for shallow landslides.  
more





# WWW.GEOBRUGG.COM REFERENZE



## PROJECT DATABASE

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



# WWW.GEOBRUGG.COM - DOWNLOAD

Schede tecniche

Test report

Disegni tipologici



DOWNLOADS

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

Marcatura CE

Certificazioni

Voci di capitolato

# DOMANDE?

