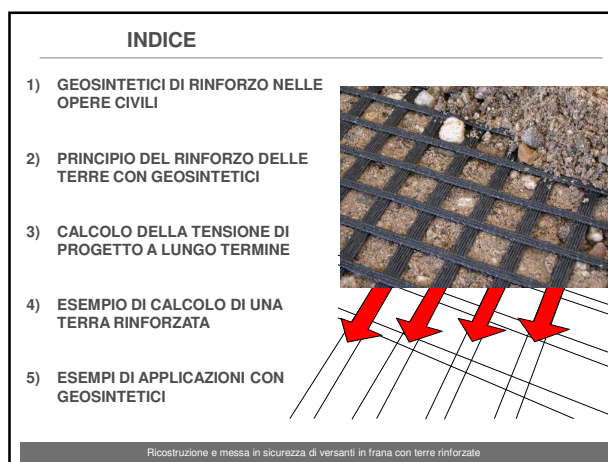




1



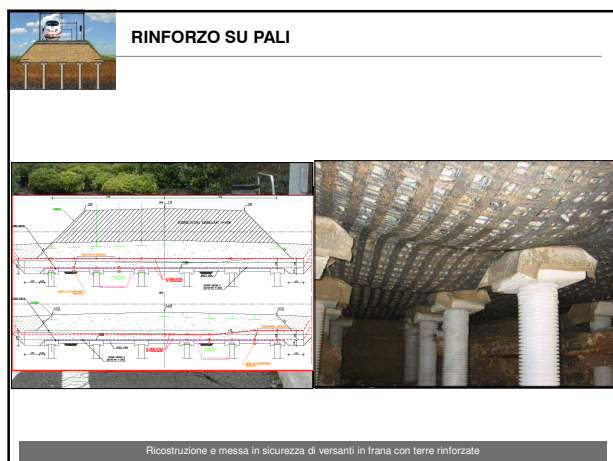
2



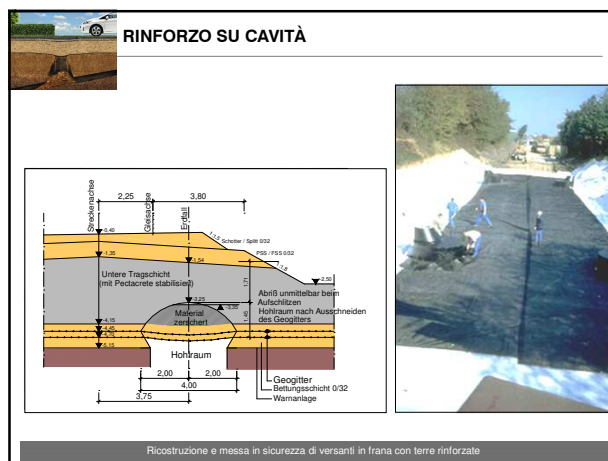
3



4



5



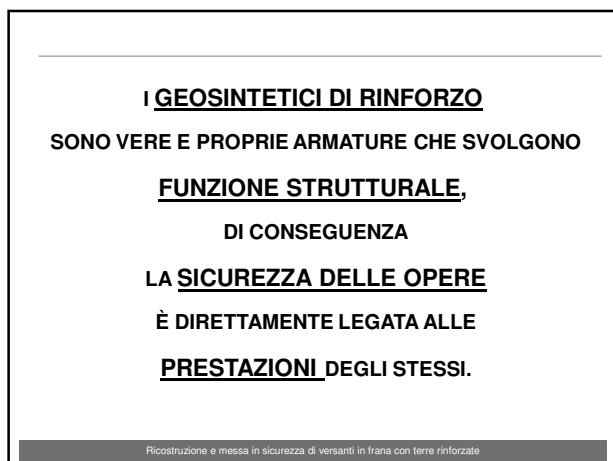
6



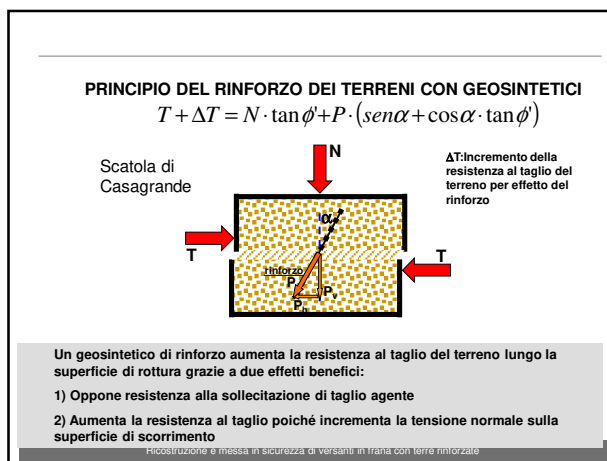
7



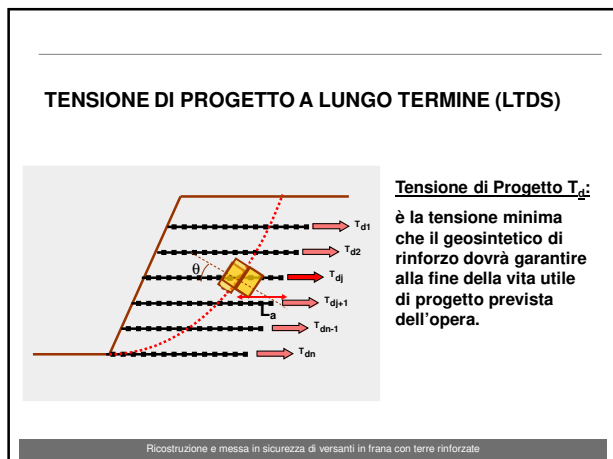
8



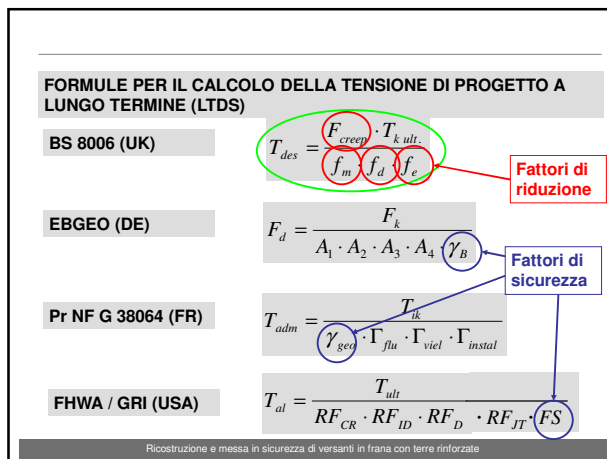
9



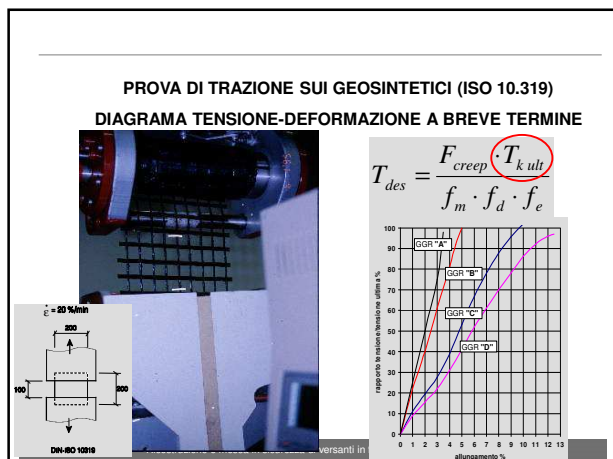
10



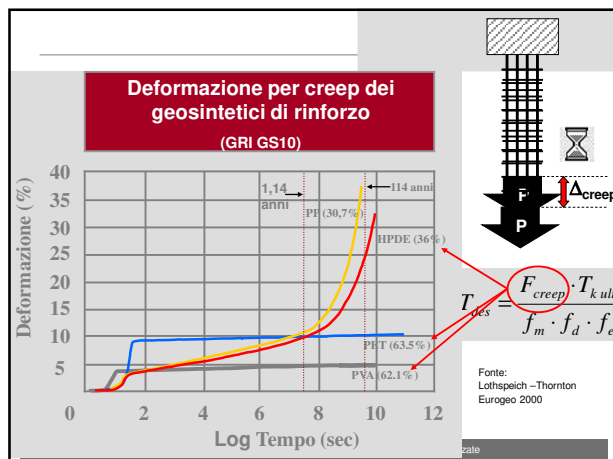
11



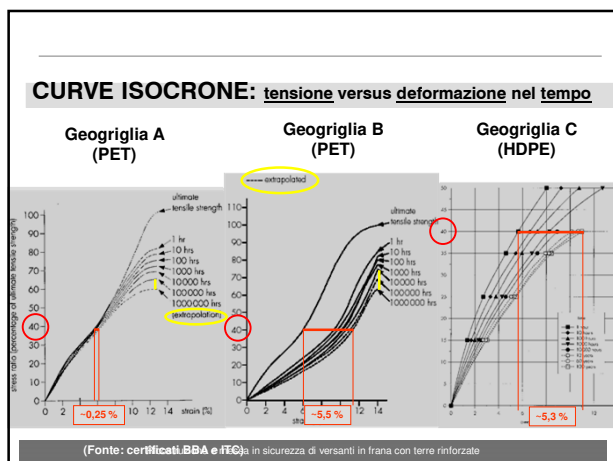
12



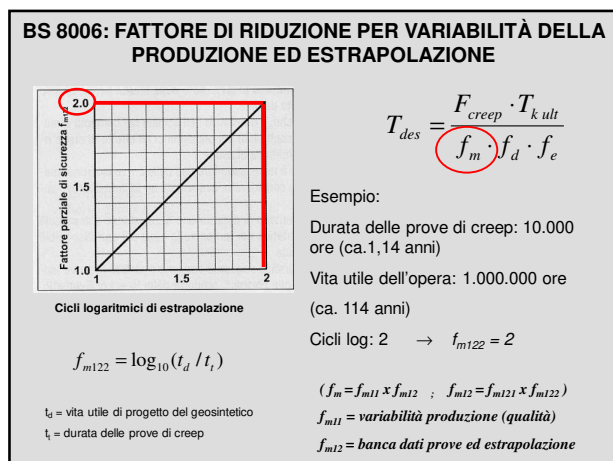
13



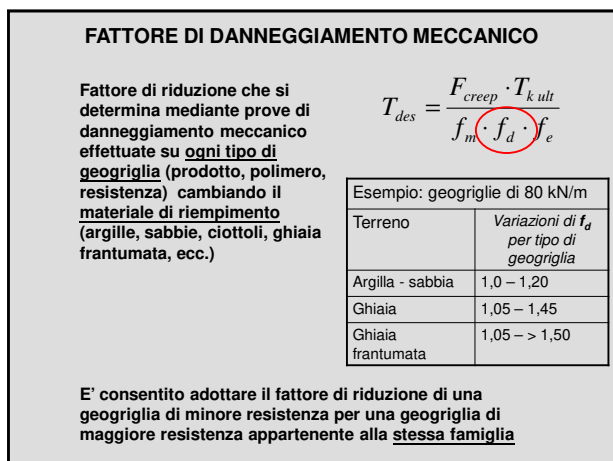
14



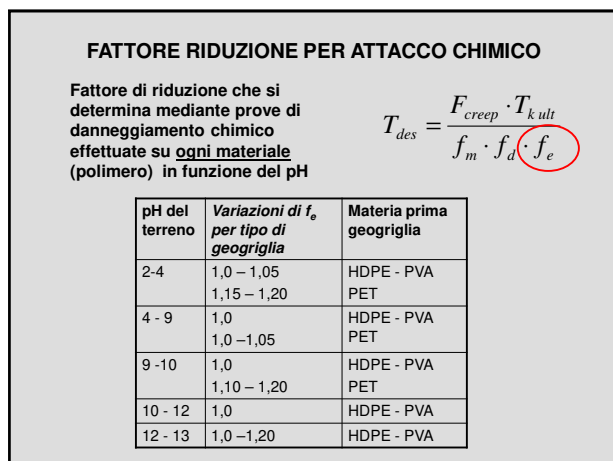
15



16



17



18

CONSIDERAZIONI:

- Da un punto di vista prestazionale, in un geosintetico di rinforzo è determinante la **TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE** e **NON** la **RESISTENZA A BREVE TERMINE**.

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k ult.}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

- L'AFFIDABILITA' DEI **FATTORI DI RIDUZIONE** da applicare nel calcolo della tensione ammissibile può essere verificata solo attraverso **PROVE NORMALIZZATE** e **CERTIFICATI RILASCIATI DA ISTITUTI ACCREDITATI**.

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

19

NORMATIVE DI RIFERIMENTO PER PROGETTARE CON GEOSINTETICI1) EURO CODICE 7 → **ANESSI****NORMATIVE NAZIONALI**

Le Normative più avanzate in questo settore a livello Europeo sono:

- BS 8006 (inglese)
- EBGE0 (tedesca)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

20

IN ITALIA:**NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)**

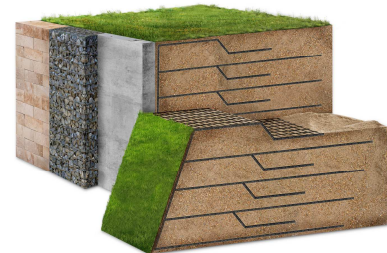
La verifica della sicurezza agli stati limiti ultimi si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali"

$$R_d \geq E_d$$

R_d: resistenza di progettoE_d: effetto delle azionicoefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (γ_F o γ_E)coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (γ_M)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

21

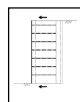
TERRE RINFORZATE: PARAMENTI

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

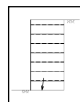
22

Progettazione / Analisi di Stabilità

➤ Scivolamento



➤ Ribaltamento (eccentricità ammissibile)



➤ Capacità portante

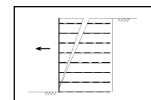


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

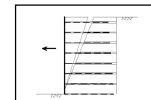
23

Progettazione / Analisi di Stabilità

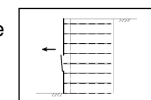
➤ Rottura del rinforzo



➤ Sfilamento del rinforzo



➤ Collasso della connessione con il paramento

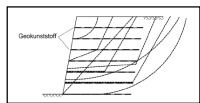


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

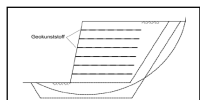
24

Progettazione / Analisi di Stabilità

➤ Stabilità interna e composta



➤ Stabilità esterna



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

25

Esempio di calcolo di una terra rinforzata con due diverse geogriglie in PET di tensione nominale di 80 kN/m

Altezza: 8,40 m

Pendenza: 65°

Spaziatura: 0,60 m

Sovraccarico: 20 kPa

Azione sismica: $k_h = 0,066 / g$; $k_v = \pm 0,033 / g$

Parametri geotecnici:

Terreno di rilevato ed a tergo: $\phi = 28^\circ$, $c = 0$ kPa, $\gamma = 19$ kN/m³Terreno di fondazione: $\phi = 32^\circ$, $c = 0$ kPa, $\gamma = 19$ kN/m³

Vita prevista per la struttura: 120 anni

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

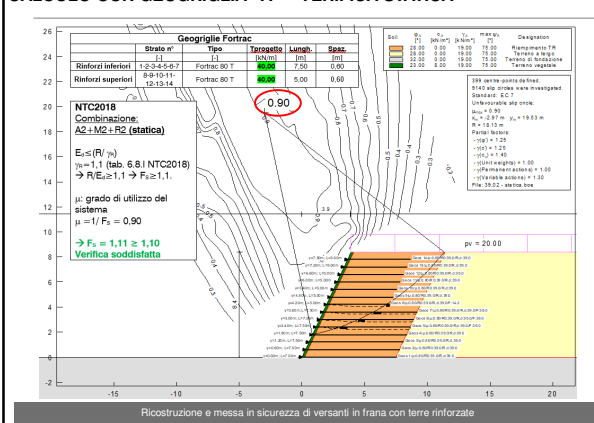
26

ESEMPIO DI CALCOLO

	Geogriglia tipo "A"	Geogriglia tipo "B"
Materia prima fibre	Poliestere	Poliestere
Processo di produzione	Tessitura	Tessitura
Certificato	BBA HAPAS N° 13/H197	BBA N° 01/R130
Tensione di nominale di rottura (caratteristica) (T_{ult})	80 kN/m	80 kN/m
Fattore di riduzione per creep a 120 anni (f_{creep})	0,66	0,60
Fattore di riduzione per manifattura ed estrapolazione dati (f_m)	1,11	1,20
Fattore di riduzione per danneggiamento meccanico (f_d)	1,15	1,43
Fattore di riduzione per effetti ambientali ($4 < p < 9$) (f_a)	1,06	1,00
Allungamento alla tensione nominale (caratteristica)	12,5 % (valore caratteristico con limite di confidenza min. del 95%)	12 ± 4 % (valore medio)
Tensione di progetto a 120 anni	39,02 kN/m	27,97 kN/m
Deformazione Totale (deform. istantanea + deform per creep) a 120 anni lavorando alla T_{des}	6,3 % (al 49% T_{ult})	11 % (al 35% T_{ult})

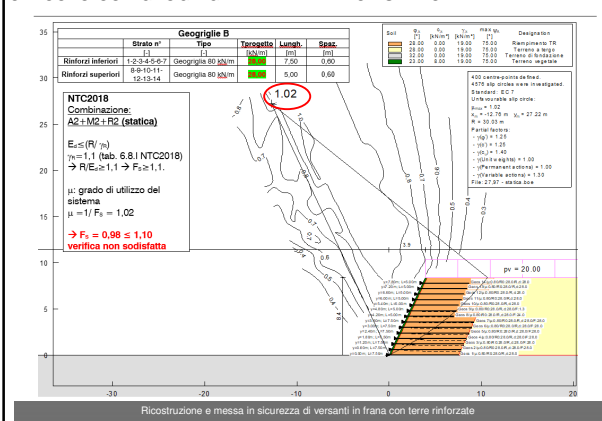
27

CALCOLO CON GEOGRIGLIA "A" – VERIFICA STATICA



28

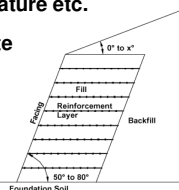
CALCOLO CON GEOGRIGLIA "B" – VERIFICA STATICA



29

TERRE RINFORZATE:

- Strutture affidabili
- Comportamento duttile
- Struttura agibile mano a mano viene costruita
- Strutture versatili (adattabili alle esigenze): Geometria, pendenza, paramenti, curvature etc.
- Si inseriscono facilmente nell'ambiente circostante
- Facile realizzazione
- Veloci da costruire
- Economicamente vantaggiose



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

30

Sistemazione versanti mediante terre rinforzate

Nome progetto: Casate (Veneto)

Materiali: Geogriglie 35, 55, 80, 110 kN/m antierosivo HaTe 23.142

Applicazione: ripristino pendio in frana e sostituzione muro di sostegno stradale con TR

Punti principali:

- altezza della terra rinforzata 7,50 m
- drenaggio dell'area dell'intervento in frana
- velocità di esecuzione dell'opera

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

31



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

32



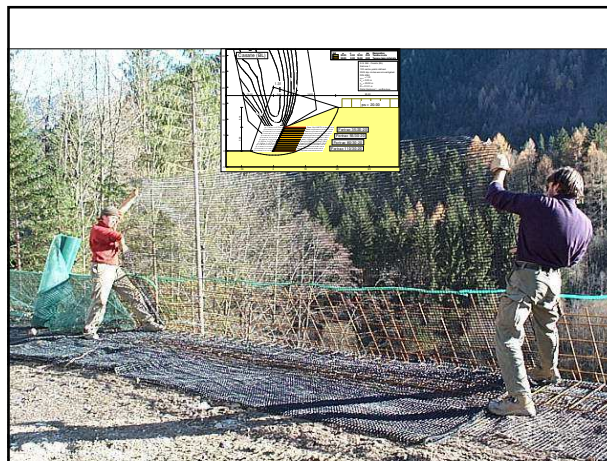
33



34



35



36



37



38



39



40



41

PROGETTO: CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DI MASSA MARTANA (PG)

Caratteristiche principali del progetto:

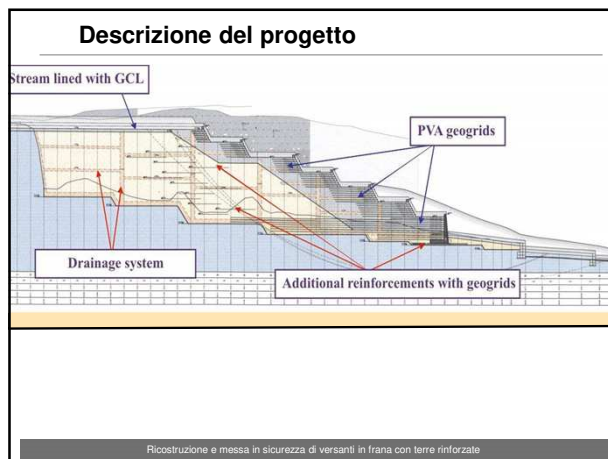
- La finalità era la messa in sicurezza della rupe soggetta ad un continuo arretramento per erosione che metteva in pericolo le abitazioni circostanti e, nel contempo, recuperare un'area di circa 150 m lineari intorno al paese.
- Parte del terreno di riempimento utilizzato proviene dalle macerie e calcinacci risultanti dal terremoto del 1997. L'elevato valore di pH ha indotto alla scelta di griglie in PVA.
- Utilizzando una geogriglia di 800 kN/m è stato possibile evitare la realizzazione di pali di grandi diametri al piede con vantaggi economici e tecnici (struttura flessibile).
- Altezza complessiva $H = 35$ m - Zona sismica: $a_{0,14}$

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

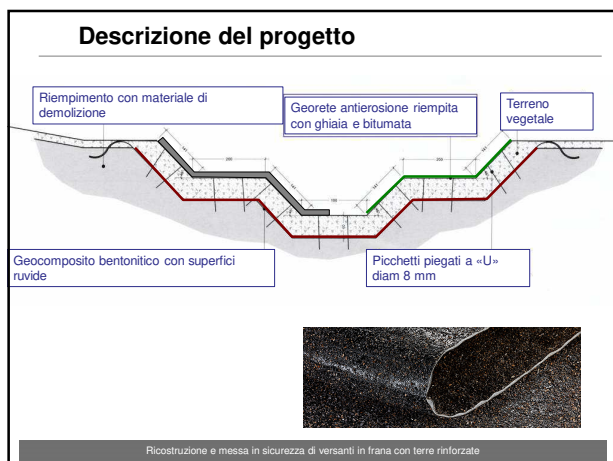
42



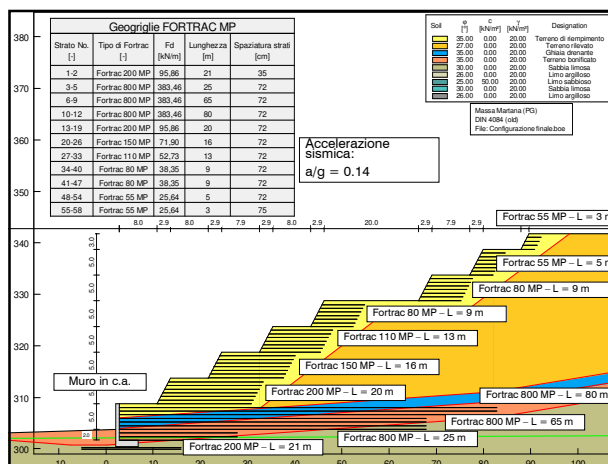
43



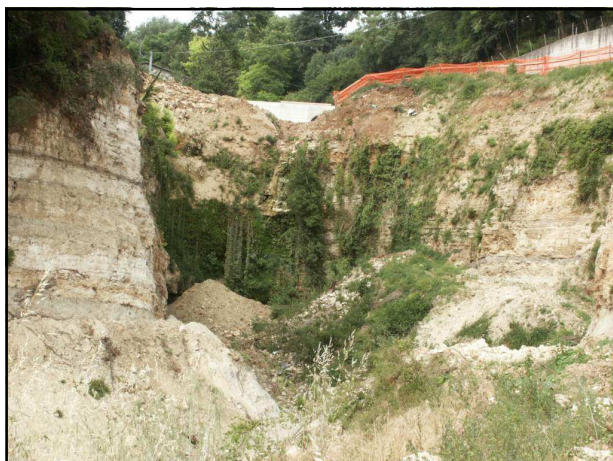
44



45



46



47



48



49



50



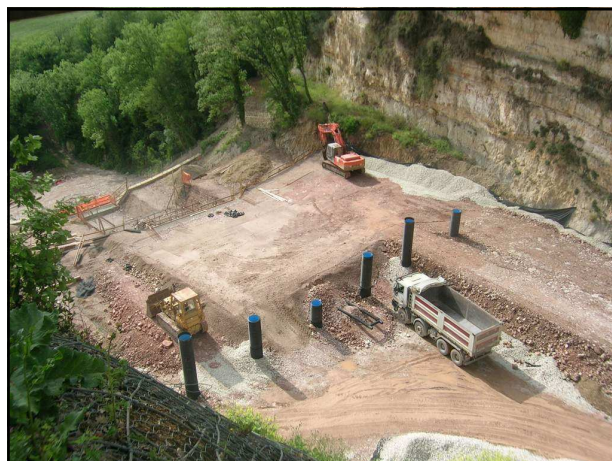
51



52



53



54



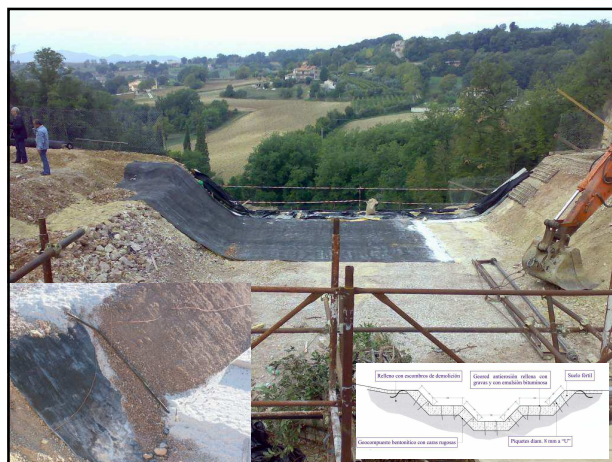
55



56



57



58



59



60

Nome progetto: Lona-Lases (Trento)

Materiali: Geogriglie 45, 110 kN/m antierosivo rete in juta

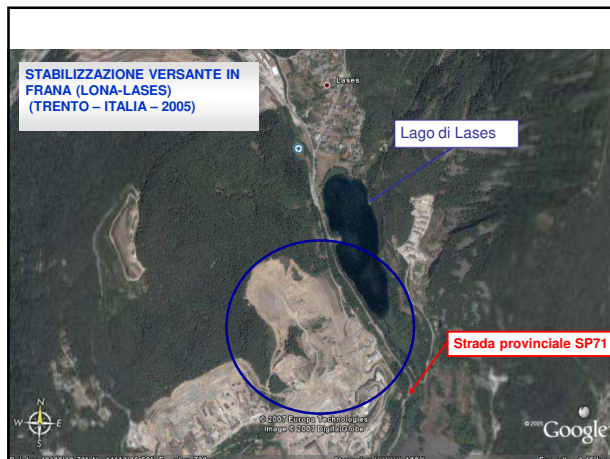
Applicazione: messa in sicurezza e ripristino pendio in frana in zona cava di porfido con terra rinforzata

Punti principali:

- altezza della terra rinforzata 60 m
- minimizzare entità di scavi e movimentazioni di materiale
- movimento franoso incombente sul lago di Lases
- velocità di esecuzione dell'opera ed utilizzo del materiale disponibile in situ

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

61



62

Breve storia:

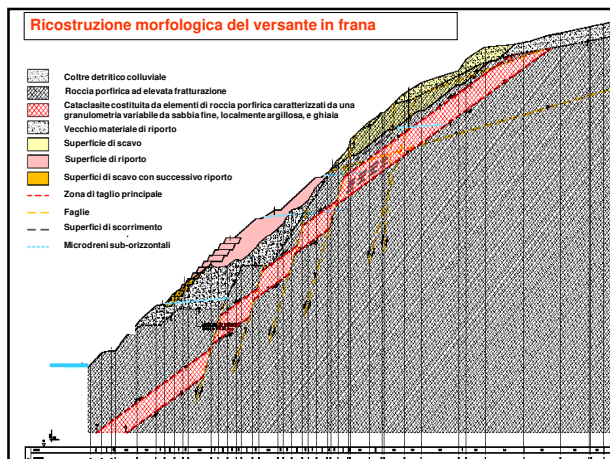
Il versante del monte Grossa, dopo numerosi anni di attività estrattiva del porfido, è stato interessato negli ultimi anni da un imponente fenomeno franoso nella zona sovrastante la strada provinciale SP71 ed il lago di Lases, con grave rischio per l'adiacente area abitata.

Le cause di questo movimento franoso iniziato già nel 1976 e reso più evidente nel 2000, sono attribuite a tre principali ragioni:

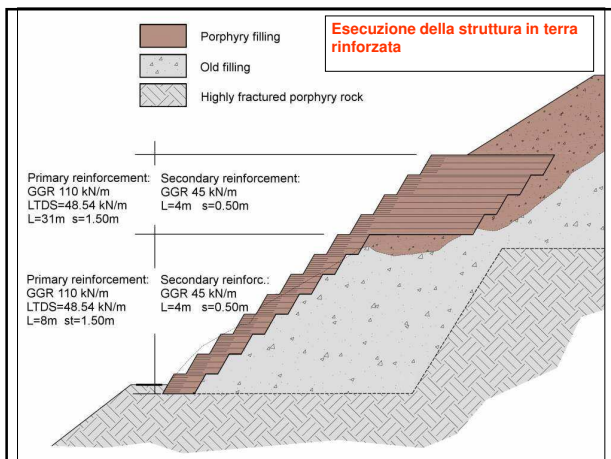
- 1) attività estrattiva del porfido ed elevata pendenza del versante (80%)
- 2) incremento di acque infiltranti ed innalzamento del livello della piezometrica a seguito di forti precipitazioni: verifiche di stabilità del versante (back-analysis con il metodo dell'equilibrio limite) hanno confermato l'importanza delle pressioni interstiziali sulle condizioni di equilibrio del versante
- 3) Attività estrattiva al piede del versante con interruzione del piano principale di faglia e presenza di un piano preferenziale di scivolamento ad una profondità variabile tra 15 e 19 m.

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

63



64



65



66



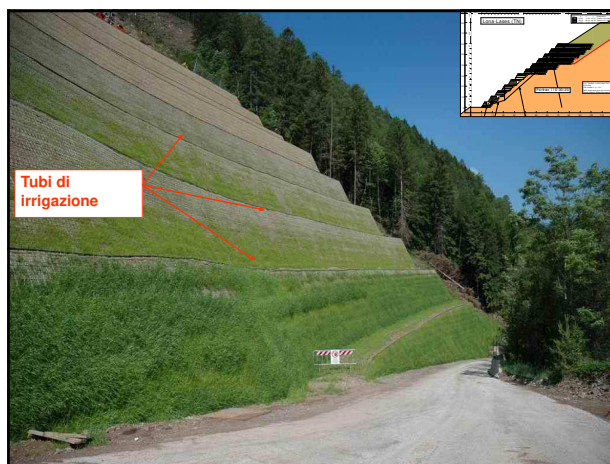
67



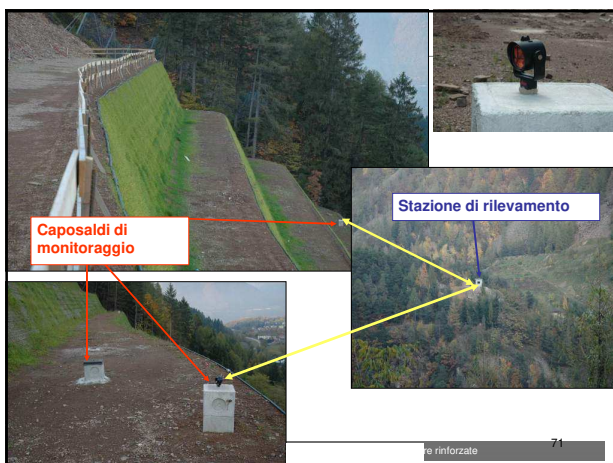
68



69



70



71



72

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Progetto: Provincia di Perugia – S.P.n. 249 di Spello -
Progettazione lavori di messa in sicurezza
strada in località Torgiovanetto

Applicazione: Rilevato parafrana in terra rinforzata

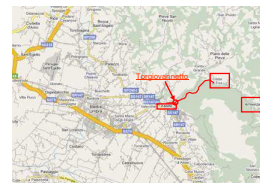
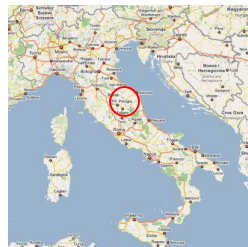
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

73

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Breve storia:

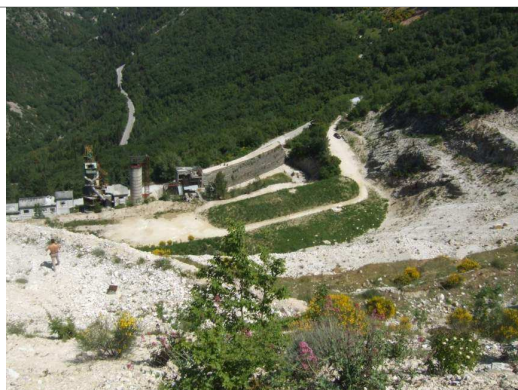
La SP 249 corre lungo il piede di una vecchia cava inattiva in località Torgiovanetto (Assisi). Nel dicembre de 2005 il comune ha dovuto chiudere completamente la strada perché si era attivato un movimento franoso di rilevante dimensioni, interrompendo la via principale, tra le due vie possibili, per raggiungere i paesi Costa di Trex and Armezzano.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

74

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)



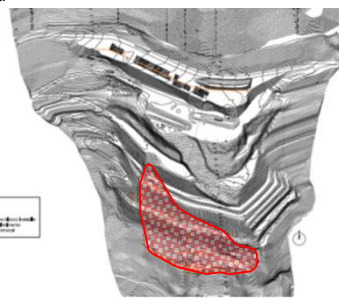
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

75

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Breve storia:

Mediante estensive indagini geologiche e campagna di monitoraggio si è rilevato un movimento franoso che si sposta lentamente come un corpo unico di 180,000 m³. La situazione di rischio era ulteriormente aggravata dalla sismicità caratteristica della zona.

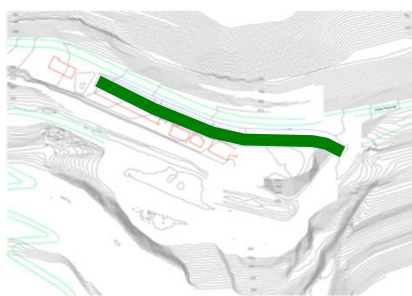


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

76

LA SOLUZIONE:

Costruzione di un rilevato trapezoidale rinforzato in grado di resistere all'impatto della frana ed adatto a creare un bacino di accumulo a tergo, in grado di accogliere il volume di terreno previsto.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

77

Progetto: Provincia di Perugia – S.P.n. 249 di Spello -
Progettazione lavori di messa in sicurezza
strada in località Torgiovanetto

Descrizione: La terra rinforzata soddisfaceva le esigenze tecnico -
ambientali richieste per questo intervento:

- Pendenze elevate per occupare meno spazio e creare un bacino capiente a tergo
- Altezza necessaria per evitare lo scavalamento del corpo frana
- Massa adeguata a resistere all'impatto della frana
- Versatilità per adeguarsi all'orografia del sito
- Basso impatto ambientale
- VELOCITÀ DI REALIZZAZIONE

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

78

Progetto: Provincia di Perugia – S.P.n. 249 di Spello -
Progettazione lavori di messa in sicurezza
strada in località Torgiovanetto

Caratteristiche principali del progetto:

Geometria rilevato:

Altezza: variabile da 0 a 14,40 m circa;
Pendenza: a monte 80°, a valle 65°
Lunghezza: 190 m
Superficie: 2 fronti per un totale di circa 3800 m²

Azioni considerate:

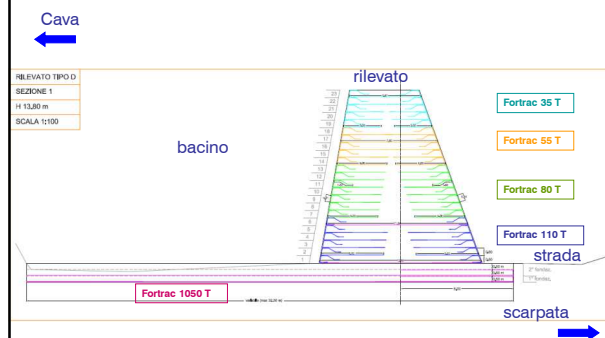
Pressione d'impatto della frana
Accelerazione sismica orizz.: $a/g = 0,07$
Drenaggio dell'acqua accumulata a tergo

Durata lavori: circa 4 mesi nel 2008

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

79

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

80

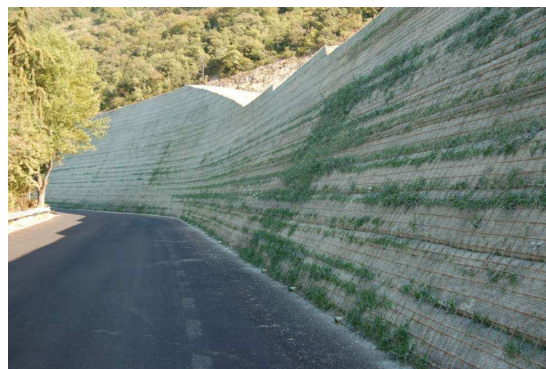
Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

81

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

82

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

83

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)



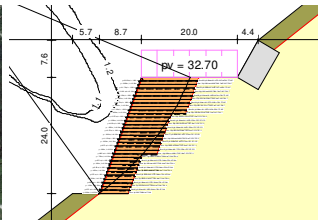
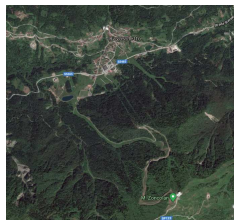
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

84

Nuova pista da sci dal Monte Zoncolan a Ravascletto

Dati progetto:

- Realizzazione di rilevati in terra rinforzata di altezza variabile da 3 a 24 m
- Lunghezza fronte: 500 m circa
- Inclinazione: 70°
- Sovraccarico da neve
- Zona sismica



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

85



86



87



88



89



90

Torino - Trèfle

Art-work di Dominique Gonzales Foerster

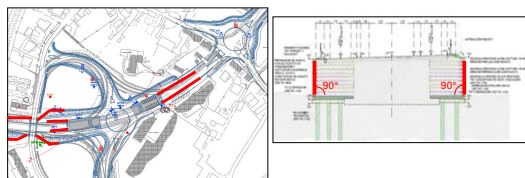


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

91

Muri di sostegno flessibili con paramento in pietra nello svincolo stradale di Pasiano di Pordenone

- ❑ Lo svincolo stradale tra la S.P. 9 e la S.P. 35 in località Visinale nel comune di Pasiano di Pordenone (PN), si inserisce nell'ambito dei lavori di realizzazione della "Nuova viabilità dell'area del mobile e asse Bannia – Fiume Veneto – Azzano X – Pasiano".
- ❑ La mancanza di spazio disponibile richiedeva la realizzazione di muri di sostegno verticali lungo le varie rampe stradali che conformano lo svincolo
- ❑ Data la natura soffice dei terreni di fondazione gli assestamenti previsti richiedevano la realizzazione di muri rigidi fondati su pali oppure strutture di sostegno flessibili in grado di assorbire gli assestamenti senza compromettere la funzionalità dell'opera
- ❑ Utilizzo di terreni stabilizzati a calce



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

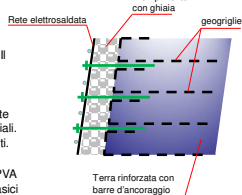
92

SOLUZIONE

- ❑ Muro di sostegno flessibile Muralex: terra rinforzata con paramento in pietra ingabbiata con rete elettrosaldata.

Caratteristiche:

- ❑ Realizzazione di muri di pendenza variabile fino 90°. Il rinforzo del terreno con geogriglie, opportunamente dimensionate, garantisce la stabilità. Non prevede il rinverdimento.
- ❑ Essendo la terra rinforzata una struttura estremamente flessibile, assorbe gli assestamenti globali e differenziali. Il paramento viene applicato ad assestamenti avvenuti.
- ❑ Utilizzo di tutti tipi di terreni di riempimento, anche stabilizzati a calce, grazie all'utilizzo di geogriglie in PVA resistenti all'attacco chimico in ambienti altamente basici
- ❑ Controllo della verticalità del paramento a lungo termine grazie all'utilizzo di geogriglie in PVA ad elevato modulo (deformazioni a rottura <6%) e basso creep



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

93

DATI DI PROGETTO

- ❑ Superficie fronte muri di sostegno: 1.000 m² circa
- ❑ Altezza muri: 0,50 m < H < 7 m
- ❑ Terreni di fondazione:
 - ❑ da p.c a -20 m: limi/argille
 - ❑ da -20 m: sabbie limose
- ❑ Falda: -0,45 m p.c.
- ❑ Terreno di riempimento: stabilizzato a calce (pH >12)
- ❑ Tipo rinforzo: geogriglie di 80 kN/m in Polivinilalcol (PVA)
- ❑ Paramento: in pietra sciolta ingabbiata

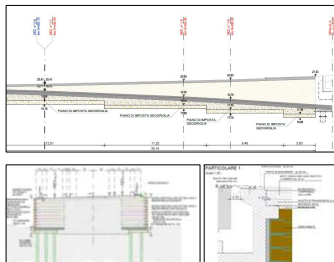


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

94

PROGETTO ED ESECUZIONE

- ❑ La geometria molto variabile delle rampe dello svincolo, sia per quanto riguarda la forma, le altezze e le quote del piano di fondazione, richiedeva un grado di adattabilità elevato da parte delle strutture di sostegno.
- ❑ Il paramento in pietra è stato realizzato solo per la superficie che rimaneva a vista.
- ❑ A tergo delle spalle dei ponti si sono costruite le terre rinforzate a 90° per eliminare la spinta del rilevato sulle spalle.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

95

PROGETTO ED ESECUZIONE

Realizzazione terra rinforzata



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

96

PROGETTO ED ESECUZIONE

- Applicazione e riempimento del paramento dopo un mese



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

97

PROGETTO ED ESECUZIONE

- Aspetto dei muri a lavori ultimati



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

98

PROGETTO ED ESECUZIONE

- Aspetto dei muri a lavori ultimati



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

99

PROGETTO ED ESECUZIONE

- Aspetto dei muri a lavori ultimati



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

100

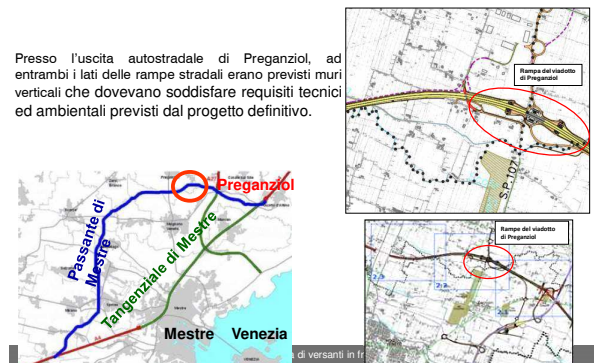
B – Rampe stradali Passante di Mestre Preganzio (TV) SRS – Terra rinforzata

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

101

Muro a blocchi con terreno stabilizzato a calce

Presso l'uscita autostradale di Preganzio, ad entrambi i lati delle rampe stradali erano previsti muri verticali che dovevano soddisfare requisiti tecnici ed ambientali previsti dal progetto definitivo.



102

Problematiche generali del progetto

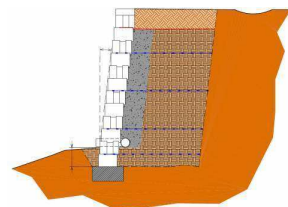
- Da un punto di vista dell'impatto ambientale si dovevano rispettare due requisiti:
 - il paramento del muro doveva essere in cls
 - il colore doveva essere grigio naturale.
- Terreni di fondazione fini e compressibili
- Livello della falda a -0,80 m a -1,0 m dal piano campagna
- Dovuto alla scarsità di terreni granulari, era necessario costruire il rilevato usando i terreni limo argillosi locali stabilizzati con calce. Quindi, nella soluzione da adottare era necessario considerare la condizione di alcalinità del terreno di riempimento (pH >12).
- Per evitare la costruzione di muri di sostegno rigidi in c.a. fondati su pali si è scelto un sistema di muri di sostegno flessibili per le rampe di approccio al ponte:
 - lunghezza di ogni rampa 400 m aprox.
 - altezza variabile da 1,00 m a 10,20 m

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

103

Soluzione proposta: Muro di sostegno segmentale

La scelta di realizzare muro di sostegno segmentale con paramento in blocchi tagliati in c.a. rinforzati con geogriglie in PVA, soddisfaceva i requisiti tecnici ed ambientali, nonché era vantaggiosa da un punto di vista economico e dei tempi di esecuzione.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

104



105



106



107



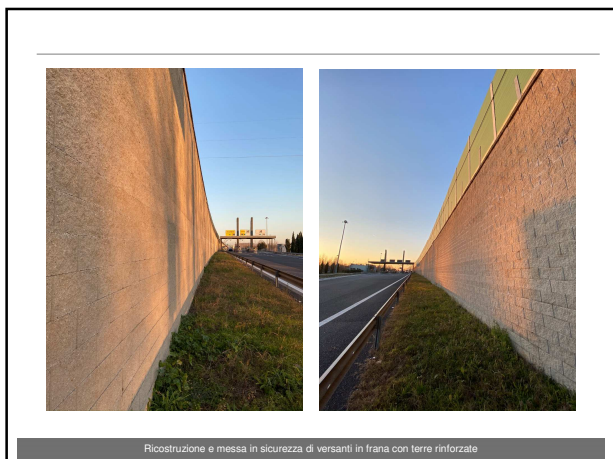
108



109



110



111



112



HUESKER
Idée, Ingénierie, Innovation.

Grazie per la vostra attenzione



Your project in safe hands.

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

113