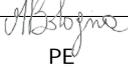


 HTGT DESIGN AND EXECUTION			Relazione Tecnica					
			Document / Documento n. PBSMA21873			Sheet Pagina 1 of 64 di		
PROJECT Progetto			MINIERA DI SANTA BARBARA				Security Index Indice Sicurezza	
			PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE				Internal Use / P	
TITLE Titolo			LOTTO C - INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO					
CLIENT Cliente			ENEL GLOBAL GENERATION – GENERATION ITALY O&M GAS ITALY – POWER PLANT CENTER – ex Area Mineraria Santa Barbara					
JOB no. Document no.								
CLIENT SUBMITTAL Inoltro al Cliente		<input type="checkbox"/> FOR APPROVAL Per Approvazione		<input type="checkbox"/> FOR INFORMATION ONLY Per Informazione		<input type="checkbox"/> NOT REQUESTED Non Richiesto		
SYSTEM Sistema	APPL. TO SECT. Valido per le sez.	DOC. TYPE Tipo Doc.	TL	DISCIPLINE Disciplina	C	FILE File	PBSMA2187300	
REV	DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni							
00	Prima emissione 02/09/2022							
00	02.09.22	ES	E. Aiello CGT Engineering	F. Bonciani CGT Engineering	A. Ac.  Artelia	M. Go.  Artelia	N. Pisani  DPL	M. Bologna  PE
REV	Date Data	Scope Scopo	Prepared by Preparato	Co-operations Collaborazioni			Approved by Approvato	Issued by Emesso

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 2 of 64 <i>Pagina di</i>

INDICE

1.	Premessa	4
2.	Tipologie di dissesti	5
2.1	Scorrimento	8
2.2	Frane di scivolamento rotazionale o roto-traslativo	9
2.3	Frane di crollo	10
2.4	Frane per Ribaltamento	10
2.5	Frane complesse	11
2.6	Individuazione delle cause del movimento	11
2.7	Stati di attività di un pendio e caratteristiche di resistenza di un pendio	12
2.8	Falda	14
3.	Schede delle aree in dissesto	15
3.1	AREA A – VINCESIMO 1	16
3.1.1	Geologia	16
3.1.2	Tipologia del dissesto	16
3.1.3	Monitoraggio	20
3.1.4	Interferenze	20
3.1.5	Interventi (ca. 0.12 ha)	20
3.2	AREA B – VINCESIMO 2	21
3.2.1	Geologia	21
3.2.2	Tipologia di dissesto	21
3.2.3	Monitoraggio	23
3.2.4	Interferenze	23
3.2.5	Interventi (ca. 0.1ha)	24
3.3	AREA C – VINCESIMO 3	26
3.3.1	Geologia	26
3.3.2	Tipologia di dissesto	26
3.3.3	Monitoraggio	28
3.3.4	Interferenze	28
3.3.5	Interventi (ca. 0.2 ha)	29
3.4	AREA D – VINCESIMO 4	31
3.4.1	Geologia	31
3.4.2	Tipologia di dissesto	31
3.4.3	Monitoraggio	35

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 3 of Pagina 3 di 64

3.4.4	Interferenze	35
3.4.5	Interventi (ca. 0.2 ha)	35
4.	Quadro di sintesi degli interventi e controlli	37
5.	APPENDICE – Tipologie di interventi	40
5.1	Interventi di regolarizzazione morfologica.....	40
5.1.1	Riduzione uniforme della pendenza (A1)	41
5.1.2	Carico di piede (A2).....	42
5.1.3	Scarico in testa frana (A3)	43
5.1.4	Gradonatura (A4).....	44
5.2	Opere di protezione dall'erosione.....	46
5.2.1	Rivestimento con materiale biodegradabile (B1b)	46
5.2.2	Inerbimenti (B1c).....	48
5.2.3	Inerbimenti (B1c).....	48
5.2.4	Piantumazione (B1d)	49
5.2.5	Gradonature vive (B1e)	51
5.2.6	Fascinate vive (B1f)	53
5.2.7	Palificate vive (B1h)	55
5.2.8	Grate vive (B1i)	57
5.3	Regimazione delle acque superficiali	59
5.3.1	Canalette di guardia (B2a)	59
5.3.2	Fossi di guardia (B2b).....	62
5.4	Interventi di drenaggio subsuperficiali.....	63
5.4.1	Cunei filtranti (B3a).....	63

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 4 of 64 <i>Pagina di</i>

1. Premessa

Nell'ambito del Progetto di recupero ambientale della miniera di Santa Barbara sono individuati alcuni ambiti di intervento corrispondenti a distretti franosi già noti il cui sviluppo e la cui evoluzione sono stati seguiti negli anni consentendo l'acquisizione di importanti dati conoscitivi.

Il territorio della miniera presenta d'altronde complessità geologiche e geomorfologiche tali per cui lo sviluppo di fenomeni di dissesto si è manifestato negli anni anche attraverso manifestazioni di minore importanza per spessore dei materiali coinvolti, ampiezza dei fronti e velocità di evoluzione, corrispondenti talora a fenomeni di erosione profonda, franosità diffuse o soliflussi, nonché frane superficiali o riattivazioni locali di antichi fenomeni franosi ormai dichiarati inattivi. Il complesso di questi processi viene sommariamente indicato come "franosità minore" ed il presente elaborato analizza le suddette manifestazioni nell'ambito del territorio del Macrolotto C.

I dissesti minori presenti nell'area del Lotto C, individuati e classificati in base alle analisi effettuate, sono rappresentati nella loro estensione ed ubicazione sull'elaborato cartografico PBSMA2013701, Lotto C – Carta Geologica e Geomorfologica). Oltre all'individuazione dei tipi di morfemi che interessano le varie aree esaminate, vengono anche definite, ove ritenuto in questa fase necessario, le modalità di intervento per la riduzione del rischio.

Ogni area interessata dalla presenza di morfemi legati a fenomeni di dissesto è indentificata da una lettera che fa riferimento alla relativa scheda contenuta in questo documento.

La scheda descrive i caratteri geologico-litologici essenziali, definisce la tipologia di dissesto e le tipologie di intervento più adeguato da mettere in atto per la mitigazione del rischio o da demandare alle risultanze del monitoraggio laddove, nella fase attuale, non si rilevino condizioni tali da suggerire un intervento immediato. Nel paragrafo "Interferenze" vengono, inoltre, indicate eventuali sovrapposizioni tra le criticità individuate definita nella cartografia geomorfologica e gli interventi di sistemazione infrastrutturale progettati da ENEL.

Si premette che, in tutte le aree trattate, anche laddove non specificatamente indicato, è raccomandata un'azione di sorveglianza e controllo periodico per la verifica dello stato dei luoghi. Questo consentirà di verificare sul campo l'evoluzione geomorfologica dei siti e pianificare tempestivamente eventuali interventi ad oggi non ritenuti strettamente necessari. La periodicità di questi controlli dovrà essere calibrata sito per sito in funzione delle evoluzioni e progressioni eventuali dei fenomeni che dovessero rendersi evidenti nonché delle destinazioni d'uso previste per le aree. Non si potrà comunque eccedere un periodo di tempo corrispondente all'intervallo tra le due con maggiori piovosità medie mensili, pertanto, come riferimento generale si possono individuare i periodi tra la fine dell'autunno/inizio inverno (tra il 15 dicembre e il 15 gennaio) e la fine della primavera/inizio estate (15 maggio – 15 giugno). I due sopralluoghi periodici stagionali dovranno essere integrati da ulteriori controlli da effettuarsi in occasione di eventi piovosi di particolare intensità o durata e in occasione di nevicate anche non straordinarie, con particolare riferimento ai giorni in cui si verifica lo scioglimento del manto nevoso.

La caratterizzazione dei geomateriali rilevati nelle varie aree è sviluppata in un apposito paragrafo, mentre le tipologie di intervento sono descritte in dettaglio nell'Appendice alla presente relazione e richiamate per le singole aree.

 HG TG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 5 of 64 <i>Pagina di</i>

2. TIPOLOGIE DI DISSESTI

Con il termine di frana o fenomeno franoso (movimenti di versante) si intende il movimento di materiale (roccia, detriti o terra) che avviene lungo i versanti.

Appartengono alla categoria dei movimenti di massa, ovvero ai processi morfogenetici caratterizzati dal movimento di materiale lungo i versanti ad opera della forza di gravità.

Nel presente documento le tipologie di dissesto di versante sono classificate secondo i sistemi più diffusi a livello internazionale, con particolare riferimento al sistema di Cruden & Varnes (1996, Figura 1) dove le frane vengono distinte in base alle tipologie di movimento (descritte nei prossimi paragrafi) e alla natura del materiale coinvolto (roccia, detrito o terra).

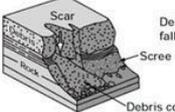
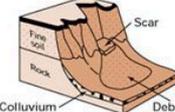
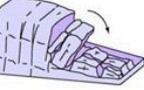
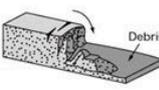
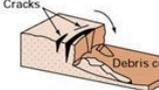
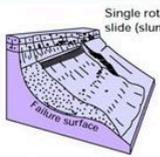
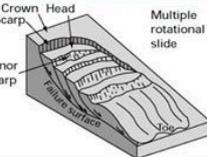
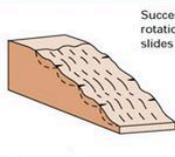
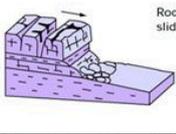
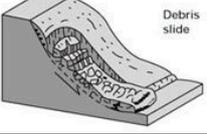
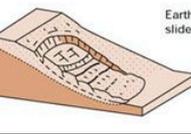
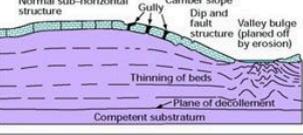
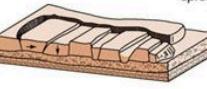
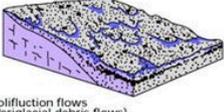
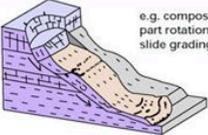
Material	ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLS	 Rock fall Scar Rock Fall (Debris)	 Debris fall Scar Scree Debris cone	 Earth fall Scar Fine soil Rock Colluvium Debris cone
TOPPLES	 Rock topple	 Debris topple Debris cone	 Earth topple Cracks Debris cone
SLIDES	 Single rotational slide (slump) Failure surface	 Crown Head Scarp Minor Scarp Multiple rotational slide Failure surface	 Successive rotational slides
	 Rock slide	 Debris slide	 Earth slide
SPREADS	 Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planned off by erosion) Thinning of beds Plane of décollement Competent substratum e.g. cambering and valley bulging		 Earth spread
FLOWS	 Solifluction flows (Periglacial debris flows)	 Debris flow	 Earth flow (mud flow)
COMPLEX	 e.g. Slump-earthflow with rockfall debris		 e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe

Figura 1 - British Geological Survey, sistema di classificazione di Cruden & Varnes (1996).

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 6 di 64

Nello stereogramma di Figura 2 vengono mostrate le principali tipologie di dissesto che possono combinarsi in sistemi complessi in funzione delle caratteristiche specifiche (geologiche e geomorfologiche) dei versanti interessati.

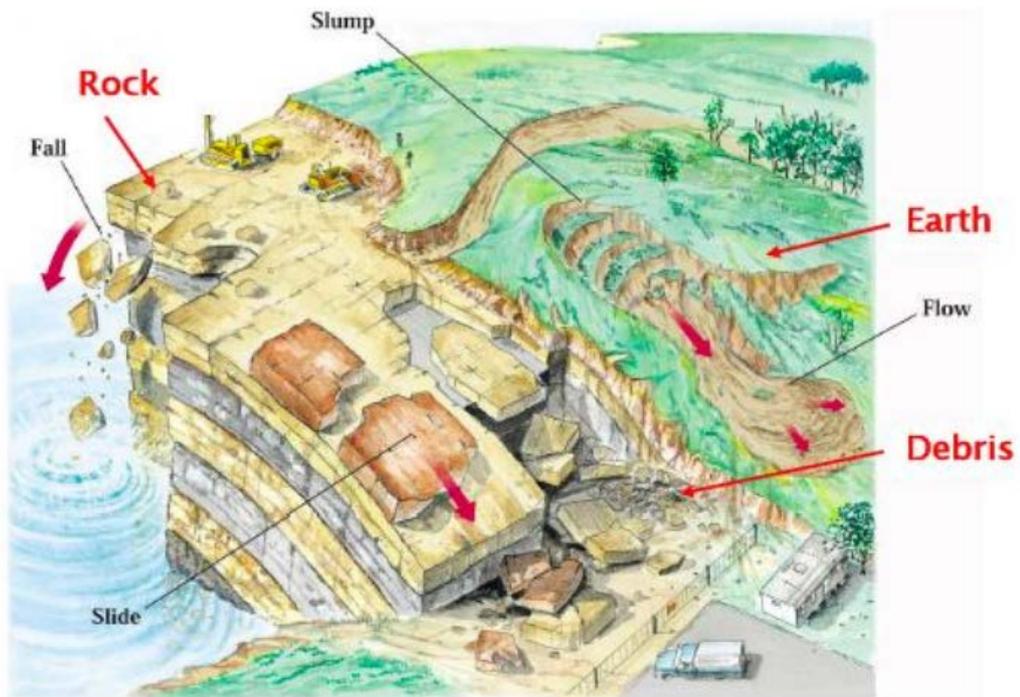


Figura 2 - Tipologie di dissesti.

In Figura 3 è riportata la nomenclatura delle varie parti di un movimento franoso.

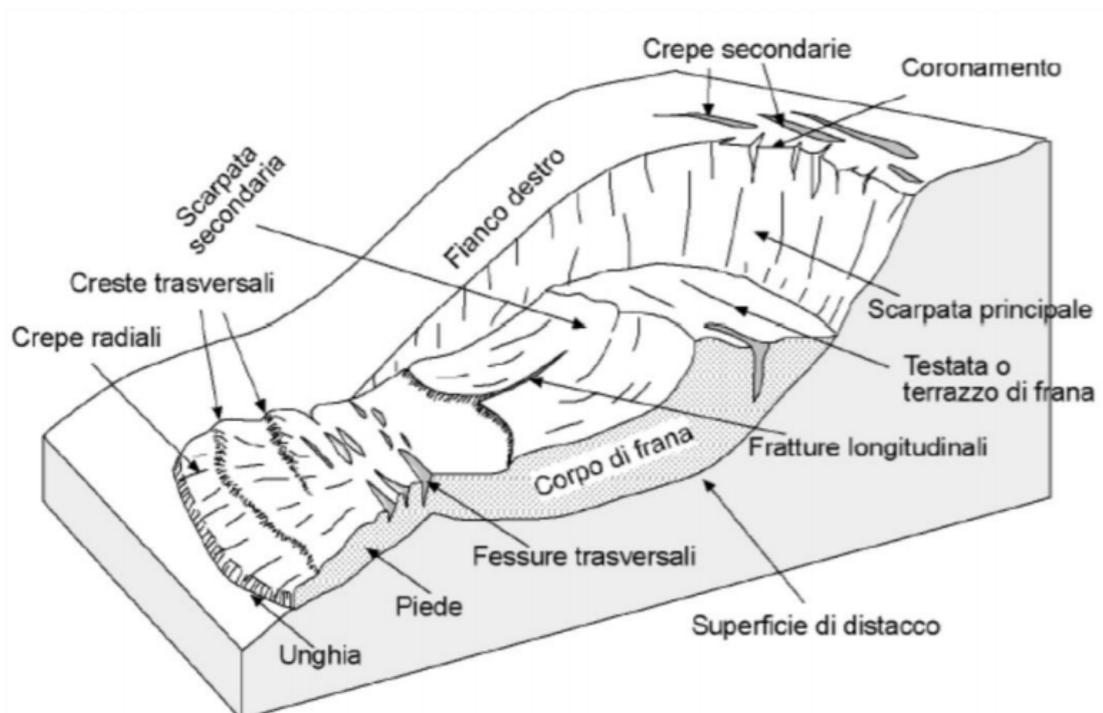
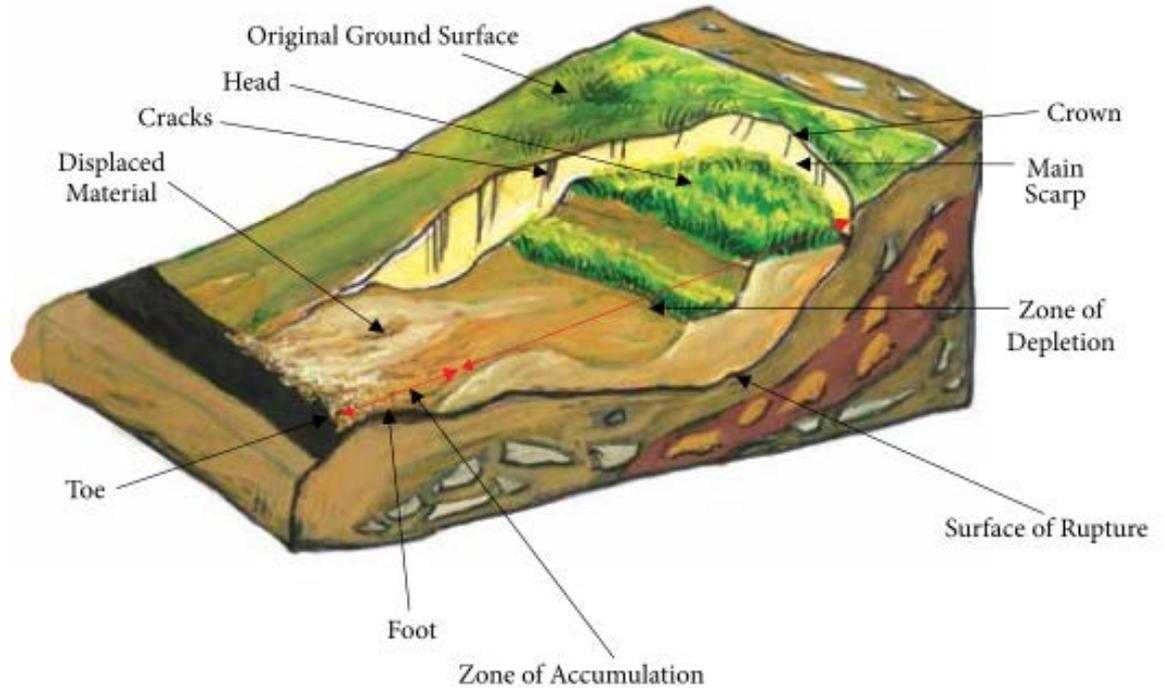


Figura 3 - Elementi morfologici di un'area di frana.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 8 of 64 <i>Pagina di</i>

2.1 SCORRIMENTO

I fenomeni di scivolamento planare si verificano sia in roccia sia in terreno non coesivo e detriti di versante (Figura 4 e Figura 5). Le frane di traslazione implicano un moto quasi lineare verso valle lungo discontinuità strutturali (faglie, giunti) o all'interfaccia substrato roccioso – detrito di copertura.

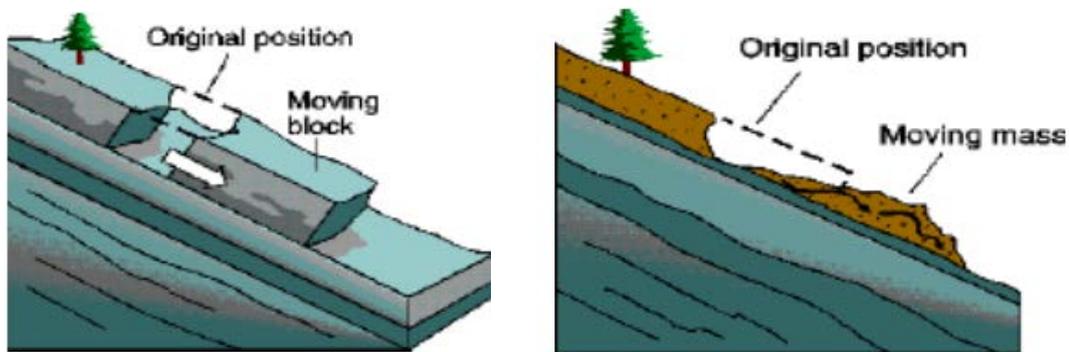


Figura 4 - Translational slides.



Figura 5 - Translational slide.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 9 of 64 Pagina 9 di 64

2.2 FRANE DI SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE O ROTO-TRASLATIVO

I materiali coinvolti in questo tipo di fenomeno sono generalmente terreni coesivi e rocce tenere. Le superfici di scivolamento sono di tipo circolare (Figura 6, Figura 7, Figura 8). La superficie di rottura coincide generalmente con un livello di debolezza preesistente ed il fenomeno può essere innescato da eventi meteorici intensi, dall'applicazione di sovraccarichi sul pendio, da sollecitazioni sismiche o dallo scalzamento al piede.

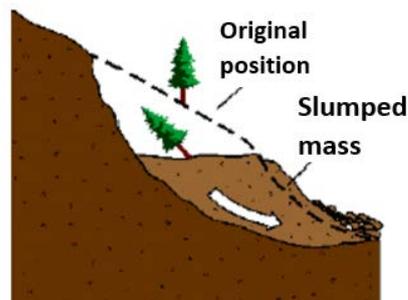


Figura 6 - Frana roto-traslattiva

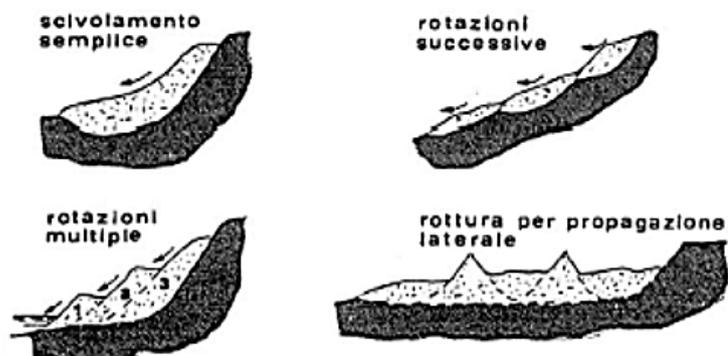


Figura 7 - Tipi di frane roto-traslattive.



Figura 8 - Rotational slide.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 10 di 64

2.3 FRANE DI CROLLO

Fenomeni che coinvolgono generalmente roccia e raramente detriti e terreni parzialmente cementati. Il movimento avviene per distacco e caduta di una massa di materiale da un pendio molto ripido o da una scarpata (Figura 9a). Il materiale scende in caduta libera finché non raggiunge il versante: dopo l'impatto, il moto prosegue per rimbalzi e/o rotolamenti (Figura 9c). La cinematica dell'evento è veloce e, di conseguenza, il fenomeno è caratterizzato da un'elevata pericolosità ed una notevole capacità distruttiva.

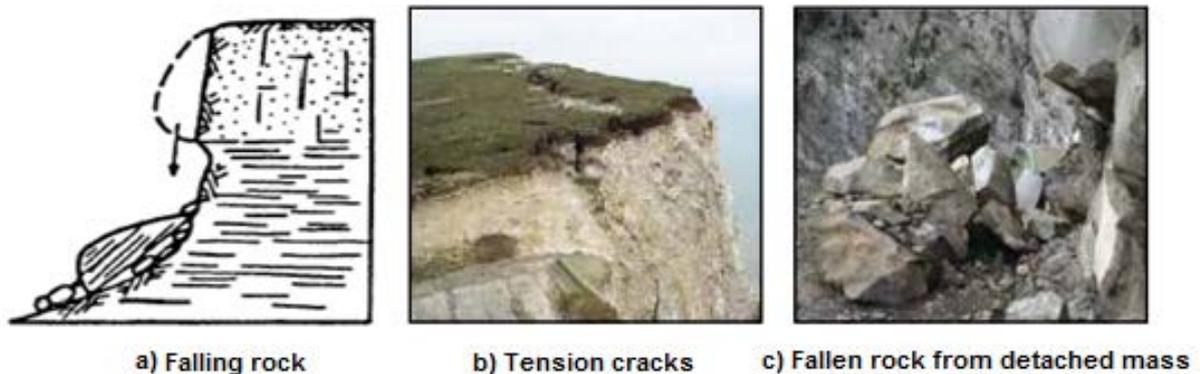


Figura 9 a, b, c – Frane di crollo, tension cracks e massi staccati per crollo.

2.4 FRANE PER RIBALTAMENTO

Movimento tipico degli ammassi rocciosi, dovuto a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione, posto al di sotto del baricentro della massa interessata (Figura 10). Può evolvere in un crollo o in uno scorrimento. L'effetto dell'acqua all'interno della massa rocciosa fratturata non va sottovalutato. La formazione di ghiaccio nelle crepe e fessure può impedire la naturale filtrazione dell'acqua e generare forze tali da creare spaccature profonde anche in rocce compatte.

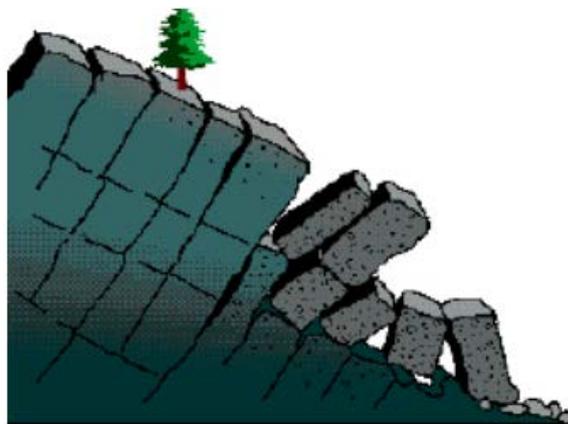


Figura 10 - Toppling

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 11 <i>di</i> 64

2.5 FRANE COMPLESSE

Molto spesso i movimenti di un pendio sono la combinazione di uno o più dei principali tipi di movimenti descritti in precedenza (Figura 11). Fenomeni complessi di instabilità possono essere quelli in cui la massa in movimento è soggetta in una sua parte ad un tipo di movimento ed in un'altra parte ad un altro tipo di movimento, o quello in cui una massa instabile passi da un tipo di movimento ad un altro tipo durante il suo percorso.

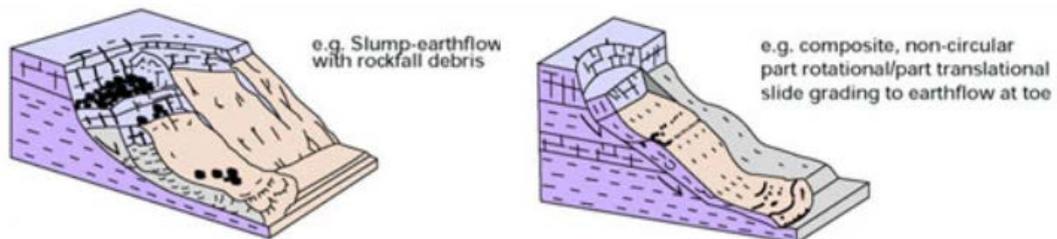


Figura 11 - Frane complesse secondo Rudes & Varnes (1996).

2.6 INDIVIDUAZIONE DELLE CAUSE DEL MOVIMENTO

Causa	Fenomeno	Motivi possibili
Aumento sollecitazioni	Azioni naturali	Erosione
	Azioni antropiche	Azioni sismiche
Diminuzione resistenza	Aumento pressioni neutre	Spinte acqua, congelamento
		Scavi
	Variazione parametri resistenza	Sovraccarichi
		Eventi meteorici
	Aumento pressioni neutre	Escursioni falda
	Variazione parametri resistenza	Variazioni condizioni idrauliche
		Rocce ⇒ alterazione
		Terreni fini ⇒ degradazione (rigonfiamento, softening, rottura progressiva, creep)

Tabella 1 – Cause predisponenti e/o scatenanti di una frana.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 12 di 64

2.7 STATI DI ATTIVITÀ DI UN PENDIO E CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DI UN PENDIO

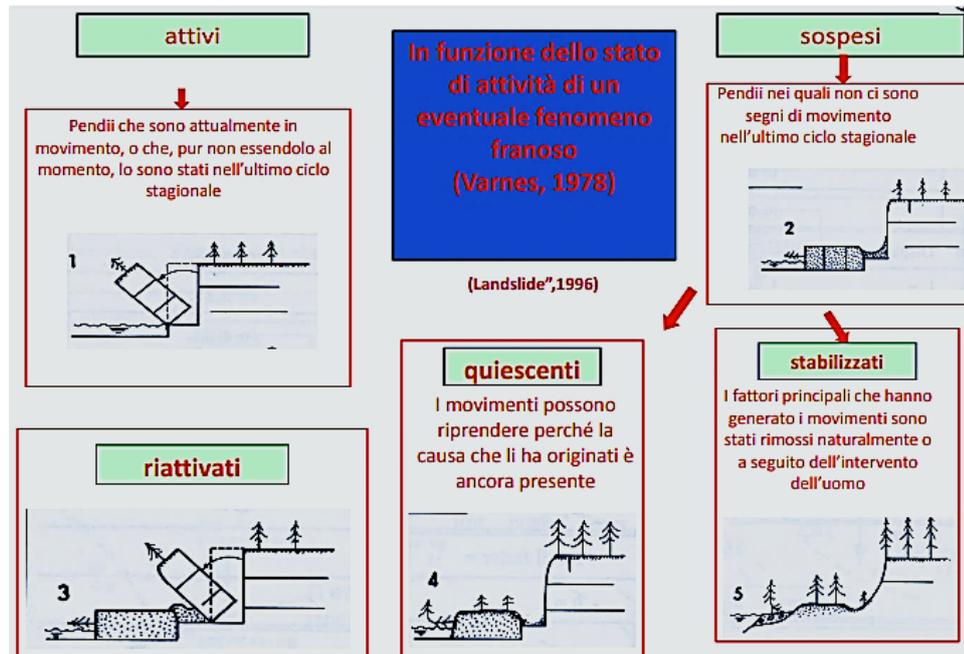


Tabella 2 – Schema degli stati di attività di una frana secondo la rappresentazione di Varnes (1976).

La scelta delle caratteristiche di resistenza è influenzata dal grado di attività del pendio (e.g., possibilità di fenomeni di rottura progressiva in Figura 12 e Figura 13).

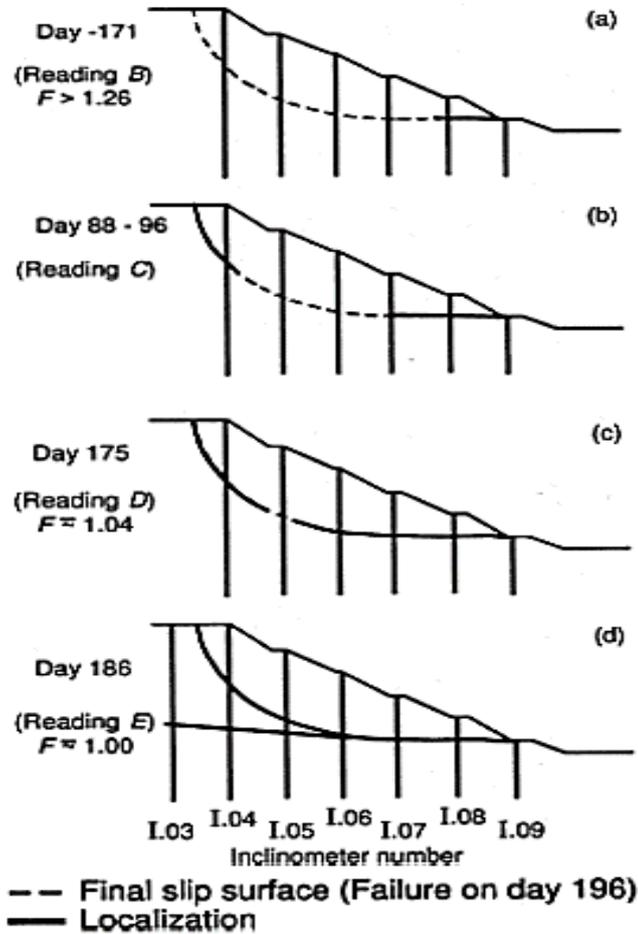


Figura 12 - Variazioni del Fattore di sicurezza F nel tempo.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 14 di 64

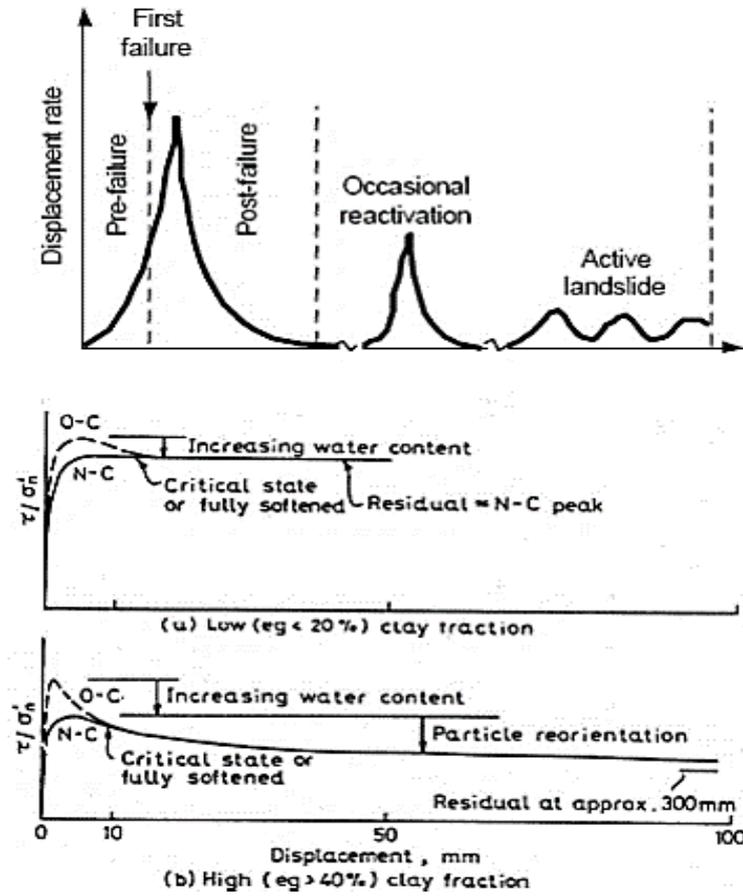


Figura 13 - Caratteristiche di resistenza e grado di attività del pendio.

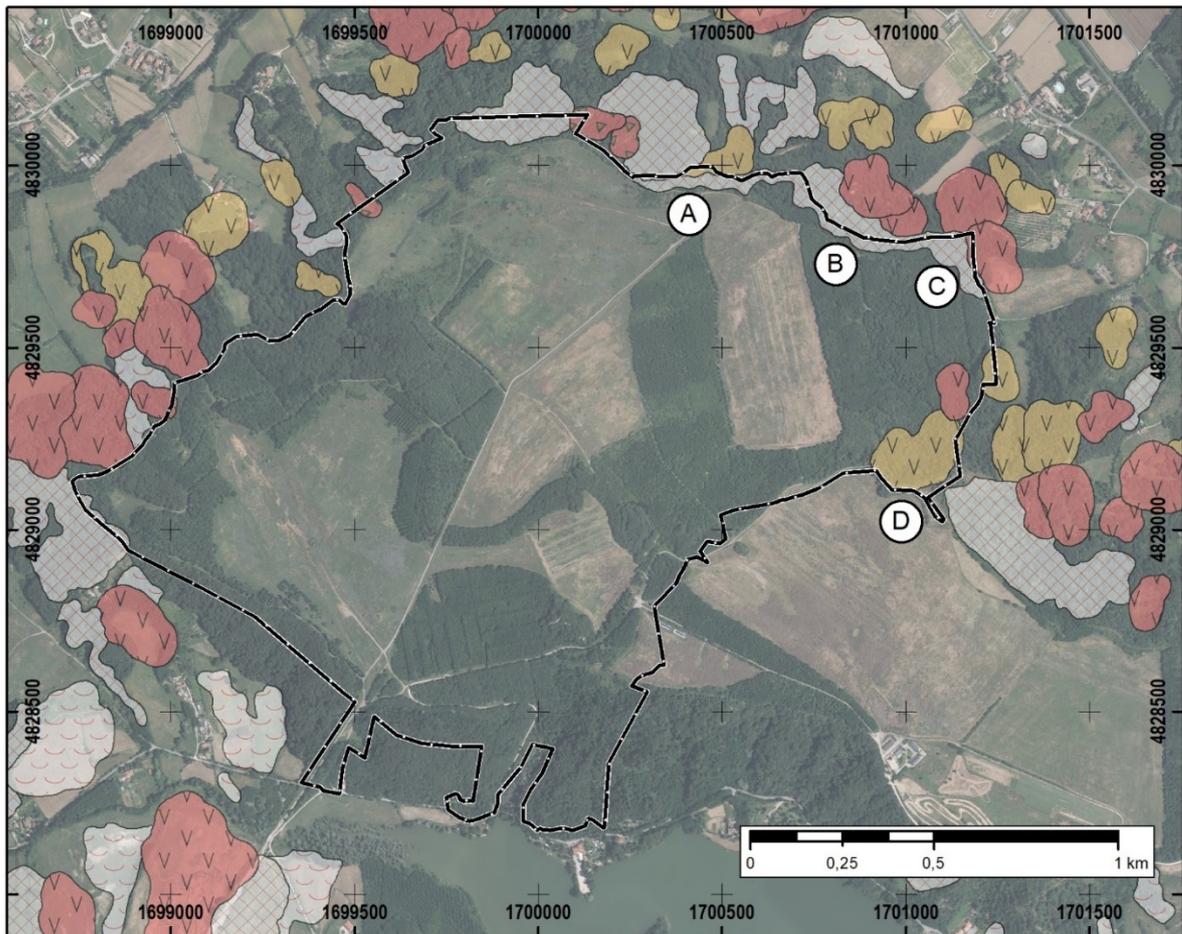
2.8 FALDA

Per quanto concerne la falda nelle aree soggette a fenomeni gravitativi minori, questa è estremamente variabile. Comunque, nei periodi di morbida generalmente i terreni nei primi metri sono saturi.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 15 of 64 <i>Pagina di</i>

3. SCHEDE DELLE AREE IN DISSESTO

Nell'ambito del territorio del Lotto C la perimetrazione PAI dei processi geomorfologici che inducono condizioni di pericolosità permette di individuare 4 aree critiche identificate con le lettere A-B-C e D in Figura 14. Queste aree sono trattate in dettaglio nelle schede che seguono.



Legenda

 Limite di Macrolotto	 R3 - Frane di colata rapida - attive
 DS - Aree potenzialmente instabile per deformazioni superficiali	 S3 - Frane di scivolamento e colata lenta - attive
 F - Franosità diffusa e franosità superficiale attiva	 S2 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive potenzialmente instabili

Figura 14 - Ubicazione delle aree interessate dagli interventi minori A-D nell'ambito del Lotto C.

Per la caratterizzazione geomorfologica di dettaglio dei dissesti minori nell'ambito del Lotto C si rimanda alla Tavola Geomorfologica fuori testo (elab. PBSMA2013701).

Per ogni area è stata redatta una scheda descrittiva che comprende geologia e litologia del sito, caratteristiche del fenomeno geomorfologico, indicazioni del monitoraggio, se presente e, ove ritenuto necessario, la tipologia di interventi da mettere in atto per la riduzione del rischio geomorfologico.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 16 of 64 <i>Pagina di</i>

3.1 AREA A – VINCESIMO 1

3.1.1 Geologia

Sabbie di Levane, Sabbie di Borro Cave, depositi di riporto.

3.1.2 Tipologia del dissesto

A nord della discarica di Vinesimo in corrispondenza dell'appoggio dei terreni di riporto sul versante naturale si osservano evidenze di fenomeni di erosione accelerata a spese dei terreni naturali, rappresentati dalle Sabbie di Borro Cave e le Sabbie di Levane di età pleistocenica. Il versante preesistente alle attività minerarie presenta in questo tratto una pendenza piuttosto accentuata trovandosi in prossimità del crinale morfologico e, per quanto il manto boschivo continuo eserciti un'efficace azione di protezione dall'erosione, si innescano piccoli fenomeni di frane superficiali con scalzamento degli apparati radicali e formazione di scarpate con altezza di 1-1,5 metri al massimo (Figura 15, Figura 16, Figura 17).



Figura 15 - Affioramento di Sabbie di Borro Cave messo a nudo dall'erosione accelerata del suolo per processi di franosità diffusa, area nord della discarica di Vinesimo.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 17 of Pagina di 64



Figura 16 - Fenomeni erosivi con piccole frane superficiali e scalzamento degli apparati radicali che interessano i terreni naturali (Sabbie di Borro Cave) ai margini della discarica di Vincesimo.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 18 of 64 <i>Pagina di</i>



Figura 17 - Raccordo tra riporto minerario e Sabbie di Levane con sviluppo di scarpata di erosione da regolarizzare.

Questi fenomeni sono identificati come franosità diffuse ed inserite nel Piano Assetto Idrogeologico Dissesti Geomorfologici in classe di pericolosità PF4 con codice vincolo 48052V531 (Figura 18).

In generale trattasi di un fenomeno endemico di queste aree che si manifesta diffusamente laddove la pendenza dei versanti risulta più accentuata e trova nelle forme a balza l'espressione più caratteristica ed estrema. Nel caso specifico trattasi di erosioni e piccole frane superficiali su un versante con estensione di 5-10 metri e pendenza di circa 40° che solo localmente mostra caratteri di verticalità.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

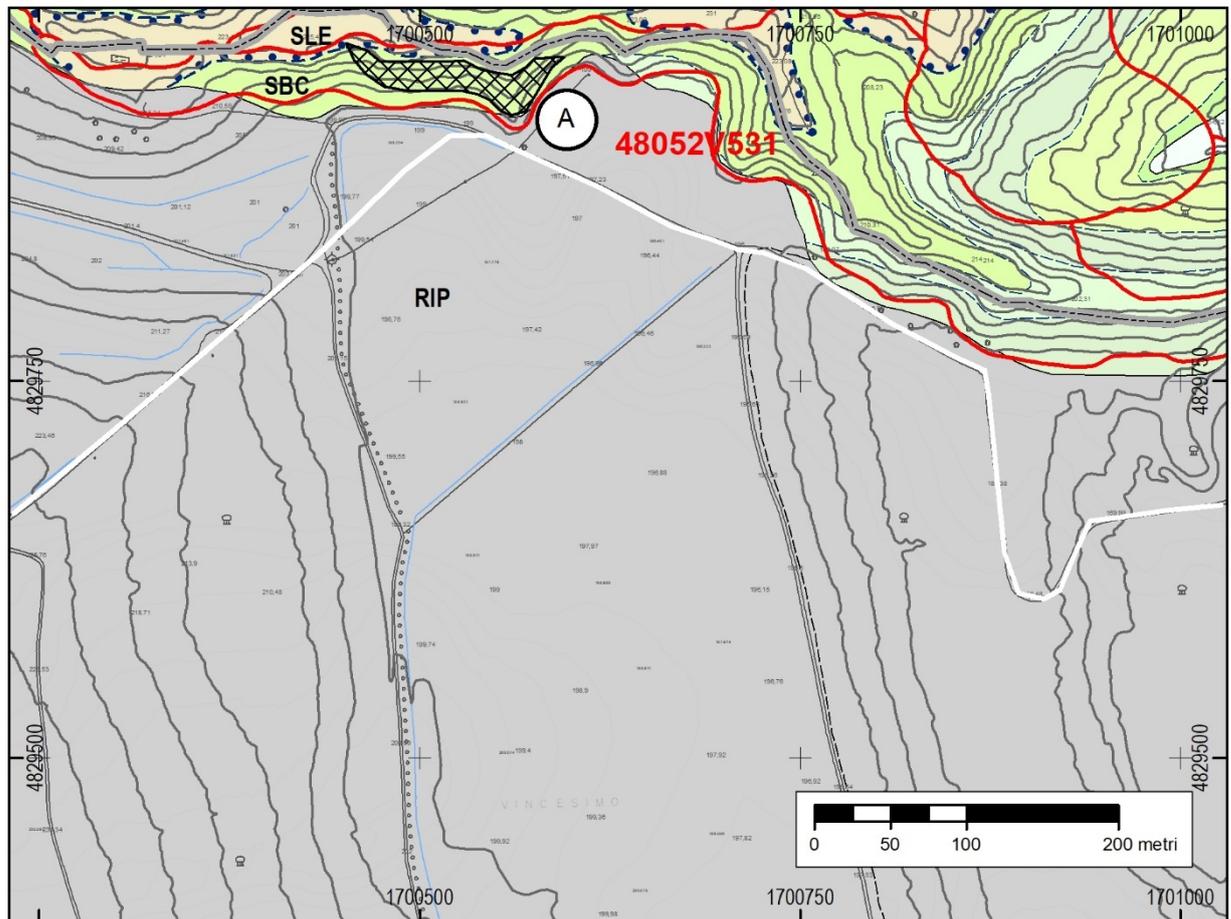


Figura 18 – Aree dell'intervento A; geologia e poligoni PAI classificati in PF4. In bianco è riportata la strada di progetto. L'area con reticolo nero rappresenta la zona dei possibili interventi di mitigazione.

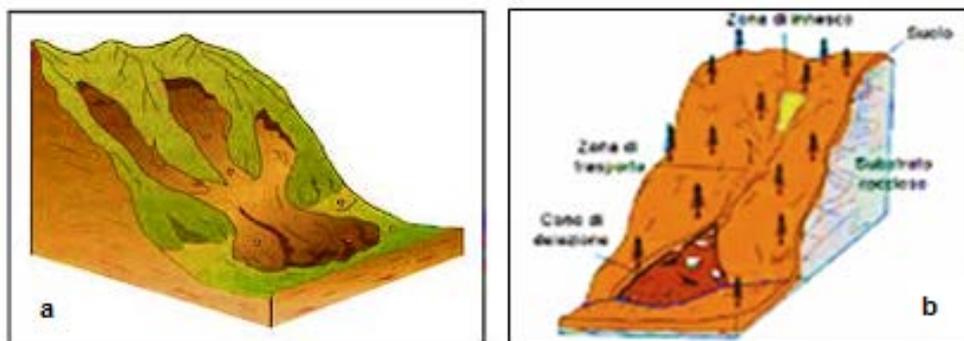


Figura 19 - Modelli di soliflusso e colamenti superficiali.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina di 64

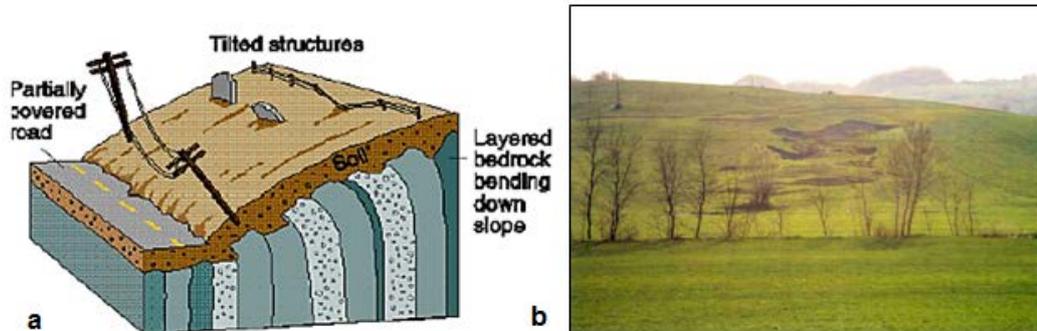


Figura 20 - **a** Schema di Soliflusso; **b** Colamento superficiale.

3.1.3 Monitoraggio

Data la natura dei fenomeni e le condizioni di pericolosità indotte che non destano alcuna preoccupazione, non sono stati installati sistemi di monitoraggio.

3.1.4 Interferenze

Le aree individuate sono vicine ad un tratto di strada di progetto in corrispondenza delle progressive 4+425 e 4+500. La strada (rappresentata in bianco nella Figura 18) non interferisce direttamente con gli areali individuati per i fenomeni erosivi.

3.1.5 Interventi (ca. 0.12 ha)

- Controllo e sorveglianza

In questa sarà svolta un'attività di sorveglianza con cadenza semestrale ed a seguito di eventi straordinari (come incendi, piogge intense, nevicate, siccità prolungata ecc.). Tale attività verrà svolta in futuro dagli appaltatori delle attività di monitoraggio e sorveglianza.

In questo sito ad oggi non sussistono condizioni di rischio geomorfologico tali da richiedere un intervento immediato, tuttavia, si suggeriscono di seguito le opere di mitigazione più adeguate da prevedere in funzione delle caratteristiche del luogo, dei processi che saranno evidenziati a seguito delle risultanze del periodo di sorveglianza e dell'interferenza con la strada di progetto.

- Riprofilature e sistemi antierosivi

Per contrastare i fenomeni erosivi, limitatamente alle aree soggette all'erosione, dovranno essere messi in atto interventi di minimizzazione del rischio quali regolarizzazione morfologica limitata alle scarpate più acclivi (A1, A2, A3, A4), fascinature (B1f) o gradonature vive (B1e) ed eventuali inerbimenti/piantumazioni (B1c, B1d). In aggiunta potranno essere previste opere di protezione dall'erosione quali georeti o biostuoie (B1b) ed interventi per la regimazione delle acque di ruscellamento superficiali quali canalette (B2a), fossi di guardia (B2b).

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 21 di 64

3.2 AREA B – VINCESIMO 2

3.2.1 Geologia

Sabbie di Borro Cave, Argille dell'Ascione, depositi di riporto.

3.2.2 Tipologia di dissesto

L'area B è individuata circa 250 metri a sudest dell'area A, sempre lungo il margine nord della discarica di Vincesimo. Anche in questo caso si tratta di un'area di erosione accelerata su terreni sabbiosi e argillosi disposti lungo un versante naturale al contatto con i riporti minerari. Localmente il versante presenta acclività molto accentuate dando luogo a piccole frane e fenomeni erosivi accentuati.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 22 <i>di</i> 64



Figura 21 – Fenomeni di erosione e frane localizzate nell'area B in un tratto a forte pendenza.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 23 di 64

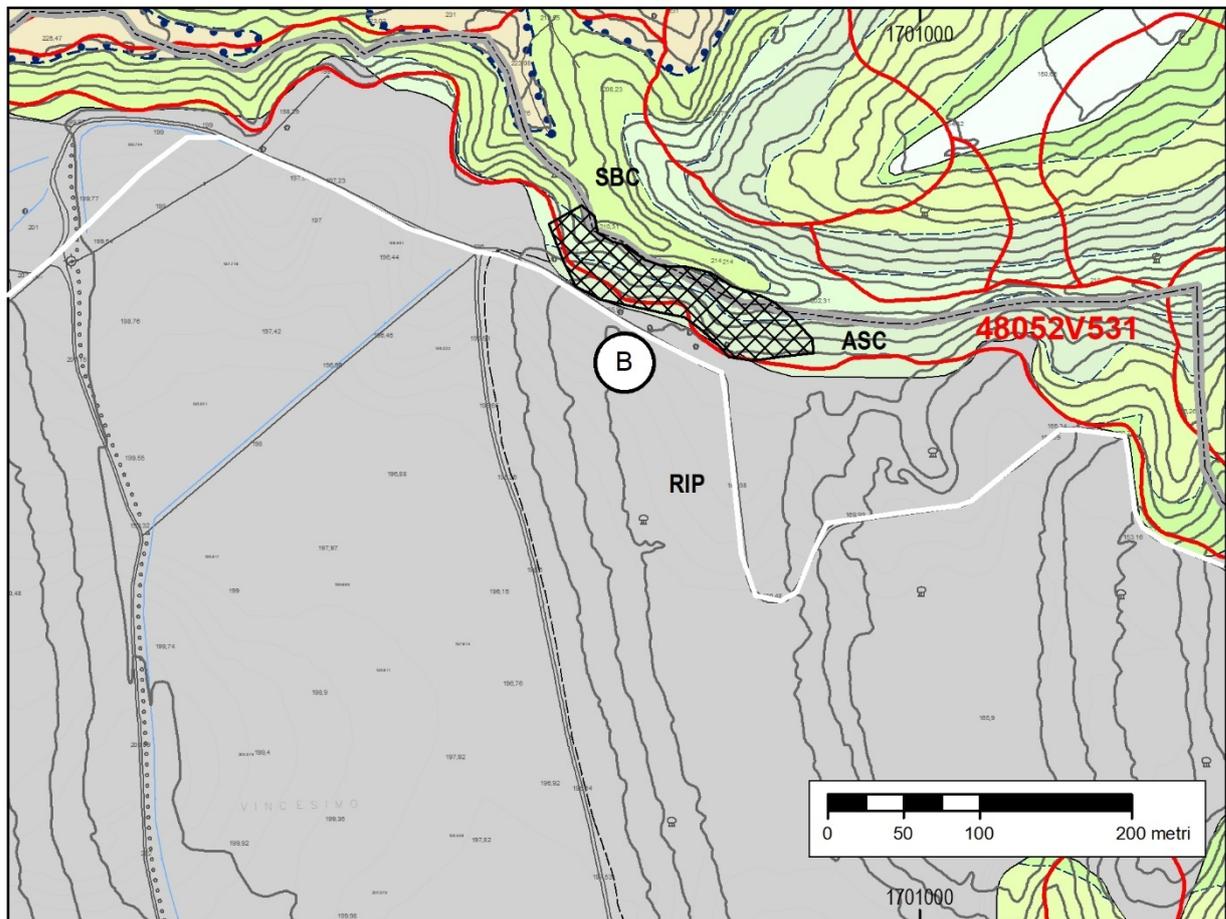


Figura 22 - Aree dell'intervento B; geologia e poligoni PAI classificati in PF4. In bianco è riportata la strada di progetto. L'area con reticolo nero rappresenta la zona dei possibili interventi di mitigazione.

3.2.3 Monitoraggio

Data la natura dei fenomeni e le condizioni di pericolosità indotte che non destano particolare preoccupazione, non sono stati installati sistemi di monitoraggio.

3.2.4 Interferenze

Le aree individuate sono prossime ad un tratto di strada di progetto, in corrispondenza delle progressive 4+700 e 4+825. La strada (rappresentata in bianco nella Figura 22) non interferisce direttamente con gli areali individuati per i fenomeni erosivi ma vi corre al piede con minima distanza di sicurezza.

Il trasporto di materiale al piede del versante provoca l'interrimento della canaletta con conseguenti fenomeni di ristagno a monte (Figura 23).

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 24 di 64



Figura 23 – Ristagno di acqua dovuto all'interrimento della canaletta a valle.

3.2.5 Interventi (ca. 0.1 ha)

- Controllo e sorveglianza

In questa sarà svolta un'attività di sorveglianza con cadenza semestrale ed a seguito di eventi straordinari (come incendi, piogge intense, nevicate, siccità prolungata ecc.). Tale attività verrà svolta in futuro dagli appaltatori delle attività di monitoraggio e sorveglianza.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 25 <i>di</i> 64

In questo sito ad oggi non sussistono condizioni di rischio geomorfologico tali da richiedere un intervento immediato, tuttavia, si suggeriscono di seguito le opere di mitigazione più adeguate da prevedere in funzione delle caratteristiche del luogo, dei processi che saranno evidenziati a seguito delle risultanze del periodo di sorveglianza e dell'interferenza con la strada di progetto. Quest'ultimo aspetto assume particolare rilevanza poiché la strada ed il relativo fosso che corre parallelo andranno ad interferire con le porzioni più avanzate del versante essendo lo spazio disponibile relativamente ristretto.

- Riprofilature e sistemi antierosivi

Per contrastare i fenomeni erosivi, limitatamente alle aree soggette all'erosione, dovranno essere messi in atto interventi di minimizzazione del rischio quali regolarizzazione morfologica limitata alle scarpate più acclivi (A1, A2, A3, A4), fascinature (B1f) o gradonature vive (B1e) ed eventuali inerbimenti/piantumazioni (B1c, B1d). In aggiunta potranno essere previste opere di protezione dall'erosione quali georeti o biostuoie (B1b) ed interventi per la regimazione delle acque di ruscellamento superficiali quali canalette (B2a), fossi di guardia (B2b).

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 26 <i>di</i> 64

3.3 AREA C – VINCESIMO 3

3.3.1 Geologia

Argille dell'Ascione, Limi di Terranuova, Sabbie di Palazzetto, depositi di riporto.

3.3.2 Tipologia di dissesto

Proseguendo ancora 250 metri in direzione sudest si trova l'area C, sempre lungo il margine nord della discarica di Vinesimo (Figura 25).

Anche in questo caso si tratta di un'area di erosione accelerata su terreni argillosi e sabbiosi disposti lungo un versante naturale al contatto con i riporti minerari. Localmente il versante presenta acclività molto accentuate dando luogo a piccole frane superficiali e fenomeni erosivi accentuati (Figura 24).

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina di 64



Figura 24 – Scarpate ed erosioni concentrate lungo le porzioni più acclivi del versante nell'area C.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 28 di 64

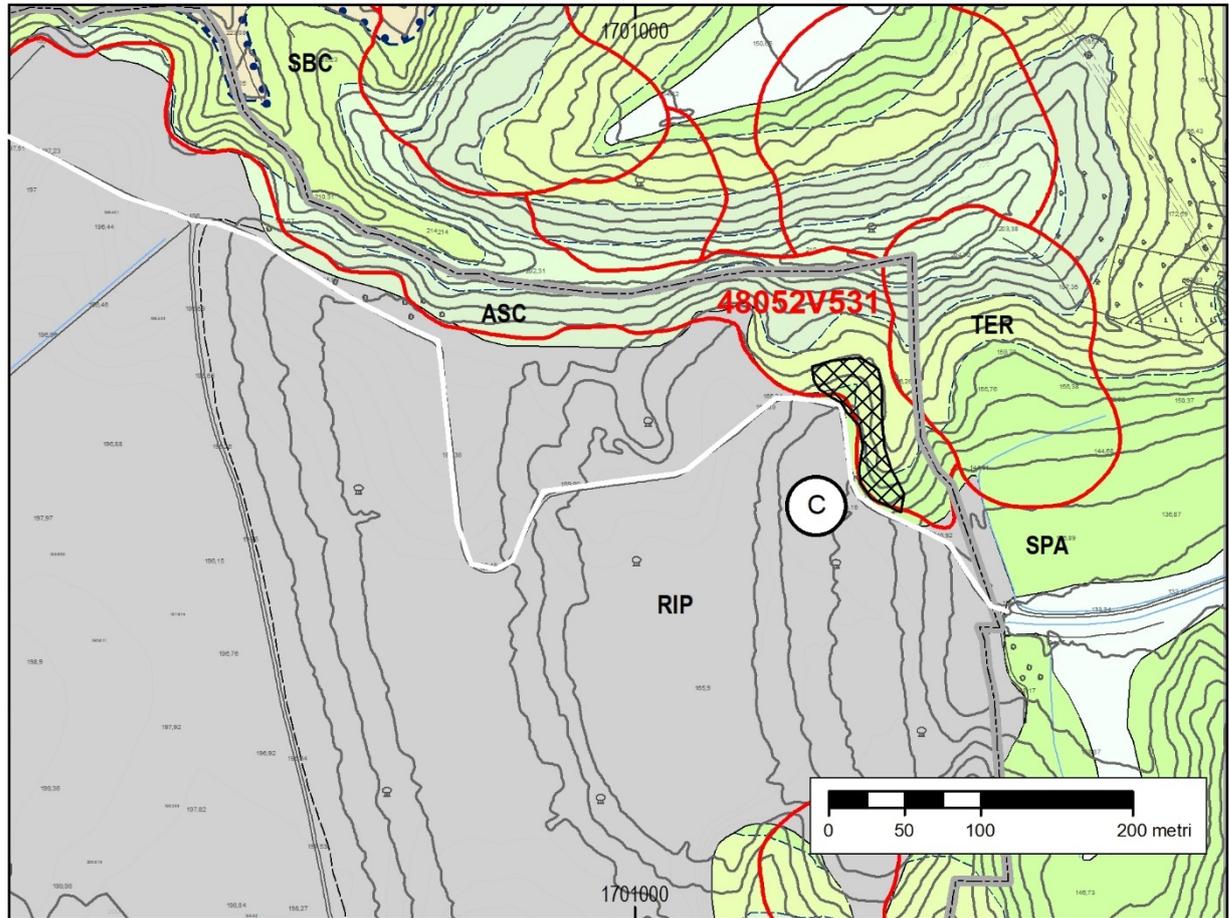


Figura 25 - Aree dell'intervento C; geologia e poligoni PAI classificati in PF4. In bianco è riportata la strada di progetto. L'area con reticolo nero rappresenta la zona dei possibili interventi di mitigazione.

3.3.3 Monitoraggio

Data la natura dei fenomeni e le condizioni di pericolosità indotte che non destano particolare preoccupazione, non sono stati installati sistemi di monitoraggio.

3.3.4 Interferenze

Le aree individuate sono prossime ad un tratto di strada di progetto, in corrispondenza delle progressive 5+250 e 5+350. La strada (rappresentata in bianco nella Figura 25) non interferisce direttamente con gli areali individuati per i fenomeni erosivi ma vi corre al piede con minima distanza di sicurezza (Figura 26).

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina di 64



Figura 26 – Viabilità esistente, corrispondente al tracciato della strada di progetto. Si noti la vicinanza della scarpata di destra rispetto alla sede stradale che dovrà essere protetta, pertanto, dalla possibile invasione di materiale trasportato.

3.3.5 Interventi (ca. 0.2 ha)

- Controllo e sorveglianza

In questa sarà svolta un'attività di sorveglianza con cadenza semestrale ed a seguito di eventi straordinari (come incendi, piogge intense, nevicate, siccità prolungata ecc.). Tale attività verrà svolta in futuro dagli appaltatori delle attività di monitoraggio e sorveglianza.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 30 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 64

In questo sito ad oggi non sussistono condizioni di rischio geomorfologico tali da richiedere un intervento immediato, tuttavia, si suggeriscono di seguito le opere di mitigazione più adeguate da prevedere in funzione delle caratteristiche del luogo, dei processi che saranno evidenziati a seguito delle risultanze del periodo di sorveglianza e dell'interferenza con la strada di progetto. Quest'ultimo aspetto assume particolare rilevanza poiché la strada ed il relativo fosso che corre parallelo andranno ad interferire con le porzioni più avanzate del versante essendo lo spazio disponibile relativamente ristretto.

- Riprofilature e sistemi antierosivi

Per contrastare i fenomeni erosivi, limitatamente alle aree soggette all'erosione, dovranno essere messi in atto interventi di minimizzazione del rischio quali regolarizzazione morfologica limitata alle scarpate più acclivi (A1, A2, A3, A4), fascinature (B1f) o gradonature vive (B1e) ed eventuali inerbimenti/piantumazioni (B1c, B1d). In aggiunta potranno essere previste opere di protezione dall'erosione quali georeti o biostuoie (B1b) ed interventi per la regimazione delle acque di ruscellamento superficiali quali canalette (B2a), fossi di guardia (B2b).

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 31 of 64 Pagina di

3.4 AREA D – VINCESIMO 4

3.4.1 Geologia

Sabbie di Levane, Sabbie di Borro Cave, Limi e Sabbie del Torrente Oreno.

3.4.2 Tipologia di dissesto

L'area D è identificata nella cartografia PAI come area in frana quiescente e corrisponde al poligono con classe di pericolosità PF3 e codice vincolo 48052V181 (Figura 30).

Questa area corrisponde ad un versante moto acclive che degrada verso nord a partire da una linea di spartiacque su terreno naturale che separa le aree di Vinesimo a nord da quella di Forestello a sud.

In questa zona lo spartiacque ha una quota di circa 225 m s.l.m. e la superficie sommitale della discarica di Forestello, a sud, si trova ad una quota di 218 m s.l.m.. I depositi di riporto della discarica di Vinesimo, invece, si trovano ad una quota molto più bassa (circa 183 m s.l.m.) ed il versante naturale che degrada per oltre 40 metri dallo spartiacque fino ai depositi di riporto di Vinesimo, ha una pendenza molto accentuata specie nella sua porzione sommitale dove le Sabbie di Levane vanno incontro ai naturali processi di smantellamento per diffuse frane superficiali parietali ed erosione idrica concentrata.

Le creste sottili che costituiscono gli spartiacque su questi depositi fluviali del Pleistocene rappresentano ovunque, nel Valdarno superiore, elementi geomorfologici in evoluzione ed hanno dato luogo alla formazione del tipico paesaggio valdarnese delle balze.

Lungo il versante in questione si osservano, pertanto, numerosi fenomeni di franamento del ciglio, con arretramento progressivo dei coronamenti, gradini, fratture di trazione ed aggressione del crinale fino a lambire la strada sterrata che lo percorre e che corrisponde al sentiero CAI n. 101. Si tratta sempre di fenomeni superficiali che si sviluppano attraverso piccole frane di scorrimento o colamento a spese delle sabbie pleistoceniche in prossimità delle creste più acclivi.

Il piede del versante in sostanza appare in condizioni di stabilità che non destano preoccupazioni mentre sul ciglio superiore si sviluppano i fenomeni descritti e documentati nelle fotografie da Figura 27 a Figura 29.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 32 of Pagina di 64



Figura 27 - Ciglio di scarpata sommitale con gradini ed alberi variamente inclinati verso valle o verso monte.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 33 of Pagina di 64



Figura 28 - Orlo di scarpata attivo con frattura di trazione retrostante che isola un elemento destinato a franare comportando l'arretramento del ciglio. Il processo si ripete stagionalmente con continuo arretramento del ciglio di scarpata.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 34 <i>di</i> 64



Figura 29 - Orlo di scarpata con alberi inclinati verso monte e gradino retrostante.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 35 of 64 <i>Pagina di</i>

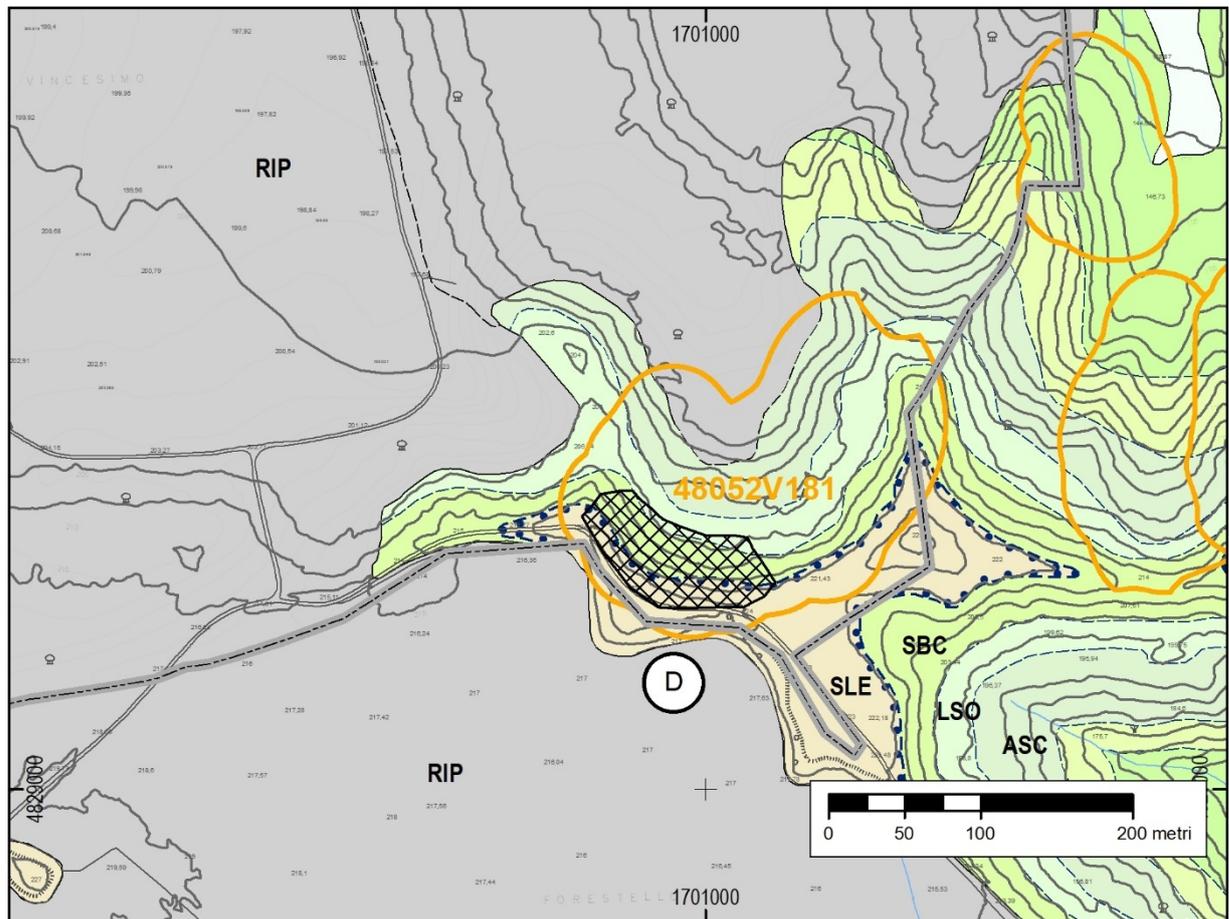


Figura 30 - Aree dell'intervento D; geologia e poligoni PAI classificati in PF3. L'area con reticolo nero rappresenta la zona dei possibili interventi di mitigazione.

3.4.3 Monitoraggio

Data la natura dei fenomeni e le condizioni di pericolosità indotte che non destano particolare preoccupazione, non sono stati installati sistemi di monitoraggio.

3.4.4 Interferenze

Le aree individuate sono prossime ad un tratto di strada che corrisponde al sentiero CAI n. 101.

3.4.5 Interventi (ca. 0.2 ha)

Data la natura endemica dei processi erosivi e di franamento che nulla hanno a che vedere con la creazione delle aree di riporto minerario e che interessano versanti naturali coperti da bosco originario, si ritiene che una normale manutenzione con cura del sottobosco ed una periodica verifica dello stato di conservazione del sentiero di crinale siano azioni sufficienti da svolgere e solo laddove i processi di degradazione arrivassero ad interferire con la viabilità di crinale potranno essere previste opere di ingegneria naturalistica finalizzate alla gestione del

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 36 of 64 <i>Pagina di</i>

ruscellamento e alla mitigazione dei fenomeni di erosione superficiale sempre con l'obiettivo di minimizzare l'impatto sul manto vegetale originario.

Gli interventi possibili corrispondono ai seguenti.

- Controllo e sorveglianza

In questa sarà svolta un'attività di sorveglianza con cadenza semestrale ed a seguito di eventi straordinari (come incendi, piogge intense, nevicate, siccità prolungata ecc.). Tale attività verrà svolta in futuro dagli appaltatori delle attività di monitoraggio e sorveglianza.

In questo sito ad oggi non sussistono condizioni di rischio geomorfologico tali da richiedere un intervento immediato, tuttavia, si suggeriscono di seguito le opere di mitigazione più adeguate da prevedere in funzione delle caratteristiche del luogo, dei processi che saranno evidenziati a seguito delle risultanze del periodo di sorveglianza e dell'interferenza con il sentiero CAI esistente.

- Installazione di un sistema di monitoraggio

Si propone l'installazione di n. 3 picchetti di monitoraggio superficiale lungo la viabilità di crinale la cui posizione sarà rilevata tramite GPS con cadenza semestrale. Con questo sistema sarà possibile individuare i fenomeni prodromici di detensionamento che precedono il distacco di porzioni del coronamento con arretramento del ciglio della scarpata e coinvolgimento del sentiero nel fenomeno di dissesto.

- Gradonate e palificate

A valle di un congruo periodo di monitoraggio e dei controlli sarà valutata l'opportunità di eventuali interventi di ingegneria naturalistica quali gradonate vive (B1e), palificate vive di sostegno (B1h) e/o grate vive (B1i) eventualmente accoppiati con sistemi di drenaggio sub-superficiali (cunei filtranti, B3a o interventi similari), canalette e fossi di guardia (B2a, B2b).

Gli interventi saranno realizzati con l'obiettivo di preservare la viabilità di crinale inducendo il minor impatto possibile sul manto boschivo naturale esistente. La lunghezza del tratto di strada su cui prevedere l'intervento è stimata in metri 130.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 37 of 64 <i>Pagina di</i>

4. QUADRO DI SINTESI DEGLI INTERVENTI E CONTROLLI

Si riporta di seguito una tabella di sintesi degli interventi indicati per ogni area individuata, suddivisi tra interventi da attuare e interventi la cui esecuzione andrà valutata a valle di attività di pulizia e di un periodo di sorveglianza/monitoraggio. La tabella riporta altresì le indicazioni sulla periodicità dei controlli visivi dello stato dei luoghi ed i riferimenti alle pericolosità da Piano Assetto Idrogeologico (PAI).

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.



HGTG DESIGN AND EXECUTION

**MINIERA DI SANTA BARBARA
PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE**

**LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE
DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO**

Document
Documento n.

PBSMA21873

REV. 00 02.09.22

Sheet
Pagina **38** of
di **64**

INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO									
ID AREA	DENOMINAZIONE AREA	ESTENSIONE (ha)	PERIODICITA' CONTROLLI VISIVI	DA ATTUARE	DESCRIZIONE INTERVENTI			PERICOLOSITA' ASSETTO IDROGEOLOGICO (Febbraio 2021)	INTERVENTI PROGETTO ENEL
					CODICE INTERVENTO	ATTIVABILITA' SEGUITO DI PULIZIA / SORVEGLIANZA / MONITORAGGIO	CODICE INTERVENTO		
A	Vincesimo 1	0,12	semestrale + eventi eccezionali + eventi nevosi		Regimazione delle acque superficiali Regolarizzazione morfologica Opere di protezione dall'erosione	B2a, B2b A1, A2, A3, A4 B1b, B1c, B1d, B1e, B1f	PF4 con codice vincolo 48052V531	Strada di progetto Fusato - Vincesimo	
B	Vincesimo 2	0,10	semestrale + eventi eccezionali + eventi nevosi		Regimazione delle acque superficiali Regolarizzazione morfologica Opere di protezione dall'erosione	B2a, B2b A1, A2, A3, A4 B1c, B1d	PF4 con codice vincolo 48052V531	Strada di progetto Fusato - Vincesimo	
C	Vincesimo 3	0,20	semestrale + eventi eccezionali + eventi nevosi		Regimazione delle acque superficiali Regolarizzazione morfologica Opere di protezione dall'erosione	B2a, B2b A1, A2, A3, A4 B1c, B1d	PF4 con codice vincolo 48052V531	Strada di progetto Fusato - Vincesimo	
D	Vincesimo 4	0,25	semestrale + eventi eccezionali + eventi nevosi	Monitoraggio superficiale	Regimazione delle acque superficiali Opere di protezione dall'erosione	B2a, B2b, B3a B1e, B1h, B1i	PF3 con codice vincolo 48052V181		

Tabella 3 - Tabella di sintesi degli interventi minori di riduzione del rischio geomorfologico – Lotto C.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 39 of 64 Pagina di

I codici degli interventi sono riassunti nella Tabella 4 e le tipologie di intervento sono illustrate estesamente nell'Appendice che segue.

TIPOLOGIE DI INTERVENTI
• Interventi di regolarizzazione morfologica
A1 Riduzione uniforme della pendenza
A2 Carico di piede
A3 Scarico in testa frana
A4 Gradonatura
• Regimazione delle acque superficiali
B2a Canalette di guardia
B2b Fossi di guardia
• Interventi di drenaggio subsuperficiali
B3a Cunei filtranti
• Opere di protezione dall'erosione
B1b Rivestimento con materiale biodegradabile
B1c Inerbimenti
B1d Piantumazione
B1e Gradonature vive
B1f Fascinate vive
B1h Palificate vive
B1i Grate vive

Tabella 4 - Tabella dei codici degli interventi.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 40 of 64 Pagina di

5. APPENDICE – TIPOLOGIE DI INTERVENTI

Nella presente Appendice verranno descritti in dettaglio gli interventi indicati per le aree in dissesto suddivisi per categorie. I singoli interventi sono identificati con un una sigla che viene richiamato nel testo per l'individuazione della tipologia di intervento suggerita nell'ambito delle aree trattate.

5.1 INTERVENTI DI REGOLARIZZAZIONE MORFOLOGICA

Gli interventi di regolarizzazione morfologica del versante consistono in movimenti di terra aventi lo scopo di eliminare le rotture di pendenza che comportano un aumento localizzato degli sforzi di taglio, le depressioni o le altre forme presenti e che sono sede di ristagno d'acqua e, più in generale, le irregolarità morfologiche più accentuate che determinano disequilibri lungo le pendici trattate.

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche e peculiarità dei più comuni interventi di regolarizzazione dei versanti; tali interventi sono elencati nella Tabella 5.

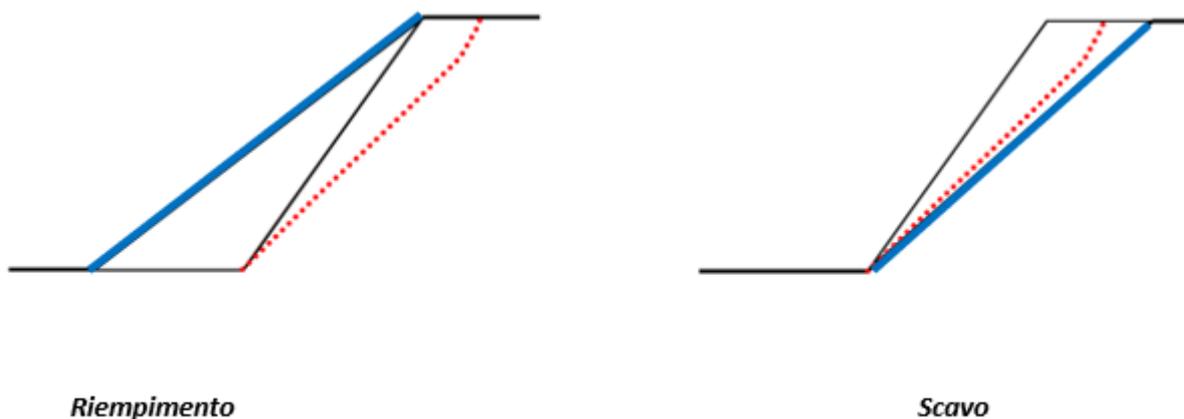
A REGOLARIZZAZIONE MORFOLOGICA DEL VERSANTE		ROCCIA		TERRA		DETRITO
		SCIVOLAMENTI	CROLLI	SCIVOLAMENTI	COLATE LENTE	COLATE RAPIDE
A1	Riduzione uniforme della pendenza		○	○		
A2	Appesantimento al piede	○		○		
A3	Scarico in testa			○		
A4	Gradonatura		○	○		○

Tabella 5 – Interventi di regolarizzazione morfologica del versante.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 41 <i>di</i> 64

5.1.1 Riduzione uniforme della pendenza (A1)

L'azione si esplica attraverso operazioni di scavo o riporto (Figura 31).



In rosso la superficie di scivolamento, in azzurro il profilo finale.

Figura 31 - Riempimento e scavo.

Indicazioni progettuali

Nella realizzazione di questo tipo di intervento devono essere considerate:

1. la resistenza al taglio del materiale costituente il versante e dell'eventuale materiale utilizzato per il riporto;
2. il massimo e minimo livello dell'eventuale falda a tergo del versante;
3. la pendenza limite del versante in relazione alle caratteristiche geotecniche del materiale e all'altezza del pendio.

Una valutazione indicativa della pendenza limite può essere ottenuta facendo ricorso a carte di stabilità (TAYLOR, 1948; HOEK and BRAY, 1981); tuttavia è preferibile approfondire le verifiche di stabilità tramite analisi che considerino oltre a superfici di scivolamento circolari (FELLENIOUS, 1936; TAYLOR, 1948; BISHOP, 1955) anche superfici poligonali (MORGENSTERN & PRICE, 1965; SPENCER, 1967; SARMA, 1979; SEED & SULTAN 1967; JANBU, 1973; ZHANG & CHOWDHURY, 1995).

Manutenzione e precauzioni

L'intervento è di scarsa utilità nel caso di superfici di scivolamento profonde e se applicato solo a porzioni limitate del versante; la stabilizzazione di aree localizzate del versante può difatti favorire il franamento di aree adiacenti (frammento dell'area a valle dell'intervento per incremento del carico in testa oppure di quella a monte per scarico al piede). È necessario raccogliere ed allontanare le acque di ruscellamento superficiale (vedi interventi B2) e garantire il corretto funzionamento del sistema di drenaggio.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina di 64

5.1.2 Carico di piede (A2)

A valle della zona di cerniera si applicano delle masse terrose di peso tale da contrastare il movimento del versante in frana, poste al piede del corpo di frana.

L'applicazione di una massa a valle della zona di cerniera determina un incremento delle forze resistenti lasciando invariate quelle destabilizzanti (Figura 32).

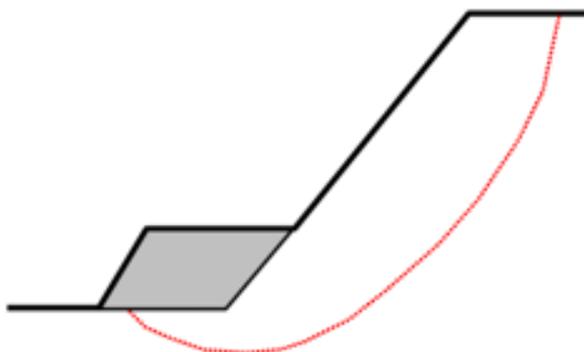


Figura 32 - Carico di piede.

Indicazioni progettuali

Nella realizzazione di questo tipo di intervento devono essere considerate:

1. la ricostruzione della reale superficie di scivolamento;
2. la resistenza al taglio del materiale costituente il versante e dell'eventuale materiale utilizzato per il riporto (nel caso di rilevati in terra o in terra rinforzata);
3. l'entità della massa da applicare al piede (forza resistente aggiuntiva) in relazione al fattore di sicurezza considerato;
4. il massimo e minimo livello dell'eventuale falda a tergo del versante;
5. la valutazione della posizione della linea neutra (HUTCHINSON, 1977, 1984), in condizioni drenate e non.

Il carico dovrà essere applicato a valle della linea neutra riferita alle condizioni non drenate, in maniera tale da incrementare il fattore di sicurezza sia a lungo che a breve termine.

Manutenzione e precauzioni

Un'errata valutazione dell'estensione e della forma della superficie di scivolamento potrebbe portare ad appesantire aree che in realtà dovrebbero essere alleggerite, favorendo l'instabilità, se non dell'intero corpo di frana, almeno della porzione a valle dell'area caricata. È necessaria la presenza di un sistema di raccolta ed allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale (vedi interventi B2), di cui sia garantito il corretto funzionamento.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 43 <i>di</i> 64

5.1.3 Scarico in testa frana (A3)

L'intervento risulta efficace per superfici di scorrimento abbastanza profonde e consiste nella riduzione delle forze destabilizzanti, dunque ben oltre la zona di cerniera che agiscono sul versante in frana. Di fatto, si riduce il peso gravante sulla parte sommitale mediante sbancamento (Figura 33). Il materiale di risulta può essere destinato al carico di piede. Nel caso di superfici di scivolamento complesse possono essere associati tra loro più interventi di scavo e di riporto, a patto di avere una buona conoscenza della superficie di scollamento; un'errata ubicazione dei relativi interventi potrebbe difatti destabilizzare l'intero versante.

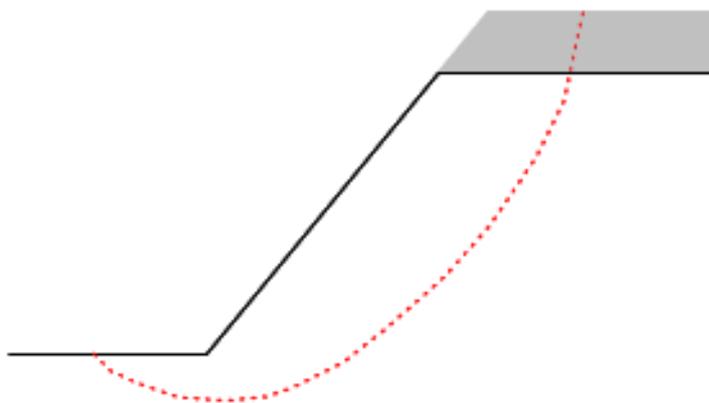


Figura 33 - Scarico di testa.

Indicazioni progettuali

Nella realizzazione di questo tipo di intervento devono essere considerati: 1. la ricostruzione della reale superficie di scivolamento; 2. l'entità della massa da scaricare in testa (forza resistente aggiuntiva), in relazione al fattore di sicurezza considerato; 3. il massimo e il minimo livello dell'eventuale falda a tergo del versante; 4. la valutazione della posizione della linea neutra (HUTCHINSON, 1977; 1984), in condizioni drenate e non. Lo scarico dovrà essere effettuato a monte della linea neutra riferita alle condizioni drenate, in maniera tale da incrementare il fattore di sicurezza sia a lungo che a breve termine; 5. la resistenza al taglio del materiale costituente il versante.

Manutenzione e precauzioni

Un'errata valutazione dell'estensione e della forma della superficie di scivolamento potrebbe favorire l'instabilità della porzione a monte dell'intervento, come conseguenza dello scalzamento al piede. È necessaria la presenza di un sistema di raccolta ed allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale (vedi interventi B2), di cui sia garantito il corretto funzionamento.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 44 <i>di</i> 64

5.1.4 Gradonatura (A4)

L'intervento di gradonatura consiste riduzione generale della pendenza del versante tramite la realizzazione di gradoni, regolarmente spaziat, lungo il pendio.

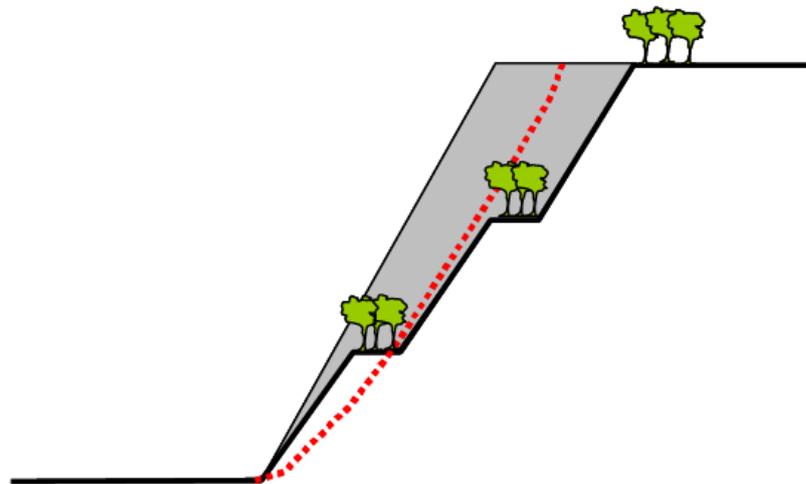


Figura 34 - Sezione esemplificativa di gradonatura.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 45 di 64



Figura 35 - Esempio di stabilizzazione di un versante mediante gradonatura.

Indicazioni progettuali

Nella realizzazione di questo tipo di intervento devono essere considerate:

1. la valutazione dell'altezza e della pendenza dei gradoni in relazione ai parametri consentiti dalle caratteristiche geotecniche dei materiali (resistenza al taglio mobilizzata e, nel caso di pendii in roccia, pendenza limite in relazione a possibili fenomeni di instabilità cinematica).
2. la valutazione della pendenza media consentita per l'intero versante (vedi interventi A1);
3. la resistenza al taglio del materiale costituente il versante.

Manutenzione e precauzioni

Occorre tenere sotto controllo la stabilità dei gradoni durante la loro realizzazione, onde evitare la possibile estensione di eventuali fenomeni di instabilità. È necessario garantire il corretto funzionamento del sistema di regimazione delle acque di ruscellamento, attraverso un complesso di canalette che consenta di allontanare le acque ai piedi di ciascun gradone, convogliandole all'esterno del versante; nel caso di materiali lapidei, quanto detto può essere ottenuto realizzando, con le dovute pendenze, le banchine dei gradoni.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 46 di 64

5.2 OPERE DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE

B INTERVENTI DI DRENAGGIO		ROCCIA		TERRA		DETRITO
		SCIVOLAMENTI	CROLLI	SCIVOLAMENTI	COLATE LENTE	COLATE RAPIDE
B1 OPERE DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE	B1a	Rivestimento con materiale sintetico			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1b	Rivestimento con materiale biodegradabile			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1c	Inerbimenti			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1d	Piantumazione			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1e	Gradonature			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1f	Fascinate			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1g	Viminate e palizzate			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1h	Palificate			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1i	Grate			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B1l	Materassi			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tabella 6 - Tabella degli interventi per la protezione dall'erosione.

5.2.1 Rivestimento con materiale biodegradabile (B1b)

Si tratta di prodotti costituiti in genere da fibre di paglia, cocco, juta, trucioli di legno o altre fibre vegetali. Le loro caratteristiche di atossicità e l'elevata biodegradabilità ne consentono il pressoché totale "assorbimento" nell'ambiente naturale nell'arco di 1-5 anni, con perfetta integrazione ecologica ed estetica. La notevole permeabilità e capacità di ritenzione idrica favoriscono, allo stesso tempo, una rapida crescita della vegetazione. La metodologia di posizionamento sul versante è analoga a quella per i rivestimenti con materiale sintetico (B1a): prima della stesura della "rete", dal solco di monte secondo la direzione di massima pendenza, viene effettuata la semina di sementi e specie erbacee selezionate; la rete viene poi fissata al substrato con picchetti ad U disposti lungo le aree di sovrapposizione laterale tra i rotoli impiegati ed eventualmente anche al centro, in funzione del grado di pendenza del versante. In funzione del materiale, della struttura e delle tecniche costruttive, i rivestimenti con materiale biodegradabile possono essere classificati in bioreti, biofeltri e biostuoie.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina di 64



Figura 36 - Esempi di materiali di rivestimento biodegradabili: a sinistra georete in fibra di juta, al centro biostuoia in paglia ricoperta con materiale plastico fotodegradabile, a destra biostuoia in fibra di cocco ricoperta con materiale plastico fotodegradabile (da REGIONE LIGURIA, 1997).

Le bioreti sono formate da fibre naturali di cocco o juta, assemblate in modo da formare una struttura tessuta aperta e nello stesso tempo deformabile.

In generale, le fibre di cocco presentano una maggiore resistenza alla trazione e alla degradazione rispetto a quelle di juta, che le rende adatte anche ad ambienti particolarmente impervi; d'altro canto, le bioreti a fibre di juta (geojute) presentano un'elevata capacità di ritenzione idrica, pari a circa cinque volte il loro peso, per cui sono ideali nel caso in cui si desideri un rapido sviluppo della vegetazione o in ambienti aridi. I biofeltri sono teli non tessuti ottenuti da fibre vegetali (paglia, cocco, paglia e cocco, trucioli di legno, altre fibre vegetali) sciolte o pressate ed eventualmente abbinati a reti in fibre naturali o sintetiche (fotodegradabili) o a fogli di cellulosa.

Vengono usati per la protezione temporanea dall'erosione di pendii e scarpate trattati con semina, per favorirne l'inerbimento. Le biostuoie sono formate da strati di fibre biodegradabili (paglia, cocco, paglia e cocco, juta, ecc.) dello spessore di circa 10 mm, assemblate in modo da formare una struttura intrecciata, semiaperta, deformabile e molto adattabile al terreno. Il materiale è trattenuto su entrambe le facce da microreti in materiale organico o sintetico (polipropilene) oppure da una microrete e da un foglio di cellulosa sul lato a contatto con il terreno. L'elevata capacità di ritenzione idrica e l'incremento di fertilità derivante dalla loro degradazione, abbinati alla creazione di un microclima ideale, le rendono adatte ad agevolare l'attecchimento e la fase di prima crescita della vegetazione. La durata dei teli varia in funzione del materiale specifico impiegato, della natura del suolo e delle condizioni climatiche locali; in generale le biostuoie in cocco sono più resistenti alla degradazione (1-2 anni), mentre quelle in paglia o juta trattengono meglio l'umidità (rivestimenti antierosivi di pendii in ambiente arido).

Indicazioni progettuali

La scelta della tipologia del materiale da utilizzare dovrà essere fatta con attenzione in relazione alle condizioni climatiche dell'area, alle caratteristiche del terreno, all'entità del massimo deflusso superficiale ed alla valutazione del tempo necessario per l'attecchimento della vegetazione.

Manutenzione e precauzioni

Per le precauzioni vale quanto detto a proposito degli interventi di rivestimento con materiali sintetici (B1a); visto che si tratta sempre di interventi associati a rinverdimento, occorre effettuare questo tipo di sistemazioni nei periodi delle semine.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 48 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 64

5.2.2 Inerbimenti (B1c)

La realizzazione di rivestimenti vegetali è di norma sufficiente a proteggere gli strati più superficiali del terreno dall'azione aggressiva delle acque correnti meteoriche e superficiali, del vento e delle escursioni termiche. In molti casi lo sviluppo di una copertura vegetale naturale è ostacolato dall'instabilità dello strato superficiale del suolo o dalla scarsità di terreno vegetale ed humus, specie sui pendii rocciosi, e dai processi di erosione accelerata. Per vincere la sterilità biologica dei pendii in terra, sono impiegate varie tecniche di semina o di rivestimenti vegetativi (con zolle o tappeti erbosi e/o con materassi e tasche vegetative).

Le tecniche più comuni di inerbimento per semina hanno un ridotto impatto ambientale. Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, dove occorre garantire, oltre all'efficacia tecnico-funzionale anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi.

Indicazioni progettuali

La scelta della tipologia delle miscele da utilizzare dovrà essere fatta con attenzione, in relazione alle condizioni climatiche e morfometriche dell'area ed alle caratteristiche del terreno. È necessario avere una conoscenza del massimo deflusso superficiale possibile e valutare il tempo necessario per l'attecchimento della vegetazione.

Manutenzione e precauzioni

Prima di effettuare l'intervento occorre valutare la possibile presenza di fenomeni franosi profondi, in aggiunta a quelli di natura superficiale, tramite un'attenta indagine geomorfologica dell'area e opportune verifiche di stabilità. Il rinverdimento deve essere preceduto dalla preparazione del terreno da trattare e, in particolare, dalla rimozione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura. I periodi più adatti per effettuare l'idrosemina e il rinverdimento nero-verde sono quelli umidi (autunno e primavera), mentre per la semina il periodo migliore è quello primaverile – estivo; l'inerbimento tramite zolle e tappeti erbosi può essere realizzato in qualsiasi periodo dell'anno, a patto che si impieghino specie rustiche e che le piote erbose vengano utilizzate rapidamente. Per garantire l'efficacia della sistemazione è buona norma, soprattutto nel caso dell'idrosemina, che gli interventi di rinverdimento siano abbinati ad altre tecniche sia di protezione che di regimazione delle acque meteoriche. Inoltre, nel caso di forti pendenze, è consigliabile prima dell'inerbimento aver consolidato il pendio con adeguati rivestimenti (reti, griglie sintetiche o biodegradabili, ecc.).

5.2.3 Inerbimenti (B1c)

La realizzazione di rivestimenti vegetali è di norma sufficiente a proteggere gli strati più superficiali del terreno dall'azione aggressiva delle acque correnti meteoriche e superficiali, del vento e delle escursioni termiche. In molti casi lo sviluppo di una copertura vegetale naturale è ostacolato dall'instabilità dello strato superficiale del suolo o dalla scarsità di terreno vegetale ed humus, specie sui pendii rocciosi, e dai processi di erosione accelerata. Per vincere la sterilità biologica dei pendii in terra, sono impiegate varie tecniche di semina o di rivestimenti vegetativi (con zolle o tappeti erbosi e/o con materassi e tasche vegetative).

Le tecniche più comuni di inerbimento per semina hanno un ridotto impatto ambientale. Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, dove occorre garantire, oltre all'efficacia tecnico-funzionale anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi.

Indicazioni progettuali

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 49 <i>di</i> 64

La scelta della tipologia delle miscele da utilizzare dovrà essere fatta con attenzione, in relazione alle condizioni climatiche e morfometriche dell'area ed alle caratteristiche del terreno. È necessario avere una conoscenza del massimo deflusso superficiale possibile e valutare il tempo necessario per l'attecchimento della vegetazione.

Manutenzione e precauzioni

Prima di effettuare l'intervento occorre valutare la possibile presenza di fenomeni franosi profondi, in aggiunta a quelli di natura superficiale, tramite un'attenta indagine geomorfologica dell'area e opportune verifiche di stabilità. Il rinverdimento deve essere preceduto dalla preparazione del terreno da trattare e, in particolare, dalla rimozione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura. I periodi più adatti per effettuare l'idrosemina e il rinverdimento nero-verde sono quelli umidi (autunno e primavera), mentre per la semina il periodo migliore è quello primaverile – estivo; l'inerbimento tramite zolle e tappeti erbosi può essere realizzato in qualsiasi periodo dell'anno, a patto che si impieghino specie rustiche e che le piote erbose vengano utilizzate rapidamente. Per garantire l'efficacia della sistemazione è buona norma, soprattutto nel caso dell'idrosemina, che gli interventi di rinverdimento siano abbinati ad altre tecniche sia di protezione che di regimazione delle acque meteoriche. Inoltre, nel caso di forti pendenze, è consigliabile prima dell'inerbimento aver consolidato il pendio con adeguati rivestimenti (reti, griglie sintetiche o biodegradabili, ecc.).

5.2.4 Piantumazione (B1d)

La tecnica d'impianto mediante la messa a dimora di piantine arboree e arbustive e/o il trapianto di rizomi o cespi selvatici (Figura 37), avviene di solito in zone dove le caratteristiche di pendenza ed il terreno lo consentono, e dove si richiede un rapido sviluppo della copertura vegetale. Questa tecnica di stabilizzazione dei versanti sfrutta la capacità degli apparati radicali delle piante di legare e consolidare le particelle di terreno sciolto e le capacità di regimazione idrologica derivanti dalla intercettazione delle acque meteoriche e dal prosciugamento dell'acqua superficiale.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 50 of 64 <i>Pagina di</i>

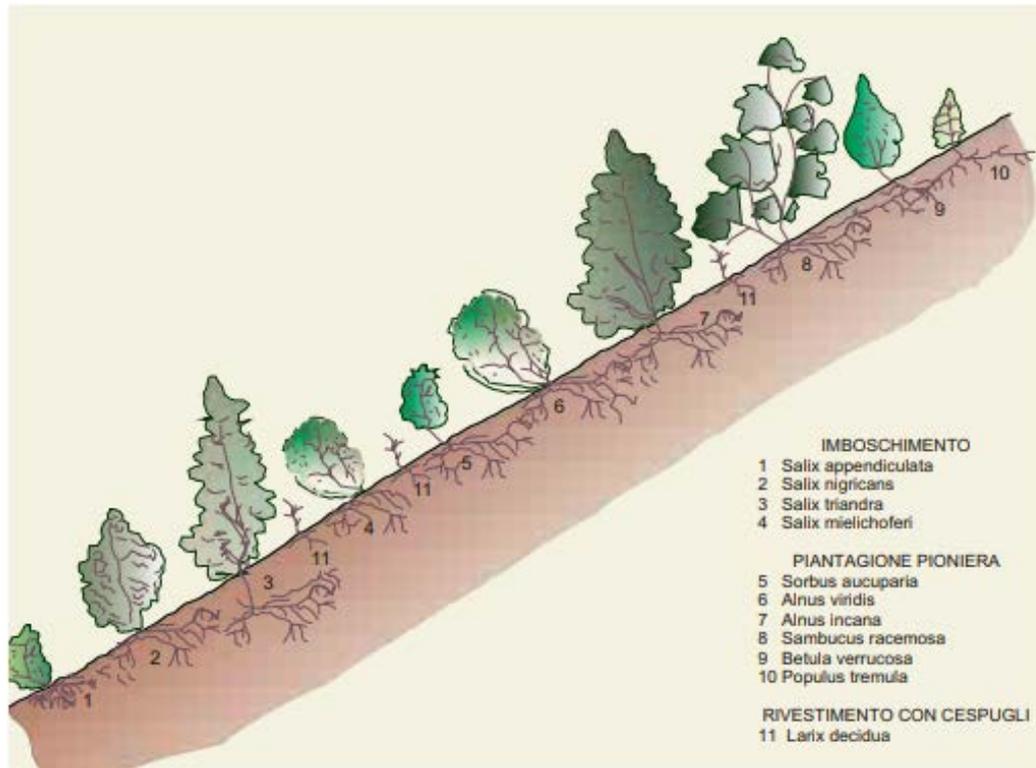


Figura 37 - Piantumazione di essenze arboree per il ripristino della copertura arbustiva e il consolidamento di pendii in dissesto. Nella sezione è riportato lo sviluppo radicale dopo circa tre periodi vegetativi di alcune specie vegetali.

Indicazioni progettuali

Prima di effettuare l'intervento, occorre valutare la possibile presenza di fenomeni franosi profondi, in aggiunta a quelli di natura superficiale, tramite un'attenta indagine geomorfologica dell'area e opportune verifiche di stabilità. Occorre avere una buona conoscenza delle caratteristiche morfometriche e climatiche dell'area di intervento, nonché della tipologia della copertura su cui si dovrà operare, al fine di scegliere le specie vegetali più idonee al contesto di utilizzo.

Manutenzione e precauzioni

L'intervento va eseguito nei periodi di riposo vegetativo (autunno o inizio della primavera) ed è strettamente dipendente dal grado di attecchimento delle specie impiantate. Nel caso dell'impianto di specie arboree-arbustive occorre prestare particolare attenzione alla realizzazione delle buche, che dovranno essere eseguite con accorgimenti differenti in relazione alle condizioni pedoclimatiche della stazione: in particolare, in zone aride è preferibile che il tetto della buca, dopo il riempimento, sia più basso del terreno circostante, mentre in zone umide è consigliabile realizzare un monticello con funzione drenante. Per piantumazioni effettuate sulle sponde occorre aver presente che alcune specie vegetali (es. salice) mal sopportano la sommersione dell'apparato per lunghi periodi; in questi casi è necessario limitare l'intervento alle zone al di sopra del livello della portata media del corso d'acqua. Nel caso di fenomeni profondi questo tipo di intervento, dopo la crescita delle specie vegetali, può avere un effetto destabilizzante dovuto all'incremento del peso della massa in frana.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 51 <i>di</i> 64

5.2.5 Gradonature vive (B1e)

Si tratta di interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali e artificiali, consistenti in piccoli gradoni scavati nel versante in direzione trasversale alla linea di massima pendenza (Figura 38). Nei gradoni, scavati con una leggera contropendenza (pari almeno al 10%), vengono messe a dimora talee e/o piantine, ricoperte con il materiale derivante dallo scavo del gradone posto a monte; in questo modo, oltre all'azione di consolidamento del terreno effettuata dalle radici, si ottiene un'azione di protezione dall'erosione superficiale grazie alla parte vegetativa aerea.

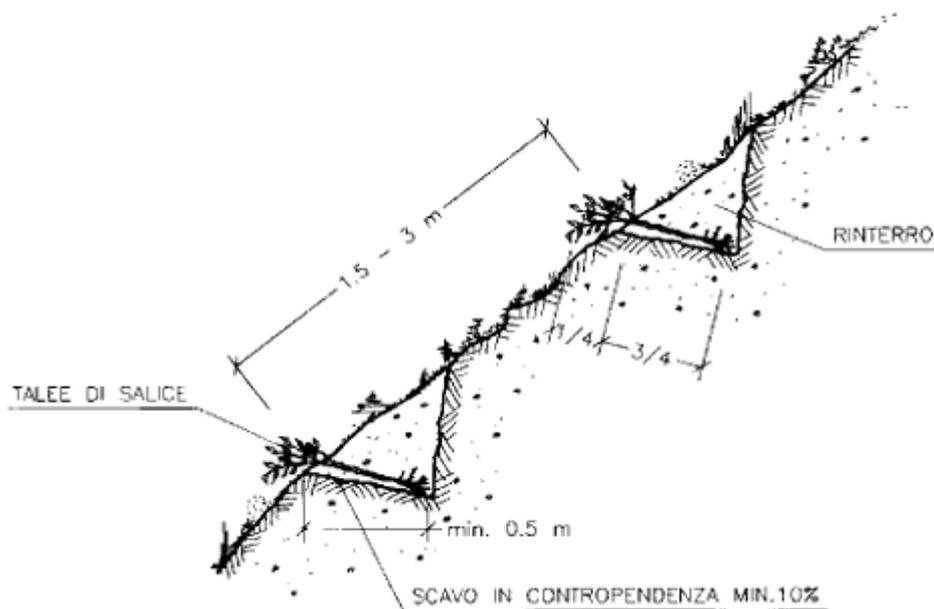


Figura 38 - Vista in sezione di una gradonatura con talee (da REGIONE LIGURIA, 1997).

La profondità e l'interdistanza tra i gradoni varia in relazione alla pendenza, alle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni su cui si dovrà intervenire e alle tecniche di riempimento dei gradoni e messa a dimora delle specie vegetali; utili indicazioni al riguardo sono fornite da REGIONE EMILIA ROMAGNA (1993), ANPA (2002), PROVINCIA DI TERNI (2003). In generale, comunque, la distanza tra i gradoni può variare tra 1 m e 3 m mentre la profondità da 0.5 m ad un massimo di 2 m.

In funzione della tecnica di completamento della gradonatura (messa a dimora delle specie vegetali e riempimento degli scavi), si differenziano 4 tipologie fondamentali:

1. cordonate (Figura 39) in cui nello scavo viene dapprima disposto del tondame, lungo la parte esterna e interna dello scavo, parallelamente alla direzione delle trincee. Il tondame viene poi ricoperto con ramaglie e terreno, su cui viene disposto uno strato continuo di talee; se possibile il tondame e le ramaglie vengono prelevati in loco;

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 52 of 64 <i>Pagina di</i>

2. gradonate con talee di idonee specie vegetali disposte a pettine sul fondo dello scavo, in numero variabile da 10 a 30 per metro lineare, e poi ricoperte con il materiale derivante dal gradone di monte;

3. gradonate con piantine radicate di 2-3 anni di età, di idonee specie, disposte sul fondo dello scavo e poi ricoperte con il materiale del gradone superiore. Dato che non viene ottenuta nell'immediato la stessa funzione di rinforzo superficiale del terreno realizzata con le cordonate e con le talee, è opportuno disporre, al di sopra delle piantine, tondame e/o ramaglie prelevate in loco, al fine di consentire una certa funzione strutturale in attesa dell'attecchimento delle piantine;

4. gradonate miste di piantine e talee, realizzate alternando file di gradoni con talee a file di gradoni con piantine.

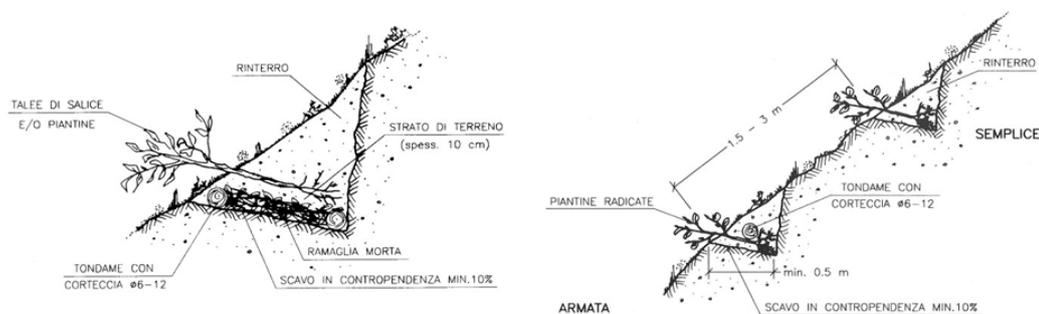


Figura 39 - Rappresentazione schematica di alcuni tipi di gradonatura. A sinistra vista in sezione di una cordonata; a destra gradonata con piantine, semplice nella parte superiore, armata con tondame nella parte inferiore (da REGIONE LIGURIA, 1997).

Nel caso di elevate pendenze, intensi fenomeni erosivi e condizioni climatiche estreme, la parte esterna del gradone può essere rivestita per una lunghezza di ca. 30 cm con una striscia di carta catramata, la quale, oltre a determinare una riduzione dell'azione erosiva, favorisce l'attecchimento delle specie vegetali, grazie alla maggiore capacità di ritenuta idrica.

Indicazioni progettuali

È necessaria una buona conoscenza delle condizioni pedoclimatiche e delle caratteristiche del terreno per la scelta delle specie vegetali da utilizzare; inoltre dovrà essere verificato se la profondità del substrato sia compatibile o meno con la profondità minima di realizzazione dei gradoni. Prima di effettuare l'intervento occorre valutare la possibile presenza di fenomeni franosi profondi, in aggiunta a quelli di natura superficiale, tramite un'attenta indagine geomorfologica dell'area e opportune verifiche di stabilità.

Manutenzioni e precauzioni

Il lavoro di gradonatura deve essere effettuato dalla base della scarpata verso l'alto, utilizzando il materiale della trincea superiore per il riempimento di quella inferiore. Su terreni instabili lo scavo deve essere eseguito per brevi tratti, che dovranno subito essere riempiti per evitare franamenti secondari. È necessario ricoprire attentamente le specie vegetali messe a dimora per evitare la formazione di spazi vuoti, che ne pregiudicherebbero il corretto attecchimento. L'intervento può essere eseguito solo in particolari periodi dell'anno (periodo di riposo vegetativo), funzione delle specie da impiantare e del contesto in cui si dovrà operare. È necessario il periodico sfoltimento e taglio della vegetazione.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 53 di 64

5.2.6 Fascinate vive (B1f)

Si tratta di interventi di stabilizzazione superficiali e di rinverdimento, caratterizzati da fascine di ramaglie, di idonee specie ad elevata capacità vegetativa, disposte in trincee profonde e larghe dai 30 ai 50 cm, scavate parallelamente alle linee di livello del versante con un'interdistanza tra le file variabile da 1.5 a 2 m; le fascine sono fissate al terreno tramite paletti della lunghezza di 60-100 cm, infilati in mezzo ai rami (tipo Kraebel) o a valle della fascina stessa (tipo Hofmann), e ricoperte tramite il materiale proveniente dallo scavo superiore.

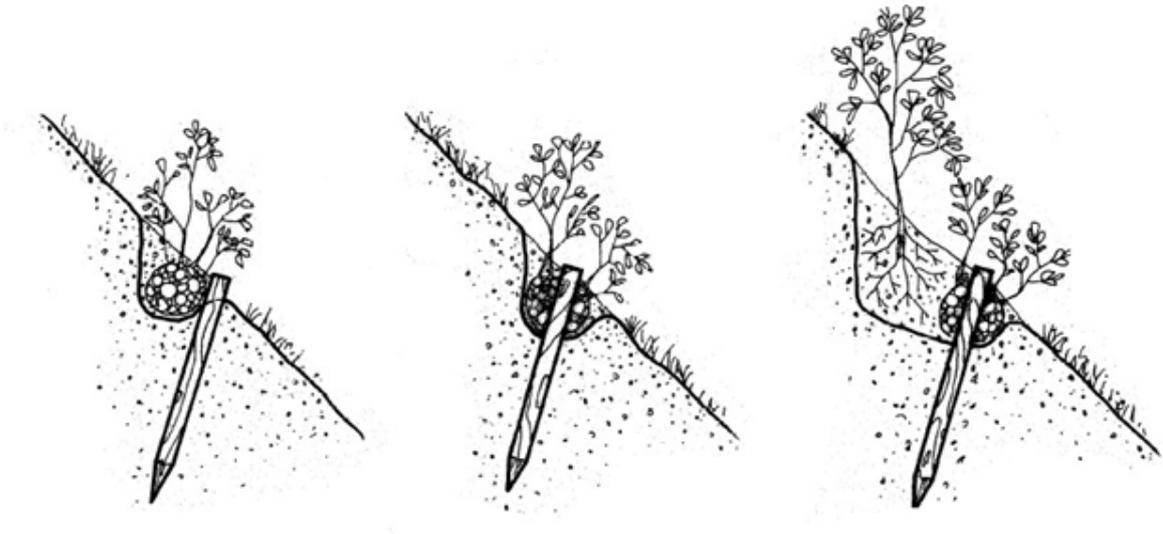


Figura 40 - Tipologie di fascinate. A sinistra fascinata tipo Hofmann, al centro tipo Kraebel, a destra fascinata con piantina (Provincia Terni, 2003).

Possono essere messe a dimora, assieme alle ramaglie, piantine radicate per il popolamento definitivo dell'area da stabilizzare; in questo caso le piantine vengono disposte a monte delle fascine di ramaglie e la trincea viene ricoperta con materiale proveniente dal solco superiore mescolato con del terreno vegetale. Qualora siano richiesti un maggior controllo dell'erosione superficiale ed una protezione della fascina dallo scalzamento, si può ricorrere a sistemi misti di fascinate e viminate.

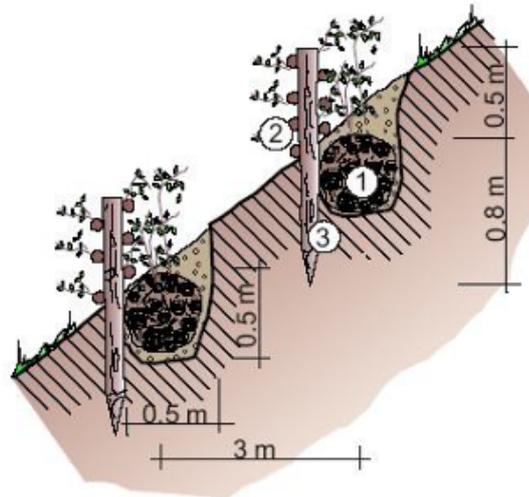


Figura 41 - Fascinata con viminata: 1 -fascine con almeno cinque rami (diam>1cm); 2 - verghe di salice; 3 - paletti di legno (da ANPA, 2002).

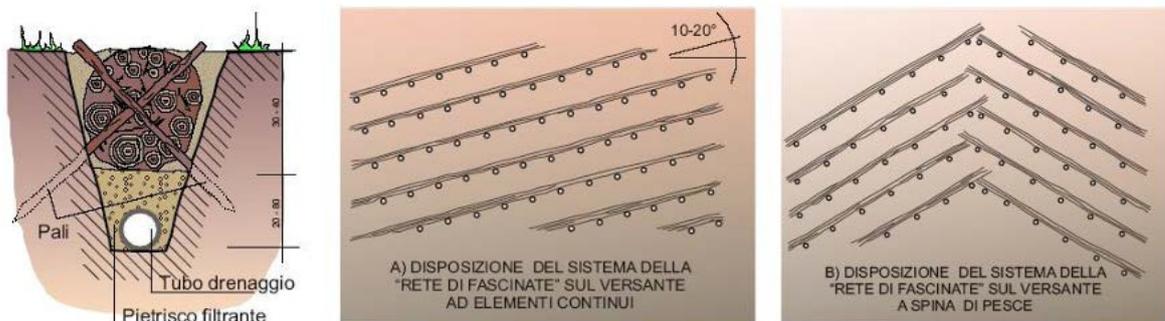


Figura 42 - Utilizzo delle fascinate come sistemi di drenaggio superficiale. A sinistra sezione tipo di un sistema di drenaggio realizzato con fascine; al centro vista planimetrica di un sistema di fascinate disposte obliquamente rispetto alle curve di livello per evitare ristagni d'acqua; a destra vista planimetrica di un sistema di fascinate disposto a spina di pesce (da ANPA, 2002).

Indicazioni progettuali

Vale quanto detto a proposito delle gradonature (B1e); è buona norma valutare il massimo deflusso superficiale possibile per l'area di intervento, in particolar modo nel caso in cui la funzione principale delle fascinate sia quella drenante.

Manutenzione e precauzioni

È necessario un taglio periodico della vegetazione arbustiva che si sviluppa dalle fascine al fine di mantenerle sufficientemente elastiche. Le fascinate devono essere realizzate nel periodo di riposo vegetativo.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 55 <i>di</i> 64

5.2.7 Palificate vive (B1h)

Si tratta di strutture cellulari in pali di legno abbinata alla messa a dimora di talee e/o piantine, che possono essere utilizzate come manufatti a gravità al piede dei fenomeni franosi o per la realizzazione di gradonature (grazie al materiale trattenuto alle spalle delle strutture) lungo i versanti, allo scopo di contrastare i fenomeni erosivi superficiali facilitando il rinverdimento del pendio.

Consistono nella realizzazione di uno scavo generalmente profondo dai 2 m ai 2.5 m ed in leggera contropendenza (10%15%), su cui vengono appoggiati pali del diametro di 20-30 cm disposti alternativamente in senso trasversale e longitudinale e fissati tra loro tramite chiodi, tondini, graffe metalliche o fili di ferro. Tra i pali vengono disposte a pettine, l'una accanto all'altra, le talee e/o le piantine radicate ricoperte con il terreno di risulta dello scavo che, in presenza di climi particolarmente aridi e/o terreni sassosi, può essere arricchito con sostanza organica e/o compost vegetale; in alcuni casi sul fronte della palificata può essere posizionata una geotete per migliorare il contenimento del terreno. Le specie vegetali messe a dimora devono sporgere dalla palificata per almeno 10-25 cm e avere una lunghezza tale da raggiungere il fondo dello scavo. A seconda delle modalità costruttive si possono distinguere due tipi di palificata: 1. a parete semplice, costituita da una sola fila di pali longitudinali; in questo caso la base dei pali trasversali viene infissa per 10-15 cm sulla parete dello scavo; 2. a parete doppia, in cui i pali trasversali poggiano su due file di pali longitudinali.

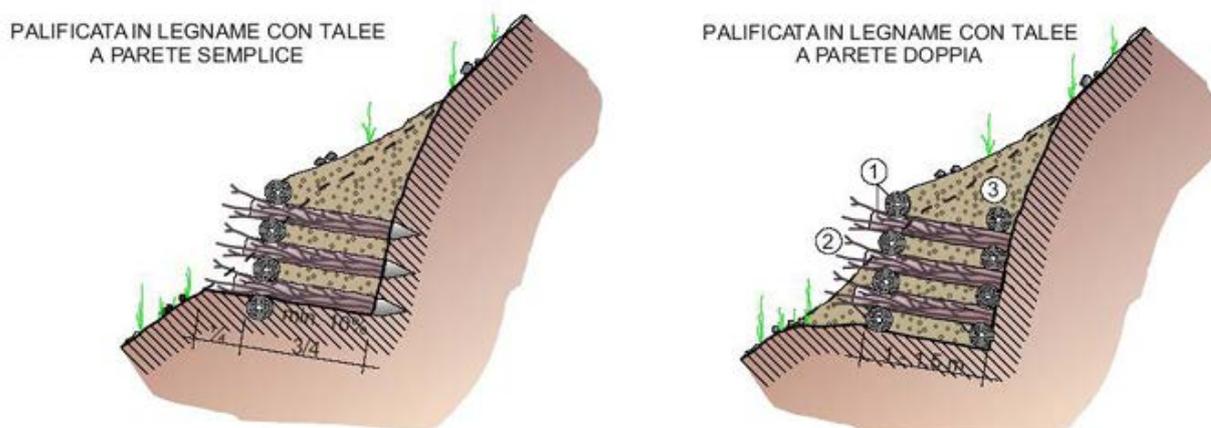


Figura 43 - *Differenti tipologie di palificate. 1- Tondame scortecciato o legname squadrato; 2- ramaglia viva o talee; 3- terreno di riporto (da ANPA, 2002).*

Indicazioni progettuali

La palificata deve essere calcolata come un'opera a gravità considerando che il volume del legname corrisponde a ca. 15%-20% dell'intero volume del manufatto. È necessaria una buona conoscenza delle condizioni pedoclimatiche e delle caratteristiche del terreno, per la scelta delle specie vegetali più idonee da utilizzare nel rinverdimento. Risulta importante anche una corretta valutazione della profondità del substrato, dato che la realizzazione di questo tipo di interventi presuppone scavi profondi almeno 1.5 m. Occorre inoltre valutare la possibile presenza di fenomeni franosi profondi e verificarne la possibile formazione a seguito dell'incremento di peso dovuto alla palificata.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 56 di 64

Manutenzione e precauzioni

Nel caso di stabilizzazione di fenomeni franosi è necessario che la profondità della superficie di scivolamento sia inferiore a quella delle palificate. La durata della struttura in legname, sebbene limitata, può arrivare ai 20-40 anni per pali in castagno o addirittura fino ai 60-70 anni per pali di pino opportunamente trattati; per fare in modo che la funzione stabilizzante perduri oltre la durata della struttura, è necessario garantire il buon attecchimento delle specie vegetali messe a dimora. Le palificate sono dei manufatti con forte capacità drenante; dato però che lo scavo viene realizzato in contropendenza, è necessario allontanare le acque che si accumulano alla base della palificata. Per questo vengono solitamente posizionati sul fondo dello scavo dei tubi drenanti longitudinali collegati a dreni trasversali (Figura 44); le acque di drenaggio dovranno quindi essere fatte confluire su fossi o impluvi naturali, in maniera che non causino problemi nelle aree a valle.

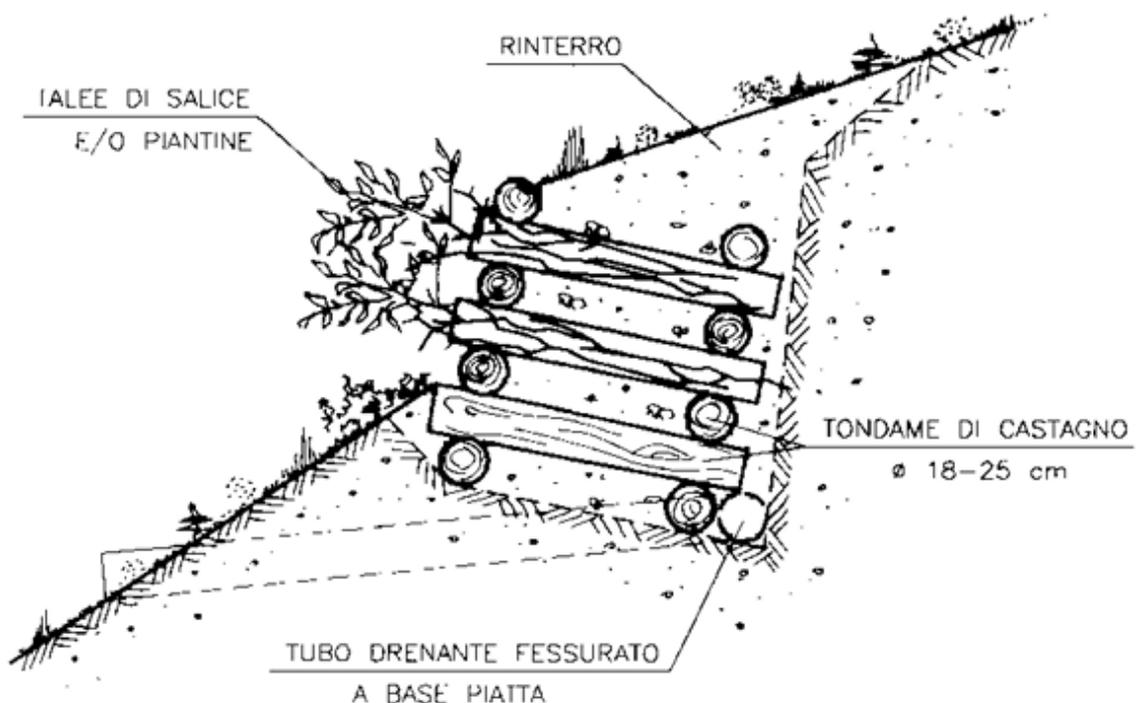


Figura 44 - Messa in posto di tubi drenanti per l'allontanamento delle acque che si raccolgono alla base delle palificate (da REGIONE LIGURIA, 1997).

Nel caso di fenomeni profondi, in particolar modo se posizionate al di sopra del punto neutro, le palificate possono avere un effetto destabilizzante

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet 57 of 64 <i>Pagina di</i>

5.2.8 Grate vive (B1i)

Si tratta di griglie in legname, con talee e/o piantine messe a dimora tra le maglie, ancorate al versante da stabilizzare tramite picchetti di legno della lunghezza di almeno 1m. La base su cui poggia la grata può essere costituita da una palificata o semplicemente da una trincea sulla quale viene posizionato un tronco longitudinale. Al di sopra della base vengono disposti dei pali verticali e orizzontali in modo da realizzare una struttura a maglie regolari; i tronchi verticali, aventi una funzione portante, vengono posizionati con un'interdistanza di ca. 1-2 m, mentre i tronchi orizzontali, di diametro minore, sono posizionati con una densità tanto maggiore (interdistanza: 100-40 cm) quanto maggiore è la pendenza del versante. Una volta fissata al pendio e posizionate le talee e/o piantine tra le maglie (disposte a pettine assieme a ramaglie sui tronchi orizzontali), la grata viene riempita con terreno vegetale e materiale inerte ed eventualmente inerbata; allo scopo di trattenere il terreno riportato, la grata può essere rivestita con una griglia metallica collegata ai tronchi trasversali.

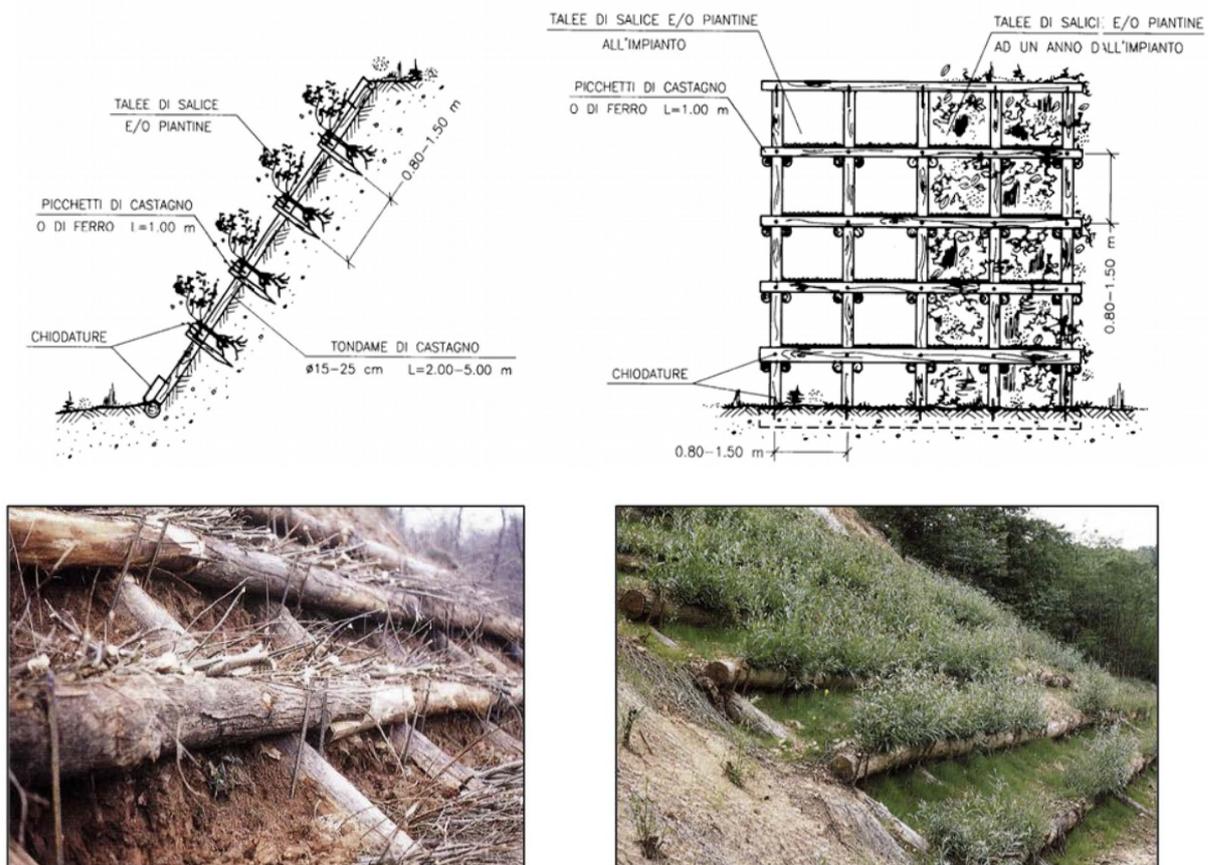


Figura 45 - In alto rappresentazione schematica di una grata viva. In basso un intervento di stabilizzazione di una frana da scivolamento effettuato tramite la realizzazione di una grata viva: a sinistra particolare della struttura e delle talee di salici; a destra opera a sei mesi dall'ultimazione (da REGIONE LIGURIA, 1997).

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 58 <i>di</i> 64

Indicazioni progettuali

È necessaria una buona conoscenza delle condizioni pedoclimatiche e delle caratteristiche del terreno per la scelta delle specie vegetali più idonee da utilizzare nel rinverdimento. Occorre inoltre valutare la possibile presenza di fenomeni franosi profondi o la loro possibile formazione per l'incremento di peso dovuto alla grata.

Manutenzione e precauzioni

È necessario proteggere la testa della grata da eventuali infiltrazioni di acqua che potrebbero creare problemi di erosione fino allo scalzamento della grata; per questo è conveniente realizzare una canaletta di guardia appena a monte della grata o rivestirne la testa con carta catramata. L'intervento se ben realizzato non necessita di particolare manutenzione, fatta eccezione per la sostituzione delle talee e/o piantine che non hanno attecchito. È buona norma che le altezze massime delle grate non siano superiori ai 15-20 m; l'intervento deve essere eseguito nel periodo di riposo vegetativo. Nel caso di fenomeni profondi, il peso della struttura può avere un effetto destabilizzante.

 HGTTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 59 di 64

5.3 REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Le opere di drenaggio superficiale sono interventi necessari per la regimazione ed il drenaggio delle acque superficiali e per la sistemazione del pendio instabile. In genere i drenaggi superficiali comprendono: canalette superficiali, fossi di guardia, dreni intercettori, riprofilatura dei versanti per eliminare le depressioni presenti, sigillatura ed impermeabilizzazione delle fessure beanti (Tabella 7).

B INTERVENTI DI DRENAGGIO			ROCCIA		TERRA		DETRITO
			SCIVOLAMENTI	CROLLI	SCIVOLAMENTI	COLATE LENTE	COLATE RAPIDE
B2 REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI	B2a	Canalette superficiali	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	B2b	Fossi di guardia	<input type="radio"/>				
	B2c	Dreni intercettori			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	B2d	Rimodellazione del versante			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	B2e	Impermeabilizzazione delle fratture			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Tabella 7 - Tabella degli interventi di regimazione delle acque superficiali.

5.3.1 Canalette di guardia (B2a)

Le canalette superficiali sono fra le opere di drenaggio più frequentemente utilizzate negli interventi di sistemazione di aree dissestate con l'obiettivo di captare e allontanare le acque superficiali, non solo quelle provenienti dalle precipitazioni o dalle emergenze idriche, ma anche quelle stagnanti entro eventuali depressioni. La disposizione delle canalette superficiali, realizzate sia all'interno che all'esterno dell'area dissestata, sarà del tipo di quella indicata in Figura 46.

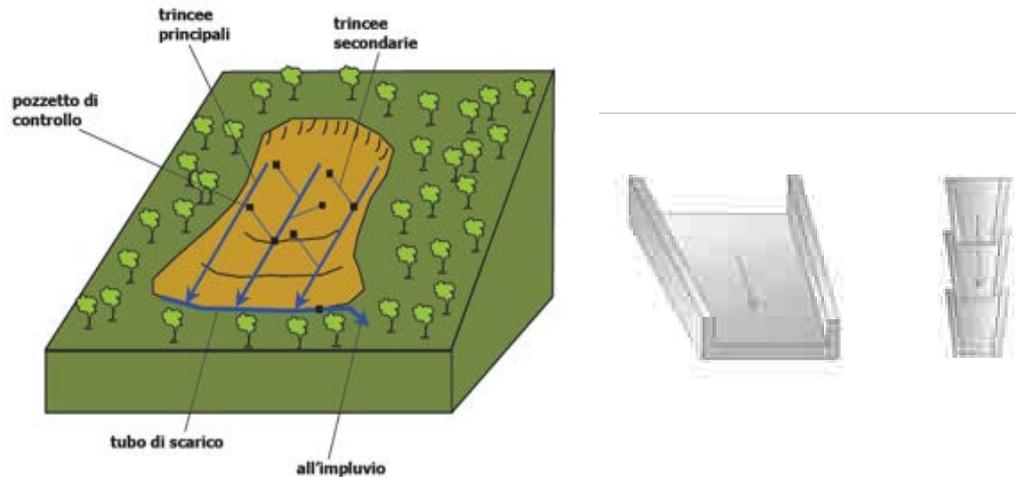


Figura 46 - Disposizione planimetrica dei dreni superficiali e canalette rivestite in calcestruzzo.

1- *Canalette prefabbricate in calcestruzzo*: costituite da elementi (embrici), a forma di trapezio e di ampiezza variabile in modo che l'elemento di monte si incastrì, con la parte più stretta, in quello di valle con una piccola sovrapposizione (Figura 46). Gli elementi della canaletta sono posizionati all'interno di uno scavo avente la stessa forma e debitamente costipato per evitare cedimenti. Le canalette rivestite con elementi prefabbricati in calcestruzzo sono impiegate nei casi in cui la pendenza superi il 10% a causa della loro stabilità rispetto ad eventuali movimenti del corpo di frana

2- *Canalette con rivestimento rigido in calcestruzzo*: di forma e sezione simile alle precedenti, sono usate se la pendenza dell'opera è minore del 10%.

3- *Canalette prefabbricate in lamiera*: sono generalmente costituite da elementi di forma semicircolare in acciaio ondulato nervato, di spessore minimo di 2 mm, e devono essere ben incassate nel terreno (Figura 47). Data la tendenza, con il tempo, a scollarsi dal terreno incassante, è preferibile disporre le canalette secondo la linea della massima pendenza, come indicato nella figura precedente.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 61 di 64



Figura 47 - Canalette prefabbricate in lamiera.

4 - *Protezione dall'erosione della pendice*: la realizzazione di rivestimenti vegetali è di norma sufficiente a proteggere gli strati più superficiali del terreno dall'azione aggressiva delle acque correnti meteoriche e superficiali, del vento e delle escursioni termiche. In molti casi lo sviluppo di una copertura vegetale naturale è ostacolato dall'instabilità dello strato superficiale del suolo o dalla scarsità di terreno vegetale ed humus, specie sui pendii rocciosi, e dall'aridità del clima e dai processi di erosione accelerata. Per vincere la sterilità biologica dei pendii in terra, sono impiegate varie tecniche di semina o di rivestimenti vegetativi (con zolle o tappeti erbosi e/o con materassi e tasche vegetative).

Le tecniche più comuni di inerbimento per semina hanno un ridotto impatto ambientale. Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, dove occorre garantire, oltre all'efficacia tecnico-funzionale anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi.

Indicazioni progettuali

I sistemi di drenaggio devono essere realizzati in maniera tale che gli scarichi delle canalizzazioni confluiscono nel più vicino fosso o impluvio al di fuori del corpo in frana; è necessario evitare l'innesco di processi erosivi in corrispondenza dei punti di scarico. Il sistema di canalette, inoltre, deve essere dimensionato in maniera tale da consentirne l'efficienza anche durante i massimi di pioggia previsti.

Manutenzione e precauzioni

Occorre verificare periodicamente la corretta efficienza del sistema di canalette (problemi di intasamento, rotture, ecc.) e provvedere alla manutenzione dello scolo e delle trincee o dei fossati nei quali sbocca la rete; un cattivo funzionamento del sistema di drenaggio superficiale potrebbe causare problemi sia per la stabilità del corpo di frana che per le aree circostanti (ad es. cedimenti in aree limitrofe per infiltrazioni anomale). Il corretto funzionamento della rete di drenaggio può essere effettuato tramite il controllo periodico delle portate, tenendo conto delle precipitazioni avvenute.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 62 di 64

5.3.2 Fossi di guardia (B2b)

Si tratta di scavi con sezione ad U o trapezoidale, realizzati appena a monte della nicchia di frana; di norma lo scavo si raccorda con fossati laterali in modo da perimetrare l'intera zona instabile (Figura 48). Lo scopo di questi interventi è di intercettare le acque che scorrono sul versante allontanandole dall'area in frana. Generalmente lo scavo è rivestito in calcestruzzo, anche se per ridurre l'impatto sul territorio si può ricorrere a rivestimenti in legname e/o pietrame.

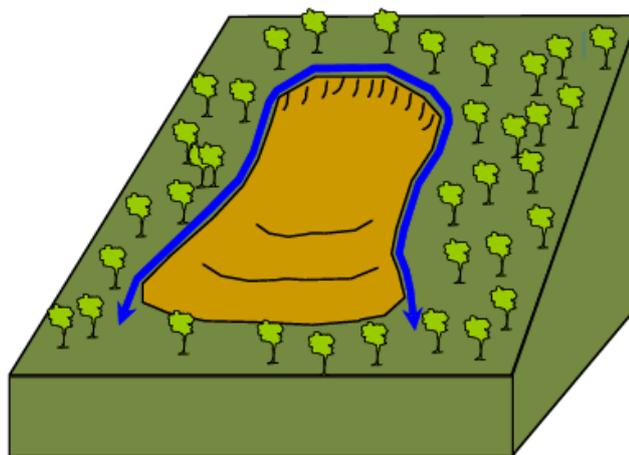


Figura 48 - Rappresentazione schematica dell'effetto prodotto da un fosso di guardia (porzione sommitale) e di perimetrazione (porzioni laterali) su di un corpo in frana: le acque provenienti dal versante vengono intercettate ed allontanate (in blu) dall'area instabile, evitandone sia gli effetti erosivi associati al ruscellamento superficiale che la potenziale infiltrazione.

Per limitare le infiltrazioni ed il ruscellamento nel corpo di frana, è buona norma associare al fosso di guardia altre opere che consentano il drenaggio dell'area instabile, quali canalette superficiali (B1a), trincee drenanti (B2b) ed altri interventi di drenaggio.

Indicazioni progettuali

Come per le canalette, anche in questo caso i sistemi di drenaggio devono essere realizzati in maniera tale che gli scarichi confluiscono nel più vicino fosso o impluvio, al di fuori del corpo in frana; è inoltre necessario evitare l'innescò di processi erosivi in corrispondenza dei punti di scarico.

Nel dimensionamento del fosso di guardia (profondità H, larghezza B) si dovrà tener conto del massimo deflusso superficiale atteso appena a monte della nicchia di distacco, in maniera tale da consentirne l'efficienza anche durante i massimi di pioggia previsti.

Manutenzione e precauzioni

Occorre verificare periodicamente la corretta efficienza del sistema di drenaggio (problemi di intasamento, rotture, ecc.) e provvedere alla manutenzione dello scolo e delle trincee o dei fossati nei quali sbocca la rete; un cattivo funzionamento del sistema di drenaggio superficiale potrebbe causare problemi sia per la stabilità del corpo di frana che per le aree circostanti (ad es. cedimenti in aree limitrofe per infiltrazioni anomale). Il corretto funzionamento della rete di drenaggio può essere effettuato tramite il controllo periodico delle portate, in relazione alle precipitazioni avvenute.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of <i>Pagina</i> 63 di 64

5.4 INTERVENTI DI DRENAGGIO SUBSUPERFICIALI

B INTERVENTI DI DRENAGGIO			ROCCIA		TERRA		DETRITO
			SCIVOLAMENTI	CROLLI	SCIVOLAMENTI	COLATE LENTE	COLATE RAPIDE
B3 INTERVENTI DI DRENAGGIO SUBSUPERFICIALI	B3a	Cunei filtranti			○		
	B3b	Trincee drenanti			○	○	
	B3c	Speroni drenanti			○	○	
	B3d	Dreni sub-orizzontali			○	○	
	B3e	Elettro osmosi			○	○	
	B3f	Geosintetici			○	○	

Tabella 8 - Tabella degli interventi di drenaggio sub-superficiali.

Per gli interventi da prevedere nell'area mineraria di Santa Barbara Lotto A saranno presi in considerazione soltanto le tipologie B3a, B3b, B3c, B3d essendo le altre più adeguate a contesti diversi da quelli rappresentati dalle aree di indagine.

5.4.1 Cunei filtranti (B3a)

L'intervento consiste nel disporre materiale drenante di riempimento (ciottoli, pietrisco o ghiaia), in strati paralleli al pendio, alla base di un versante o di una scarpata da stabilizzare. Generalmente l'opera viene completata con la messa a dimora di talee di idonee specie vegetali, in modo da consentirne il parziale radicamento sul terreno in posto, contribuendo così alla stabilizzazione del corpo drenante (Figura 49).

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document Documento n. PBSMA21873
	LOTTO C – INTERVENTI MINORI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	REV. 00 02.09.22 Sheet of Pagina 64 di 64

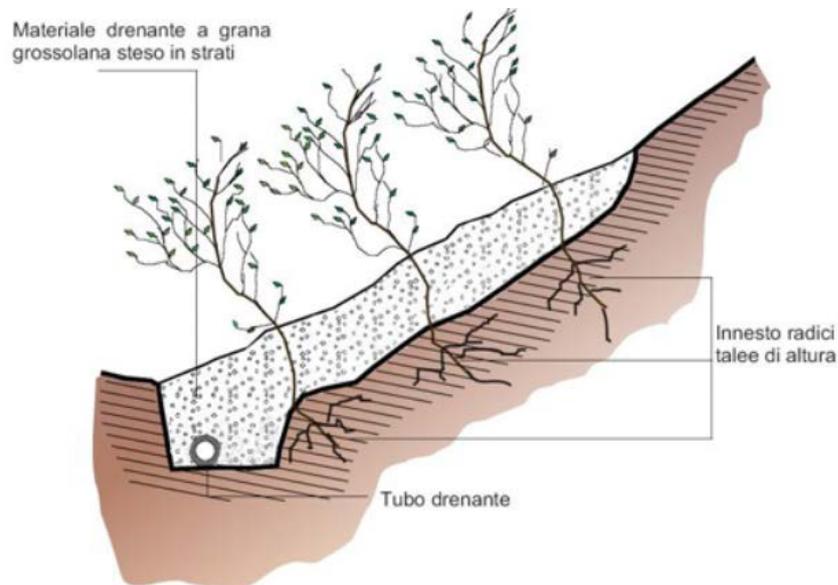


Figura 49 - Schema di un cuneo drenante. Il materiale drenante è posizionato sulla base del versante dopo averne effettuato una riprofilatura (da ANPA, 2002).

Le acque raccolte dal cuneo drenante (acque di falda e acque meteoriche di infiltrazione) sono recuperate da un collettore disposto al piede ed evacuate verso uno scolo naturale. Pur non esercitando una vera e propria funzione statica, il cuneo filtrante assolve a varie funzioni: evita, a causa della sua elevata permeabilità, l'emergenza della falda nella facciata visibile della scarpata; determina un sovraccarico al piede con effetto stabilizzante; protegge il terreno naturale dalle intemperie e dall'erosione al livello delle emergenze, riducendo inoltre l'effetto di eventuali cicli di rigonfiamento-ritiro e/o gelo-disgelo.

Indicazioni progettuali

Prima di realizzare l'intervento è necessario effettuare una riprofilatura del versante, in particolare della parte basale su cui dovrà essere posizionato il materiale drenante, e possibilmente una previa sistemazione del pendio tramite terrazzamenti a basso impatto ambientale. Occorre inoltre tener presenti i seguenti aspetti: 1. profilo longitudinale del collettore, il quale dovrà avere una pendenza sufficiente ad assicurare lo scolo delle acque; 2. idrogeologia locale e caratteristiche meccaniche del terreno; 3. stabilità della scarpata provvisoria del terreno naturale (la stabilità provvisoria del terreno naturale necessita di un'esecuzione rapida dell'intervento).

Manutenzione e precauzioni

L'efficacia del dispositivo è funzione del suo corretto dimensionamento e dell'efficacia del collettore al piede. Data l'ampia superficie di raccolta delle acque, una maschera drenante è meno sensibile degli altri dispositivi di drenaggio al fenomeno di colmamento, cosicché la sua durata è buona. La sorveglianza si limita ad una verifica periodica del buon funzionamento del collettore tramite un controllo di portata e degli eventuali depositi; è necessario mantenere il collettore libero da depositi eccessivi e assicurare il buon funzionamento dello scolo. Le acque raccolte dal cuneo filtrante devono essere fatte confluire nel più vicino fosso o impluvio o comunque al di fuori del corpo in frana o di aree che potrebbero risentirne negativamente.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.