

Trieste, 15 luglio 2010

n. rif.:

a: _____	da: <u>Ufficio tecnico commerciale</u>
ditta: _____	ditta: <u>Divisione SEIC Geotecnica</u>
_____	<u>via Torino, 34 - 34123 Trieste</u>
_____	<u>Ing. Gianluca Spadaro</u>
_____	<u>Ag. Di zona : Arch.Luca Viola</u>
tel.: _____	tel.: <u>+39 040 318.66.11</u>
fax: _____	fax: <u>+39 040 318.66.66</u>

OGGETTO: Geostuoie tridimensionali antierosione Enkamat

Premessa

Facendo seguito alla richiesta trasmessa alla nostra Agenzia di Zona, Vi trasmettiamo la presente nota tecnica relativa all'utilizzo delle geostuoie tridimensionali antierosione **Enkamat**.

L'intervento tipo per la protezione delle scarpate dall'azione erosiva degli atmosferici prevede la posa ed il fissaggio tramite picchetti della geostuoia su una superficie opportunamente regolarizzata; successivamente l'Enkamat viene intasato con terreno vegetale e seminato con adeguate essenze erbacee preferibilmente di tipo autoctono.



L'Enkamat è una geostuoia tridimensionale realizzata con filamenti di nylon i cui obiettivi sono:

- in fase preliminare e temporanea: proteggere il terreno non vegetato dall'instaurarsi di fenomeni erosivi e quindi favorire l'attecchimento della vegetazione;
- a lungo termine: rinforzare l'apparato radicale delle piante in modo da costituire con esso un unico strato permeabile ma che, una volta sviluppato il cotico erboso, impedisca l'erosione superficiale anche sotto carichi elevati.

Una copertura vegetale di una scarpata protegge contro l'erosione sia perché si ha la formazione di

uno strato compatto di terreno e radici, sia perché la vegetazione riduce la velocità dell'acqua che causa il dilavamento.

La presenza dell'Enkamat favorisce l'instaurarsi della vegetazione, aumenta la resistenza dell'apparato radicale delle piante e consente di sopperire, anche a lungo termine, a fenomeni localizzati di degrado della coltre erbosa. L'Enkamat non può essere visto come un elemento a se stante, ma come parte integrante di un sistema che comprende terreno, radici, vegetazione e geostuoia antierosione.

Non basta quindi considerare solo se l'Enkamat è o no una buona soluzione al problema erosivo, ma se il suo utilizzo favorisce l'instaurarsi di una vegetazione naturale che altrimenti non si avrebbe.

Su scarpate asciutte trovano impiego geostuoie tridimensionali antierosione a fondo aperto tipo Enkamat 7020, Enkamat 7018 e Enkamat 7010.

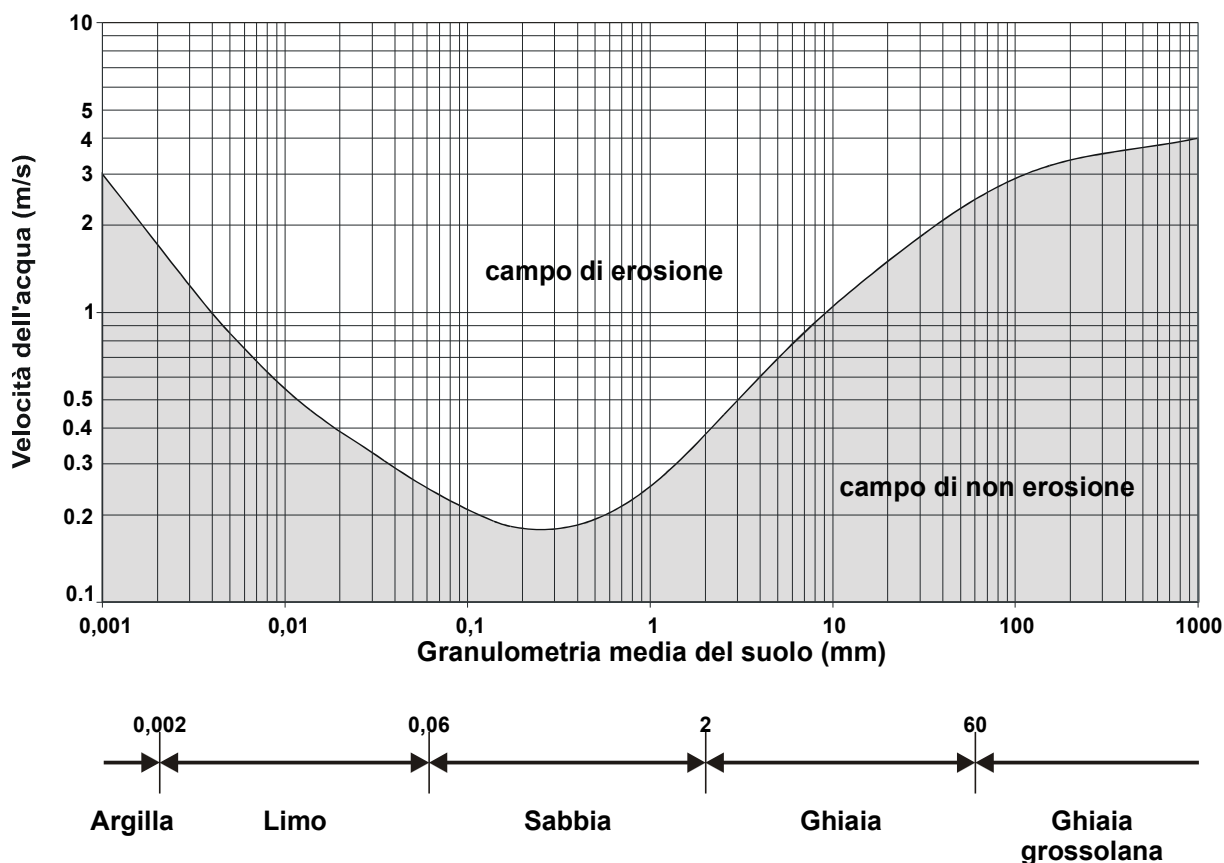
Su scarpate bagnate trovano impiego invece geostuoie tridimensionali antierosione tipo a fondo piatto tipo Enkamat 7220. Il fondo piatto ha la funzione di impedire l'instaurarsi di micoturbolenze dovute alla corrente in corrispondenza del fondo che finirebbero per asportare il ghiaio impiegato come materiale di intasamento.

La scelta del modello di geostuoia più adatto alla situazione in esame deve essere condotto secondo le procedure di seguito riportate nel caso di sponde asciutte e nel caso di sponde bagnate.

Modalità di scelta della geostuoia antierosione Enkamat nel caso di sponde asciutte.

Per il rivestimento di una scarpata con le geostuoie Enkamat si deve innanzitutto valutare se per la piovosità caratteristica della zona e per il tipo di terreno di cui sono "rivestite" le scarpate si potrebbe innescare un processo erosivo.

E' possibile valutare ciò in maniera semplificata utilizzando il seguente grafico.



Una volta accertata la possibilità di erosione si dovrà scegliere il tipo di rivestimento più opportuno in funzione delle condizioni generali.

Individuazione del modello di Enkamat.

In base alla tabella 1, è possibile fare una valutazione della piovosità mensile necessaria subito dopo la posa e la semina della geostuoia per assicurare un corretto sviluppo della vegetazione in funzione delle condizioni climatiche della zona d'intervento.

Temperatura °C Clima	10÷15	15÷20	20÷30	30÷40
Tropicale				
Umido			90	110
Secco			130	165
Sub Tropicale				
Umido	Inverno 30 Estate 75		90	110
Secco	Inverno 75 Estate 90		145	200
Temperato				
Umido	30	70	90	130
Secco	70	90	110	165

Tab. 1: volume di pioggia (mm/mese) necessario

Confrontando la piovosità locale con quella minima richiesta riportata nella tabella 1, si attribuisce nella tabella 2 un valore definito "fattore di germinazione".

per sviluppare la vegetazione

Piovosità media attesa	Fattore di germinazione (Fg)
Sufficiente ⇒	2
Insufficiente o T < 10° ⇒	3
Dato non disponibile ⇒	3

In base poi alla pendenza della scarpata, si attribuisce un secondo valore determinato dalla tabella 3.

Pendenza del versante	Fattore per la pendenza (Fp)
1 : 3 o minore	1
1 : 2.5	2
1 : 2	3
1 : 1.5	4
1 : 1	5

Tab.3: valore del fattore di germinazione

Definite le condizioni in cui verrà utilizzata la geostuoia, è possibile determinare il modello di Enkamat più idoneo:

Fg + Fp	modello consigliato
≤ 5	Enkamat con spessore di circa 8 mm (ENKAMAT 7010)
> 5	Enkamat con spessore di circa 18 mm (ENKAMAT 7020)

Modalità di scelta

della geostuoia antierosione Enkamat nel caso di sponde bagnate.

Per valutare la possibilità che si inneschi un processo erosivo rimane valido il grafico riportato a pag. 2. Per effettuare la scelta del tipo di Enkamat si può ricorrere, in prima analisi, ad un metodo semplificato utilizzando i risultati di test (vedi tabelle 1-2) condotti per determinare la velocità critica e quindi la tensione tangenziale critica alla quale si innesca il processo erosivo.

I valori forniti da questo tipo di prove sono riferiti alla velocità da cui si innesca il processo erosivo.

Per quanto concerne la protezione offerta dai materiali della gamma Enkamat, in riferimento a flussi costanti nel tempo, oppure ad eventi di piena eccezionali di breve durata, si dovrà fare riferimento ai grafici 2 e 3. Questi grafici riportano la diminuzione del valore critico della velocità in funzione del tempo, fino ad arrivare ad un valore valido per un periodo di tempo illimitato.

Inoltre, l'interazione fra la struttura tridimensionale formata dalla geostuoia Enkamat e le radici della vegetazione che si svilupperà entro breve tempo dall'esecuzione dell'intervento, consente di prevedere un deciso incremento della protezione contro l'erosione fornita dall'insieme geostuoia-apparato radicale. L'influenza della vegetazione infatti risulta evidente confrontando i valori forniti dalle due tabelle successive: per un canale rivestito con Enkamat A senza vegetazione la velocità critica risulta essere di 2.5 m/s, mentre con la vegetazione, tale valore si alza fino a 6.5 m/s.

Test di erosione senza vegetazione

Test su argini senza vegetazione con diversi strati di protezione e con terreno con diametro medio delle particelle $d_{50} = 0.6$ mm (caso più critico).

Strato di protezione	Velocità critica	Tensione tangenziale critica
Nessuno (sabbia senza coesione $d_{50} = 0.6$ mm)	0.30 m/s	0.30 N/m ²
Enkamat 10 mm	0.60 m/s	2.30 N/m ²
Enkamat 20 mm	0.75 m/s	3.70 N/m ²
Enkamat 10 con intasamento (ghiaia 2 - 5 mm)	1.00 m/s	6.50 N/m ²
Enkamat 20 con intasamento (ghiaia 2 - 5 mm)	1.65 m/s	17.00 N/m ²
Enkamat A	2.50 m/s	24.00 N/m ²

Tabella 1: Velocità critica dei vari tipi di rivestimento con Enkamat

Test di erosione con vegetazione

I test condotti per misurare la velocità critica e la tensione tangenziale critica lungo argini con copertura erbosa, protetti con diversi rivestimenti, hanno fornito i seguenti valori.

Strato di protezione	Velocità critica	Tensione tangenziale critica
Coltre erbosa	3.70 m/s	205.00 N/m ²
Coltre erbosa rinforzata con Enkamat 7220	7.00 m/s	355.00 N/m ²
Coltre erbosa rinforzata con Enkamat A 20	6.50 m/s	490.00 N/m ²

Tabella 2: Velocità critica e tensione tangenziale critica dei vari tipi di rivestimento

Una volta effettuata il dimensionamento semplificato, sarà necessario ricalcolare tutti i parametri idraulici con la nuova conformazione e quindi effettuare le verifiche idrauliche (di tipo rigoroso).

Tutti i dati precedenti si riferiscono a substrati orizzontali. Gli argini presentano però una certa pendenza che va ad influire sulla velocità critica.

La presenza della pendenza dell'argine comporta una riduzione della velocità critica di erosione poiché alle forze idrauliche va a sommarsi la forza di gravità.

La velocità critica alla quale si avrà erosione su un argine sarà data da:

$$V_{cr, slope} = t \cdot V_{cr, hor} \quad \text{con} \quad t = \left(1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \varphi} \right)^{1/4}$$

α = angolo di scarpa dell'argine

φ = angolo di attrito interno del terreno

$V_{cr, slope}$ = velocità critica lungo la sponda

$V_{cr, hor}$ = velocità critica su un piano orizzontale

Velocità di corrente ammissibile

La velocità ammissibile della corrente deve essere minore della velocità in cui si può innescare un processo erosivo al di sotto della geostuoia.

In base però ai margini di sicurezza utilizzati per determinare i vari parametri, si consiglia di valutare l'eventuale inserimento di un fattore di sicurezza sul valore della velocità critica calcolata; tale fattore può variare tra 1.2 per scarpate ben vegetate ed 1.5 per scarpate poco vegetate.

$$1.2 \div 1.5 \cdot V_{corrente} \leq V_{cr, slope}$$

Calcolo della velocità critica della corrente

Bibliograficamente sono note diverse formule, nella maggior parte dei casi basate sulla distribuzione granulometrica del sedimento presente nell'alveo. A titolo di esempio viene qui riportata l'equazione di Costa (1983), valida per clasti compresi tra 50 e 3200 mm:

$$V = 5.2 \cdot D^{0.487} \quad (\text{dove } D \text{ è il diametro in millimetri dei clasti})$$

Nel caso di sponde rivestite con l'Enkamat, questo tipo di formule non è ovviamente applicabile e quindi bisogna procedere in un altro modo.

È stato sviluppato il seguente metodo.

Dati

- Larghezza del fondo b
- Pendenza delle sponde α
- Pendenza del canale i
- Coefficiente di scabrezza K_m (*)
- Portata Q

Incognite

- battente d'acqua massimo H_{max}
- velocità critica della corrente V_{cr}
- tensione di taglio sull'Enkamat τ

(*) Per l'Enkamat si assume cautelativamente $K_m = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

$$V = K_m \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$V = Q / A$$

Formula di Manning per correnti a pelo libero con moto permanente

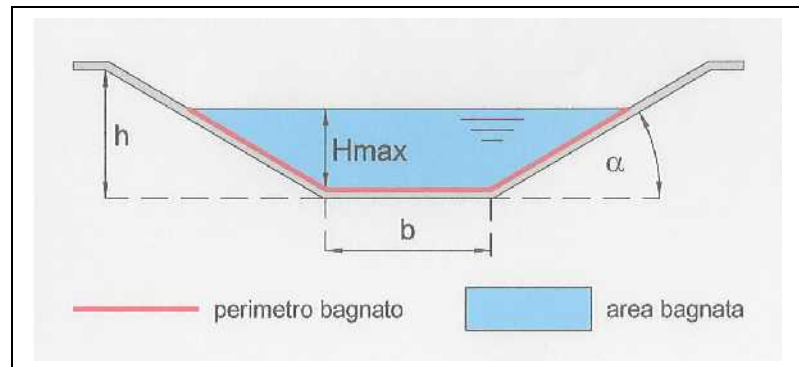
Formula di continuità del flusso per canali

dove

$R = A/P$ = raggio idraulico

A = area bagnata

P = perimetro bagnato



Schema 2: geometria di una sezione di canale

Nel caso di un canale a sezione trapezoidale, trigonometricamente sussistono le seguenti relazioni:

$$\text{area bagnata } A = H \cdot \left(b + \frac{H}{\tan\alpha} \right) \quad [1] \qquad \text{perimetro bagnato } P = b + \frac{2H}{\sin\alpha}$$

Componendo la formula di Manning con quella di continuità per canali ed esprimendo il raggio idraulico R in funzione della geometria del corso d'acqua otteniamo:

$$A = \frac{Q}{K_m \cdot \left(\frac{H \cdot \left(b + \frac{H}{\tan\alpha} \right)}{b + \frac{2H}{\sin\alpha}} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2}} \quad [2]$$

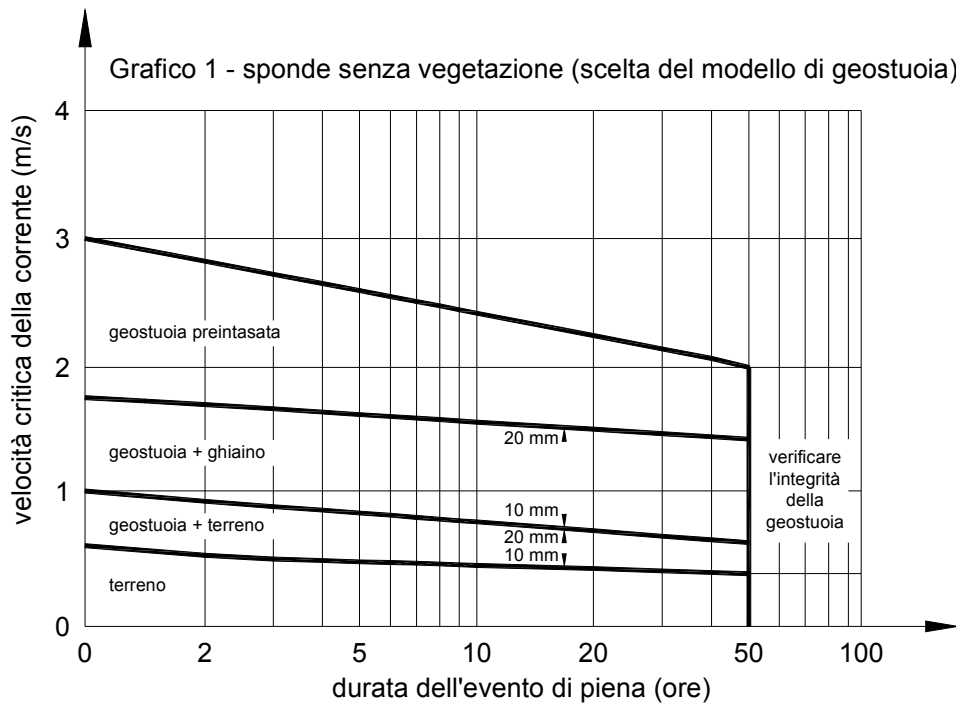
Tramite un processo iterativo, consentito da una specifica routine di calcolo, è possibile trovare il valore del battente d'acqua H per cui l'area bagnata A dell'equazione [1] coincide con quella dell'equazione [2]: questo valore corrisponde al battente d'acqua massimo H_{\max} .

Se ora inseriamo H_{\max} nell'equazione di Manning troveremo la velocità critica della corrente V_{cr} , ossia quella velocità di soglia al di sopra della quale teoricamente inizia la movimentazione dei materiali presenti sulle sponde dell'alveo.

$$V_{cr} = K_m \cdot \left(\frac{H_{\max} \cdot \left(b + \frac{H_{\max}}{\tan\alpha} \right)}{b + \frac{2H_{\max}}{\sin\alpha}} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

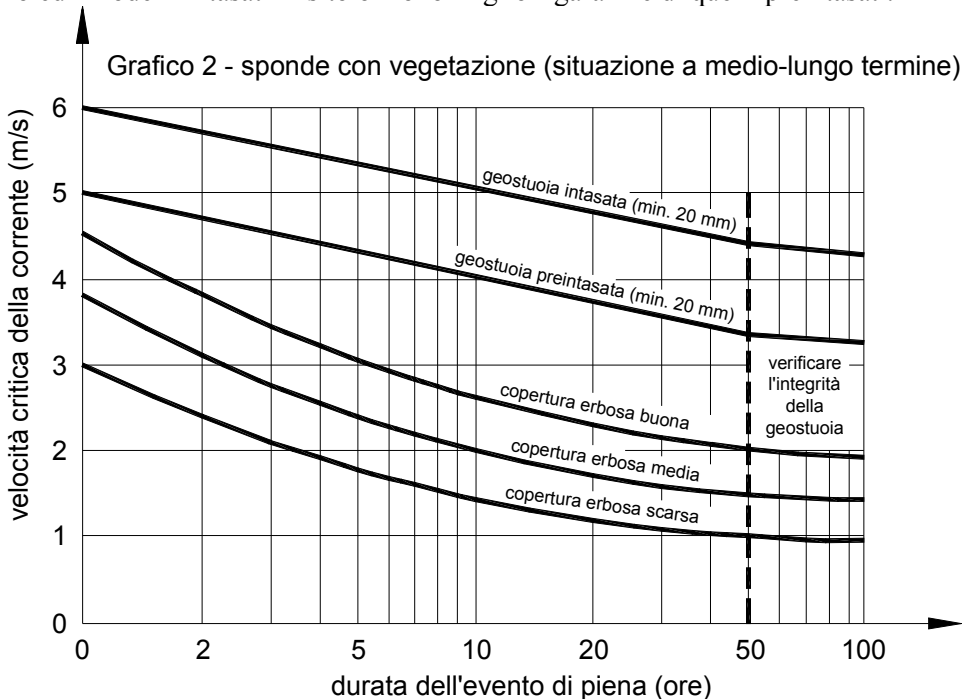
Per determinare la velocità critica della corrente V_{cr} è dunque necessario, note le caratteristiche geometriche ed idrauliche del canale, calcolare il battente d'acqua massimo H_{\max} procedendo per approssimazioni successive.

Stimando la durata di un evento di piena, tramite il grafico 1 riportato a pagina seguente (Enkamat Design Guide by Colbond Geosynthetics, 1997) è possibile poi scegliere il modello di geostuoia più idoneo in relazione alle condizioni al contorno.



Va evidenziato che nel settore comprendente durate degli eventi di piena variabili tra 50 e 100 ore può essere efficacemente utilizzata una geostuoia preintasata, avendo però l'accortezza di verificarne scrupolosamente l'integrità fino a rinverdimento avvenuto.

Il sottostante grafico 2 (Hewlett, 1987) mette in relazione la velocità critica della corrente con la durata degli eventi di piena quando il manto vegetazionale si è sviluppato; come si può notare, una volta rinverdite le sponde rivestite con geostuoie antierosione offrono una protezione ben superiore che all'inizio ed i modelli intasati in sito offrono migliori garanzie di quelli preintasati.

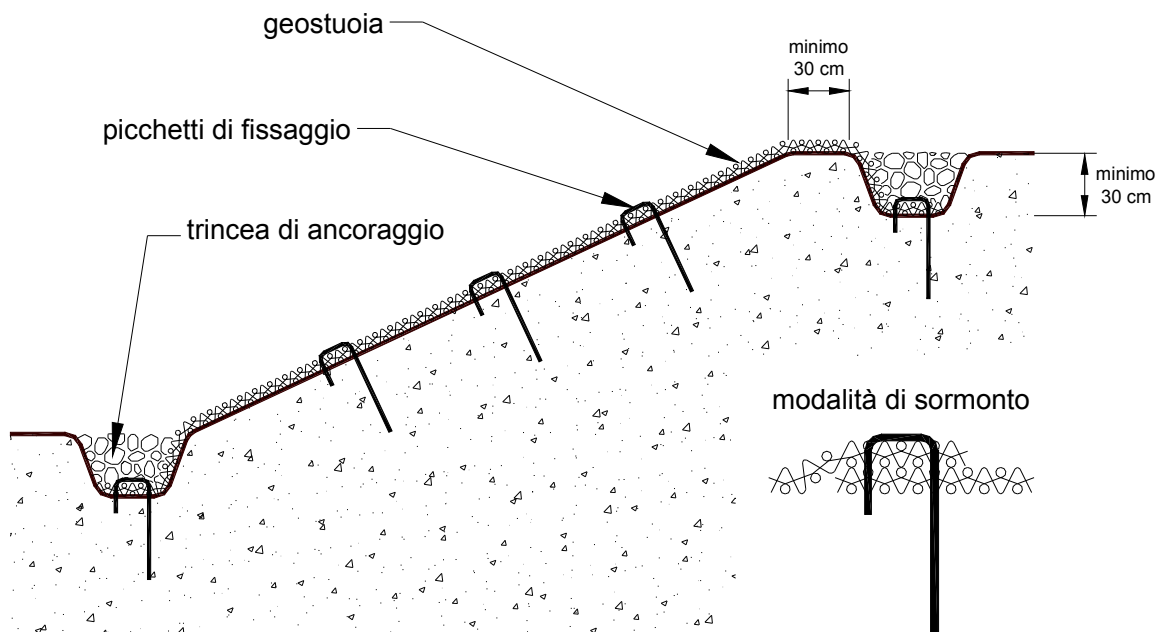


Posa in opera di una geostuoia antierosione

Il rivestimento della sponda di un corso d'acqua con una geostuoia è un procedimento di rapida esecuzione ed immediato e duraturo effetto antierosivo superficiale; le modalità con cui viene eseguito possono essere riassunte nei seguenti 10 passi:

1. Regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di dossi ed avallamenti (irregolarità superficiali);
2. Realizzazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della sponda;
3. Posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio di quest'ultima con picchetti in ferro o staffe metalliche dal diametro minimo di 8 mm e copertura del solco con adeguato materiale di riporto;
4. Semina (circa 40 g di sementi per metro quadrato di scarpata);
5. Svolgimento della geostuoia lungo la sponda o scarpata e sovrapposizione dei teli contigui (sormonti di almeno 10 cm), assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante e non sia troppo tesa. È importante che la posa venga effettuata procedendo in senso contrario alla corrente (il telo a monte deve sormontare quello a valle) per evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra;
6. Fissaggio della stuoia con staffe o picchetti ad U in corrispondenza delle sovrapposizioni dei vari teli utilizzati ed al centro della stessa. La densità dei picchetti varia in funzione della pendenza della sponda o scarpata e della consistenza del substrato: in linea generale si può raccomandare l'infissione di 1 picchetto/m² per inclinazioni inferiori ai 30° e di 2 ÷ 3 picchetti/m² nel caso di pendenze superiori;
7. Ricopertura dei bordi e fissaggio della geostuoia al piede della sponda o scarpata;
8. Intasamento della stessa con ghiaio nelle porzioni sommerse e con inerte terroso in quelle che si stimano perennemente emerse;
9. Messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio localizzato della stuoia;
10. Eventuale semina di rinalzo, concimazione ed irrigazione.

Schema per la corretta posa in opera di una geostuoia antierosione



Specificazioni.

La HARPO S.p.A. non si assume alcuna responsabilità né per quanto concerne i disegni ed i calcoli di verifica inviati, che devono intendersi come indicazioni di massima volte principalmente ad ottimizzare l'impiego dei nostri materiali, né per le procedure di realizzazione consigliate, che riguardano situazioni standard e che quindi dovranno essere adattate al presente caso.

Rimanendo a disposizione per ogni ulteriore chiarimento, porgiamo i nostri più cordiali saluti.

HARPO S.p.A.

Divisione SEIC Geotecnica

Ufficio tecnicocommerciale

Ing. Gianluca Spadaro

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Gianluca Spadaro', written in a cursive style.