

ALPE ADRIA TEXTIL

DISCARICA DI BUDAPEST

**STUDIO PER UN
PROGETTO DI COPERTURA**

DISCARICA DI BUDAPEST

STUDIO PER UN PROGETTO DI COPERTURA

IL SISTEMA DI COPERTURA (CAPPING)

Il sistema di copertura di una discarica:

- Confina i rifiuti
- Previene le fughe di biogas
- Riduce la produzione di percolato prevenendo l'ingresso di acque di pioggia e ruscellamento nella massa di rifiuti
- Deve permettere il successivo utilizzo dell'area

Il sistema di copertura deve includere (dal basso verso l'alto):

- uno strato drenante per raccogliere il biogas e permettere il deflusso verso il basso del percolato che si forma alla sommità della discarica;
- Uno strato impermeabile;
- Uno strato drenante per raccogliere le acque di pioggia e convogliarle ai collettori (trincee o tubi) alla base del capping, evitando pericolose sottopressioni;
- Uno strato di terreno vegetale (0.5 m – 1.0 m di spessore);
- Una protezione superficiale antierosiva;
- Una sistemazione finale in funzione del successivo utilizzo previsto per l'area.

I vari strati (a parte il terreno vegetale) possono essere naturali o sintetici:

ALPE ADRIA TEXTIL

- gli strati di materiali naturali hanno notevole spessore e peso, quindi sottraggono volume alla discarica e pongono problemi di stabilità su sponde a forte inclinazione;
- i Geosintetici (GSX) hanno minimo spessore e possono essere facilmente ancorati in sommità a un pendio, consentendo così di realizzare pareti a forte pendenza; perciò i Geosintetici consentono di aumentare notevolmente il volume utile della discarica: si ottengono così vantaggi economici tali da sovracompendare il costo dei Geosintetici stessi; l'uso dei Geosintetici è perciò economicamente molto vantaggioso.

SCELTA DEL SISTEMA IMPERMEABILE

Esistono fondamentalmente due tipi di GSX che sono adatti a svolgere la funzione di impermeabilizzazione in una discarica:

- le Geomembrane (GMA) di Polietilene (HDPE) o Polipropilene flessibile (PP);
- i Geocompositi bentonitici (GCL).

Le GMA hanno permeabilità dell'ordine di 10^{-14} m/s, molto minore dei GCL, ma sono soggette a danneggiamenti meccanici irreversibili (tagli, buchi, lacerazioni); i GCL hanno permeabilità maggiore, dell'ordine di 10^{-10} m/s, ma hanno la proprietà di autosigillazione di eventuali tagli e buchi.

L'esperienza internazionale ha dimostrato che il sistema di impermeabilizzazione più sicuro è quello di utilizzare una GMA e un GCL a contatto, in modo da sfruttare la sinergia delle diverse proprietà dei due materiali.

ALPE ADRIA TEXTIL

SCELTA DEL GSX DRENANTE

Per i geocompositi drenanti si può dimostrare l'equivalenza con uno strato di sabbia o ghiaia, in termini di portata scaricata. Ciò può essere fatto in base all'equazione di Darcy, conoscendo il tipo di terreno, il suo spessore e la sua permeabilità.

Detta Q la portata specifica di uno strato drenante naturale, occorrerà scegliere un Geocomposito che abbia portata uguale o superiore a Q nelle medesime condizioni di pressione applicata e gradiente idraulico.

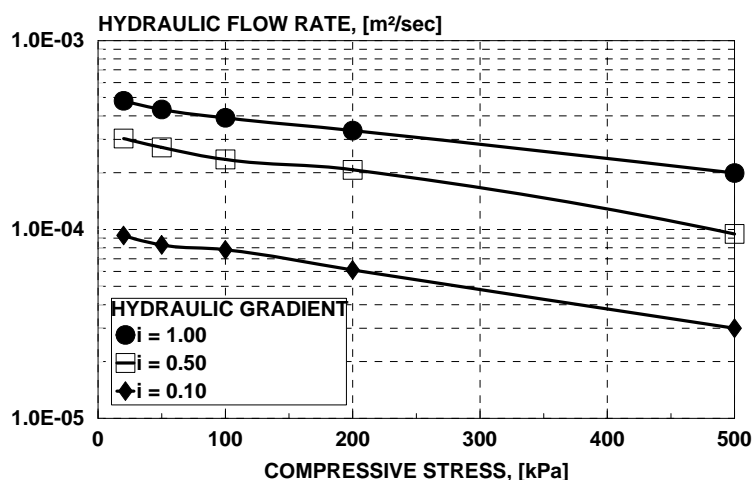
Per determinare il Geocomposito drenante adatto occorre quindi determinare la portata scaricata dal Geocomposito stesso, in base a:

- gradiente idraulico
- portata specifica
- variazione della portata specifica con il gradiente idraulico.

Tale determinazione viene eseguita mediante prove di laboratorio.

La portata di progetto del GSX drenante va poi determinata applicando opportuni Fattori di Riduzione RF.

Viene qui di seguito mostrato un esempio di diagramma della portata specifica di un Geocomposito drenante.



STABILITA' DELLA COPERTURA

La situazione tipica della copertura di una discarica presenta diverse interfacce "critiche": il contatto tra GCL e GMA (nel caso di impermeabilizzazione composita); il contatto tra GCL o GMA e lo strato drenante sottostante, il contatto tra GCL o GMA e lo strato drenante sovrastante; infine il contatto tra lo strato drenante ed il terreno vegetale.

ALPE ADRIA TEXTIL

Esempio: i risultati presentati da Bressi e al. (1995) indicano come il contatto tra un GCL ed un geocomposito drenante possa garantire un angolo di resistenza a taglio compresa tra i 9.59° ed i 16.38° .

Per inclinazioni superiori a 16.38° la stabilità della copertura potrà essere garantita solo ancorando i GSX in una trincea in cresta al pendio e/o provvedendo un GSX di rinforzo.

Se la stabilità degli strati di copertura non può essere garantita dalla resistenza al taglio lungo l'interfaccia critica, va inclusa una geogriglia o una geostuoia rinforzata in grado di fornire la resistenza mancante con minimi allungamenti.

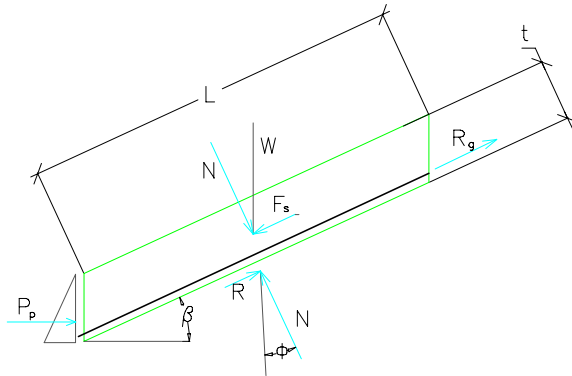
La foto mostra l'utilizzo di una geogriglia di rinforzo per la stabilizzazione degli strati di copertura.



ALPE ADRIA TEXTIL

CALCOLO DI STABILITA'

Il calcolo di stabilità della copertura va effettuato con il metodo proposto da Recalcati & Rimoldi (1996), di cui viene mostrato lo schema.



Metodo di Recalcati&Rimoldi (1996): L =lunghezza del pendio; t =spessore del terreno; W =peso del terreno; N = componente normale al piano di W ; F_s =componente parallela al piano di W ; P_p =spinta passiva al piede; R_g =resistenza del geosintetico di rinforzo; ϕ =angolo di attrito all'interfaccia critica; β =inclinazione del pendio

Con tale metodo è possibile calcolare quale sia la resistenza del rinforzo necessaria per ottenere il prefissato Fattore di Sicurezza FS.

Nel metodo di Recalcati e Rimoldi la resistenza a trazione R_g del GSX di rinforzo corrisponde alla Resistenza a Lungo Termine (comunemente indicata con LTDS), ottenuta mediante estrapolazione di prove di creep.

Si fa notare che la resistenza ammissibile richiesta per la Geogriglia dipende dalla lunghezza del pendio che rimane "appesa" all'ancoraggio superiore.

Pertanto si ottengono situazioni completamente diverse a seconda che la geogriglia sia ancorata solo in testa al pendio o che siano previsti ancoraggi lungo ciascuna berma intermedia.

Si possono prevedere anche due strati di Geogriglie, posizionate una alla base e una a metà dello spessore del terreno vegetale.

ALPE ADRIA TEXTIL

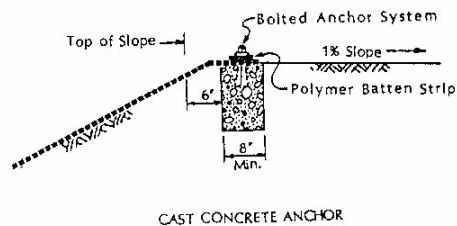
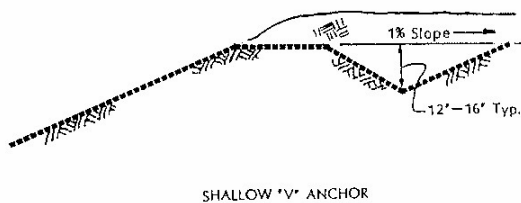
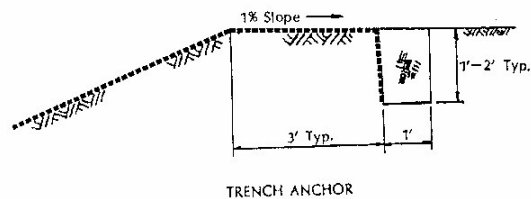
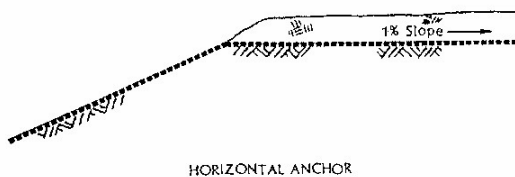
Gli strati di GSX, e in particolare il GSX di rinforzo, vanno ancorati in una trincea in sommità o lungo ogni berma del pendio. Il calcolo di stabilità della trincea va effettuato con appropriati metodi di calcolo.

Vanno particolarmente curati i dettagli costruttivi per assicurare la continuità dello strato impermeabile anche nelle trincee di ancoraggio (che spesso fungono anche da collettori delle acque di ruscellamento superficiale).

Infine si deve tener conto, anche ai fini delle pendenze necessarie per assicurare il funzionamento dei GSX drenanti, dell'assestamento dei rifiuti nel tempo.

I GSX posti sulle pareti devono essere ancorati sulla cresta del pendio, o mediante adeguato sovraccarico, o in trincee perimetrali; quindi i possibili metodi di ancoraggio sono

- per attrito;
- in trincea riempita di terreno compattato;
- per fissaggio a un blocco rigido (in genere di cls).



Possibili metodi di ancoraggio

ALPE ADRIA TEXTIL

Il GSX sarà soggetto ad una forza di trazione pari a R_g .

Per assicurare il necessario ancoraggio, è necessario che alle estremità del GSX agisca un sovraccarico tale da impedire lo sfilamento.

Il coefficiente di interazione f_{po} tra GSX e terreni è ricavabile mediante prove di Pull-Out

Devono essere calcolati la lunghezza del GSX di rinforzo all'interno della trincea e lo spessore del terreno di ricoprimento, in modo che non si verifichi il pull-out del rinforzo; il metodo di calcolo è diverso a seconda della forma che si intende adottare per la trincea di ancoraggio.

Le GMA devono essere ancorate alla fine delle operazioni di saldatura. In tal modo si permette il miglior posizionamento delle GMA per la saldatura dei rotoli contigui. I GSX che vanno riempiti o ricoperti di terreno (geogriglie, geocelle, geostuoie) devono essere invece ancorati prima di essere stesi lungo il pendio.

Gli assestamenti si possono valutare con opportuni metodi di analisi.

E' possibile anche realizzare una copertura temporanea con una GMA preassemblata e attendere un tempo sufficiente a far sviluppare parzialmente o totalmente gli assestamenti, prima di realizzare la copertura definitiva.

Oltre all'analisi di stabilità contro lo scivolamento della copertura, va eseguita l'analisi di stabilità globale dell'insieme copertura – massa di rifiuti: questa può essere fatta con i classici metodi dell'equilibrio limite, tenendo conto delle proprietà geotecniche dei rifiuti.

Se l'analisi fornisce Fattori di Sicurezza inadeguati è possibile rinforzare il cumulo di rifiuti con Geogriglie o Geotessili tessuti. Il calcolo va eseguito con i metodi validi per i pendii ripidi rinforzati, tenendo sempre conto delle proprietà geotecniche dei rifiuti.

In aree sismiche le analisi di stabilità (sia quella a scivolamento, sia quella globale, sia la stabilità interna nel caso di rifiuti rinforzati) vanno fatte anche in condizioni sismiche, con metodi pseudo-statici e/o con metodi dinamici. Occorre perciò tener conto in questo caso delle proprietà dinamiche dei rifiuti.

Infine va previsto un adeguato sistema di controllo dell'erosione superficiale, che può includere geocelle, geostuoie e biostuoie.

Nel caso di utilizzo di geocelle, che costituiscono un elemento strutturale per la stabilità dello strato di terreno in esse contenuto, va eseguito il relativo calcolo di stabilità, con il metodo proposto da Ricciuti & Rimoldi (1994).

PROPOSTA DI COPERTURA

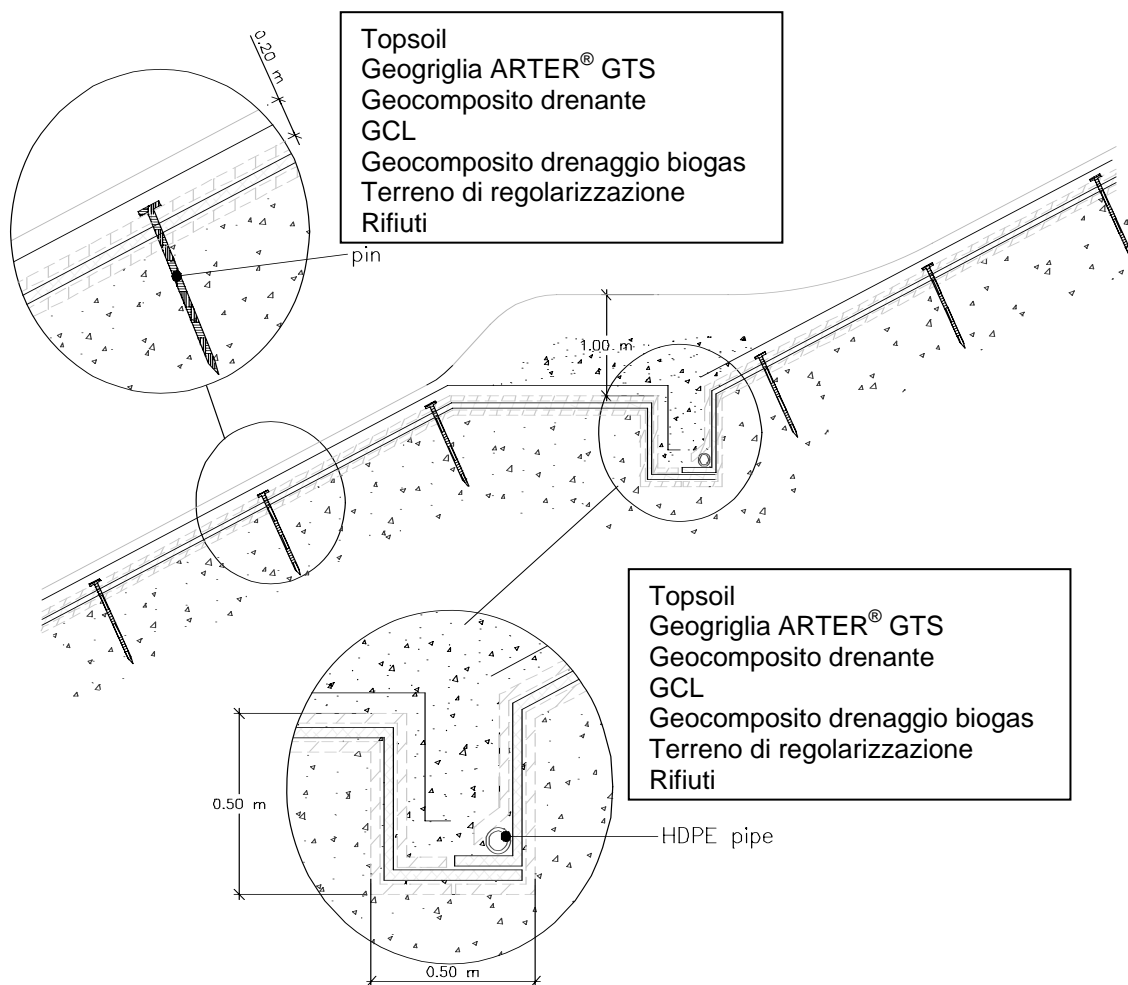
In base alle considerazioni sopra esposte, si propone la seguente sequenza degli strati, dall'alto verso il basso:

- terreno vegetale: spessore = 0.5 m;

ALPE ADRIA TEXTIL

- Geogriglia di rinforzo **ARTER® GTS**
- geocomposito drenante
- GCL
- GMA strutturata su entrambe le facce
- Geocomposito di drenaggio biogas
- Terreno di regolarizzazione (tout venant spessore 100 - 200 mm)
- Rifiuti.

Si mostra qui di seguito lo schema della discarica di Cerro Maggiore (Milano, Italia), che segue una sequenza degli strati simile a quella qui proposta.



ALPE ADRIA TEXTIL



Capping della discarica di Cerro Maggiore: 1: Geocomposito drenante;
2: Geocomposito drenaggio Biogas; 3: GCL; 4: Geogriglia

Chiaramente occorrono analisi di stabilità accurate, basate sui reali valori delle caratteristiche geotecniche dei terreni e delle interfacce interessate.

Ing. Pietro Rimoldi
World Tech Engineering Srl

Giorgio Gandin
Alpe Adria Textil Srl