

Comune di Colle Sannita

Provincia di Benevento



P.O.R. Campania FESR 2007 / 2013

Obiettivo operativo 1.2

Migliorare la salubrità dell'ambiente - Programmazione attività a) e b)

Committente	Comune di Colle Sannita
Progetto	Piano Operativo ed Attività di Bonifica della discarica comunale in località Acqua Solfatara

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione tecnica progettuale

TAV. N°	E.4	Scala	
---------	-----	-------	--

I progettisti

Dott. Ing. Angelo FINELLA

Dott. Ing. Christian BELMONTE

Dott. Agr. Giuseppe ZEOLLA

L'impresa esecutrice



Visti ed approvazioni

Il Sindaco

Dott. Giorgio Carlo Nista

Il RUP

Ing. Giuseppe MARTUCCIO

INDICE

1)Premessa	pag.2
2)Introduzione	pag.2
3)Interventi in progetto	pag.3
 <u>Ripulitura manto erbaceo ed arboreo</u>	pag.5
<u>Ricognizione e smaltimento di rifiuti liberi</u>	pag.5
<u>Inertizzazione della superficie attuale di discarica</u>	pag.6
<u>Riprofilatura morfologica del corpo di discarica</u>	pag.8
<u>Capping</u>	pag.9
<u>Regimazione acque meteoriche</u>	pag.30
<u>Regimazione delle acque di infiltrazione</u>	pag.32
<u>Realizzazione diaframma impermeabile</u>	pag. 38
<u>Realizzazione pozzi per barriera idraulica</u>	pag.41
<u>Condizionamento piezometri</u>	pag.42
<u>Schema progettuale degli interventi di bonifica</u>	pag.45
<u>Bonifica dei suoli</u>	pag.47
<u>Bonifica delle acque</u>	pag.48
<u>Ripristino ambientale</u>	pag.50
<u>Recinzione con finitura a verde a basso impatto visivo</u>	pag.52
<u>Realizzazione impianto di illuminazione con lampioni a led</u>	pag.53
<u>Risanamento strada comunale di accesso alla discarica</u>	pag.54
4) Conclusioni	pag.59

1)Premessa

Il Progetto Esecutivo in epigrafe riguarda la messa in sicurezza permanente da attuare presso la discarica autorizzata comunale di Colle Sannita (BN), per la quale è stato effettuato integralmente lo studio di Caratterizzazione Sito-Specifica in rispetto del Testo Unico Ambientale 152/2006 del 03/04/2006 s.m.i.(in seguito T.U.A.). Tali interventi interessano l'intera superficie di discarica, attualmente preclusa in modo definitivo allo sversamento di RSU e sono finalizzati alla riduzione dell'incidenza delle acque meteoriche sul corpo di discarica, al fine di ridurre di infiltrazione delle stesse e con l'intento di ridurre in modo progressivo ed efficace la generazione di percolato. Verranno dunque predisposte misure profonde e superficiali, volte ad impedire la migrazione di eventuali inquinanti dalla discarica verso l'esterno.

2) Introduzione

Al Titolo V° ("Bonifica di siti contaminati") del T.U.A., vengono menzionati i livelli di bonifica applicabili a seconda delle caratteristiche di utilizzo del sito contaminato. Per il sito in esame, come riportato all'art.240 capo o), viene applicata la messa in sicurezza permanente. Tale scelta di bonifica è stata individuata osservando quanto contenuto negli Allegati al T.U.A., con particolare riferimento al Titolo V° del T.U.A 152/06, dove,all'All.3 vengono descritti i "Criteri generali per gli interventi di bonifica e di messa in sicurezza".

In accordo con quanto riportato in questo punto, si specifica che l'intervento di messa in sicurezza in progetto, è finalizzato alla riduzione e all'isolamento delle fonti inquinanti ed al contenimento della diffusione degli inquinanti per impedirne il contatto con l'uomo e con i recettori ambientali circostanti. L'intervento ha carattere definitivo e dunque la messa in sicurezza è permanente, in quanto il sito non è interessato da attività di conferimento e di esercizio e non è possibile procedere alla rimozione integrale degli inquinanti pur applicando le migliori tecnologie disponibili a costi sostenibili. Nelle operazioni di messa in sicurezza sono comprese le azioni di monitoraggio e controllo finalizzate alla verifica nel tempo delle

soluzioni adottate ed il mantenimento dei valori di concentrazione degli inquinanti, nelle matrici ambientali interessate, al di sotto dei valori soglia di rischio (CSR).

Gli interventi di messa in sicurezza saranno condotti secondo i seguenti criteri tecnici generali:

- a) Privilegiare le tecniche di bonifica che riducono permanentemente e significativamente la concentrazione nelle diverse matrici ambientali, gli effetti tossici e la mobilità delle sostanze inquinanti;
- b) Privilegiare le tecniche di messa in sicurezza permanente che blocchino le sostanze inquinanti in composti chimici stabili (es. fasi cristalline stabili per metalli pesanti);
- c) Evitare ogni rischio aggiuntivo a quello esistente di inquinamento dell'aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni inconveniente derivante da rumori e odori;
- d) Evitare rischi igienico sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi;
- e) Adeguare gli interventi di ripristino ambientale alla destinazione d'uso e alle caratteristiche morfologiche, vegetazionali e paesistiche dell'area;
- f) Adeguare le misure di sicurezza alle caratteristiche specifiche del sito e dell'ambiente da questo influenzato;
- g) Evitare ogni possibile peggioramento dell'ambiente e del paesaggio dovuto dalle opere da realizzare.

3) Interventi in progetto

Il progetto, come accennato, prevede la realizzazione di interventi indirizzati alla messa in sicurezza permanente della discarica. Gli interventi saranno condotti seguendo lo schema riportato al paragrafo *"Bonifica e ripristino ambientale; messa in sicurezza permanente "*, degli allegati al T.U.A.

L'intervento scelto è da considerarsi definitivo e mira a rendere il sito successivamente fruibile esclusivamente per gli utilizzi consentiti dagli strumenti urbanistici in vigore presso l'Ente proprietario.

Il programma di intervento proposto è schematizzato come segue:

- Definizione della destinazione d'uso del sito prevista dagli strumenti urbanistici (*Effettuata nella fase di caratterizzazione*);
- Acquisizione dei dati di caratterizzazione del sito, dell'ambiente e del territorio influenzati, secondo i criteri definiti nell'Allegato 2 al V° Titolo degli allegati;
- Definizione degli obiettivi da raggiungere, secondo i criteri definiti nell'Allegato 1 al V° Titolo degli allegati e selezione della tecnica di bonifica;
- Selezione della tecnica di bonifica e definizione degli obiettivi da raggiungere, sempre in base ai criteri del citato Allegato 1;
- Selezione delle eventuali misure di sicurezza aggiuntive;
- Studio di compatibilità ambientale degli interventi;
- Definizione dei criteri di accettazione dei risultati;
- Controllo e monitoraggio degli interventi di messa in sicurezza permanente e delle eventuali misure di sicurezza nella fase post-operativa;
- Definizione delle eventuali limitazioni e prescrizioni all'uso del sito.

In riferimento alle misure di sicurezza da adottare a tutela degli operatori che realizzeranno la messa in sicurezza, si specifica che il sito non è caratterizzato dalla presenza di inquinanti pericolosi localizzabili nel sistema out-door in quanto dalle risultanze degli studi di caratterizzazione sono stati rilevati inquinanti esclusivamente nelle acque sotterranee e nel sottosuolo. Verrà dunque applicato un piano di sicurezza e coordinamento dei lavori del tipo standard al quale verranno applicate le correzioni ed integrazioni minime che si applicano per condizioni di lavoro in ambienti contaminati.

Gli interventi proposti includono l'assoluto divieto di movimentazione della massa di RSU stoccati.

In particolare, il processo di messa in sicurezza sarà costituito dalle seguenti azioni:

- ✓ Ripulitura manto erbaceo ed arboreo comprensiva di eradicazione integrale;
- ✓ Ricognizione e smaltimento di eventuali rifiuti liberi in discarica;
- ✓ Inertizzazione della superficie attuale di discarica;

- ✓ Riprofilatura morfologica del corpo di discarica;
- ✓ Capping (Copertura definitiva della discarica);
- ✓ Regimazione acque meteoriche;
- ✓ Realizzazione pozzi di emungimento per acque di falda;
- ✓ Realizzazione diaframmi impermeabili mediante diaframma in cls armato;
- ✓ Condizionamento piezometri;
- ✓ Installazione camini di intercettazione del biogas;
- ✓ Ripristino ambientale;
- ✓ Installazione stazione meteorologica;
- ✓ Installazione impianto di illuminazione;
- ✓ Ripristino viabilità di accesso alla discarica.

Ripulitura manto erbaceo ed arboreo

Si provvederà ad eliminare tutta la copertura erbacea ed eventualmente arborea presente sul corpo della discarica al fine di eliminare l'interferenza creata dagli apparati radicali con la parte superficiale della discarica. Verranno utilizzati esclusivamente attrezzature manuali di taglio e sfalcio precludendo la rimozione meccanica della parte superficiale della discarica in modo da non creare disturbo all'assetto degli RSU stoccati. La superficie da trattare è equivalente a 1.800 mq.

Ricognizione e smaltimento di rifiuti liberi

Preventivamente alle operazioni di realizzazione del capping e di tutte le opere accessorie, l'impresa esecutrice dei lavori provvederà la bonifica preliminare dell'area da rifiuti di varia natura abbandonati e sversati in modo incontrollato.

Nell'intera area di pertinenza e circostante la discarica, prima dell'effettivo inizio delle lavorazioni, ed in occasione di ritrovamenti a seguito di scavi, etc. e comunque prima di provvedere alla sistemazione a verde delle aree, si provvederà ad un generale intervento di bonifica mediante la raccolta ed il conferimento a discarica dei rifiuti presenti, bonificando le aree.



I rifiuti presenti e quelli eventualmente rinvenuti durante le lavorazioni, saranno idoneamente smaltiti, a carico dell'impresa esecutrice dei lavori, a seconda della loro tipologia, ai sensi delle norme vigenti. Lungo la strada adiacenti la discarica, rappresentata da un tratturello dismesso, si provvederà anche alla pulizia accurata delle scarpate, con taglio della vegetazione spontanea che favorisce l'accumulo e l'occultamento dei rifiuti abbandonati. Sarà dunque messo in atto un intervento generale di pulizia degli ambiti pertinenti alla discarica mediante un decespugliamento selettivo della componente arbustiva, di un taglio di sfollo dei polloni presenti e di un diradamento alto leggero a carattere fitosanitario.

Inertizzazione della superficie attuale di discarica

Per i terreni di risulta provenienti dagli scavi - che risultassero contaminati a seguito di specifiche analisi chimiche di laboratorio - si provvederà a trattamenti di stabilizzazione chimica ed "inertizzazione", al fine di abbatterne l'eventuale carico inquinante. L'obiettivo da conseguire è quello di stabilizzare il rifiuto, rendendolo inerte e resistente alle azioni chimiche di soluzioni aggressive nel tempo. Nello specifico i terreni saranno trattati con calce (stabilizzazione chimica) e cemento (inertizzazione) consentendone il riutilizzo come

inerte (eventualmente miscelato con pietrame e misto granulare per aumentarne la resistenza) per riempimenti e sottofondi, e, aspetto non secondario, riducendo drasticamente i volumi di materiale da conferire in discarica.

Un approccio di questo genere è del tutto innovativo nel campo dello smaltimento dei rifiuti, dove finora la maggior parte degli impianti (in Italia e in Europa) hanno sempre privilegiato il criterio del "declassamento", vietato dalla normativa vigente, ma di fatto attuato in molti impianti.

Quale ulteriore intervento migliorativo delle caratteristiche meccaniche e della stabilità chimica del corpo discarica, verrà attuato un intervento di stabilizzazione in sito dello strato di regolarizzazione sovrastante l'ammasso dei rifiuti.

Tale strato, modellato come da progetto, con materiali provenienti dagli scavi (e in minima parte da cave esterne), una volta trattato e stabilizzato, garantirà una maggiore portanza e stabilità al sovrastante complesso di copertura (capping multistrato). Il terreno trattato, peraltro, acquisendo caratteristiche di bassa permeabilità (tale comunque da permettere la fuoriuscita del biogas), costituirà un ulteriore barriera contro l'infiltrazione di acque meteoriche all'interno del corpo discarica, nel caso di danneggiamenti eccezionali alla copertura multistrato.

SPECIFICHE TECNICHE DI REALIZZAZIONE

Stabilizzazione in sito per fini ambientali dell'area contaminata, mediante trattamento binario calce e cemento Portland con ulteriore messa in sicurezza del sito e miglioramento delle caratteristiche meccaniche (consolidamento) del substrato (strato di regolarizzazione)

Procedura da seguire:

- trattamento di stabilizzazione/inertizzazione dei terreni di scavo eventualmente contaminati mediante miscelazione con idonei reagenti (calce, cemento portland) al fine di ottenere un materiale chimicamente più stabile;
- prelievo campioni di fondo scavo per analisi chimiche;
- definizione della miscela finalizzata a ridurre i fattori inquinanti (carbonio organico);

- stabilizzazione binaria calce + cemento;
- prelievo di campioni per il collaudo finale dell'intervento.



ESEMPI DI STABILIZZAZIONE IN SITO DI TERRENI CONTAMINATI

Riprofilatura del corpo di discarica

I rifiuti, con il trascorrere del tempo subiscono varie trasformazioni fisico-chimiche, producendo una porzione liquida (percolato) ed una porzione di gas metano (biogas). La degradazione della materia è caratterizzata, contemporaneamente, da una variazione di volume significativa, in quanto sia la porzione liquida che quella gassosa, in genere, migrano verso l'esterno del corpo di discarica. In funzione di questo aspetto, si rende necessario effettuare una nuova sagomatura del corpo della discarica, in modo da ottenere una superficie definitiva priva di discontinuità plano-altimetriche o depressioni localizzate che possano ostacolare un efficiente allontanamento delle acque di afflusso esogeno. Senza tale intervento non risulterebbe, inoltre, possibile la corretta posa in opera degli elementi impermeabili che rappresentano la parte fondamentale del capping definitivo.

Per conferire maggiore stabilità all'abbanco di rifiuti e consentire la posa della copertura superficiale è stato previsto un intervento di riprofilatura con una configurazione leggermente convessa della superficie sommitale, osservando, principalmente nei settori di

scarpata a valle, pendenze massime di circa 35°. In questo modo si garantirà un efficace migrazione delle acque meteoriche verso i collettori di base, costituiti da specifiche cunette anch'esse impermeabilizzate.

La risagomatura sarà effettuata evitando in assoluto il compensamento, con scavi e riporti, che possa intercettare i rifiuti. Verrà infatti apportato materiale argilloso naturale con elevate caratteristiche di impermeabilizzazione. Il materiale sarà reperito in maggior parte da fonti esterne ed in minima parte reperiti in sito come risulta degli scavi effettuati per diaframmi, muri, pozzi e piezometri.

Prima di procedere con la risagomatura delle aree oggetto di intervento risulta necessario un preliminare intervento di razionalizzazione dei sistemi di estrazione del biogas presente. Allo scopo verranno infissi nella parte superficiale del corpo di discarica, una serie di specifici camini in ragione di N° 12 elementi che avranno il compito di fungere da sfiato di eventuali gas di origine organica

Effettuata la risagomatura ed ottenuta la configurazione finale, si realizzeranno al piede di tutte le scarpate, prima di procedere con la copertura superficiale, delle cunette di drenaggio superficiale, in grado di intercettare ed allontanare le acque meteoriche precludendone l'eventuale infiltrazione nel corpo di discarica.

Capping

Quando il periodo di utilizzo della discarica è ormai concluso, si pone il problema della sua messa in sicurezza e del recupero ambientale dell'area. Il dimensionamento dei componenti di un sistema di copertura finale dovrebbero essere effettuati tenendo conto di vari fattori tra cui riteniamo importante segnalare i seguenti:

- 1) *Variabilità caratteristica dei rifiuti;*
- 2) *Tipologia ed entità dell'eventuale trattamento;*
- 3) *Disponibilità dei materiali di copertura;*
- 4) *Esigenze di una certa volumetria di acqua nel corpo rifiuti per garantire lo sviluppo dei processi anaerobici di degradazione*

(necessaria per sostenere le reazioni di idrolisi enzimatica quali fasi propedeutiche alla successiva metabolizzazione da parte dei batteri acidogeni, acetogeni e metanigeni);

5) Esigenze di natura meccanica legate alla stabilità ed all'assestamento del corpo di rifiuti;

In funzione di queste problematiche, si possono sostanzialmente realizzare tre diverse tipologie di coperture:

- *Sigillata a valvola chiusa (copertura come da DL attualmente in vigore;*
- *Semistagna o a valvola regolata (barriere capillari);*
- *Completamente aperta (copertura con compost).*

La prima ha lo scopo di evitare l'infiltrazione di acqua, riducendo la produzione di percolato.

La seconda ha la funzione di regolare l'ingresso di acqua in entrata alle quantità necessarie per lo sviluppo della fase di degradazione anaerobica.

La terza non limita in alcun modo l'ingresso di acqua in modo da permettere una elevata lisciviazione dei rifiuti al fine di ridurre il loro potenziale impatto ambientale nel lungo termine.

La norma italiana (D.L. 13 gennaio n°36) fa riferimento ad una stratigrafia riconducibile ad una copertura del primo tipo.

Con il termine di "capping" si intende un complesso sistema progettuale (in grado di soddisfare tutta una serie di requisiti) finalizzato ad un riassetto del territorio dal punto di vista paesaggistico, igienico e di tutela ambientale.

E' utile enunciare le problematiche fondamentali che il progettista deve considerare quando si accinge a realizzare tale sistema.

In genere, si ragiona partendo dagli "aspetti secondari", ma visibilmente impattanti che in concreto meno riguardano le finalità di questa trattazione, per poi arrivare agli "aspetti principali" di interesse che sono la tutela e la salvaguardia della salute umana e la conservazione degli ecosistemi naturali.

In altre parole si dovrebbe dare maggiore valenza ad una messa in sicurezza tecnicamente e funzionalmente efficace anche se visivamente impattante e non viceversa, specialmente quando è economicamente improponibile la bonifica integrale ovvero quando esistono vincoli di interdizione alla movimentazione ed asportazione dei rifiuti.

- Aspetti secondari: *esigenze di tipo paesaggistico-architettonico che prevedono il reinserimento del sito nel contesto territoriale circostante con il recupero finalizzato ad attività umane (tipico è il caso di realizzazione di parchi o aree attrezzate per fini ricreativi e sportivi);*
- Aspetti principali: *Esigenze di salvaguardia ambientale per cui la massa di rifiuti stoccata deve essere messa in condizioni di non nuocere.*

Al fine di configurare interventi di messa in sicurezza che producano effetti significativi sulla salute umana e sull'ambiente e contemporaneamente migliorino l'inserimento degli stessi nell'ambito territoriale di appartenenza, è necessario utilizzare prodotti e tecniche specificamente progettati, con elevate caratteristiche di compatibilità ambientale e resistenza strutturale.

A seguito di valutazioni tecnico-scientifiche e di sostenibilità economica, in riferimento al livello di bonifica da effettuare, si è convenuto di configurare un sistema di capping contemplando specifici prodotti realizzati da Officine Maccaferri S.p.a., leader internazionale nella realizzazione di interventi di risanamento in ambito ambientale, idraulico ed infrastrutturale. Pertanto gli schemi grafici riportati nella presente relazione, le schede tecniche e le relative analisi prezzi, queste ultime utilizzate per quantificare alcune azioni dell'intervento, sono riferite ai listini applicati da Officine Maccaferri S.p.a. In accordo con quanto contenuto nelle normative vigenti riguardo le azioni di bonifica ed alla gamma di prodotti realizzati da Officine Maccaferri S.p.a., si espongono in seguito diverse configurazioni applicabili per realizzare un sistema di capping.

A termine di detta disamina si propone la soluzione specifica per il sito in oggetto.

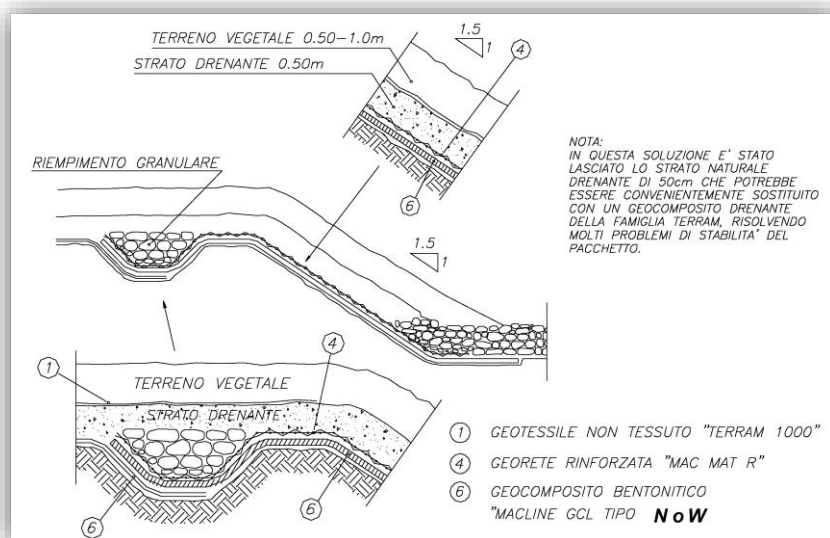


Fig. 1 -Schema tipo per copertura capping

Utilizzando gli elementi gabbioni o TERRAMESH SYSTEM vengono in genere realizzati muretti, piattaforme mentre, impiegando elementi TERRAMESH VERDE e geogriglie PARAGRID, si potranno costruire rilevati ad opere in terra di qualsiasi natura con scarpate perfettamente rivegetabili. Se viene poi prevista la realizzazione di bacini o aree depresse, i geocompositi bentonitici della famiglia MACLINE GCL ed SDH costituiscono una valida soluzione progettuale. La lista potrebbe continuare, ma si ritiene opportuno passare ad un'attenta analisi di ciò che verrà posto tra la massa dei rifiuti e lo strato di terreno di riporto in quanto esso costituisce il cuore del sistema di capping.

Il pacchetto di chiusura

Esaminando lo schema di seguito riportato, si possono individuare i singoli strati (in totale sette) che costituiscono un sistema di copertura classico e si noterà che, in sostanza, si ripropongono molte delle problematiche di quello di fondo.

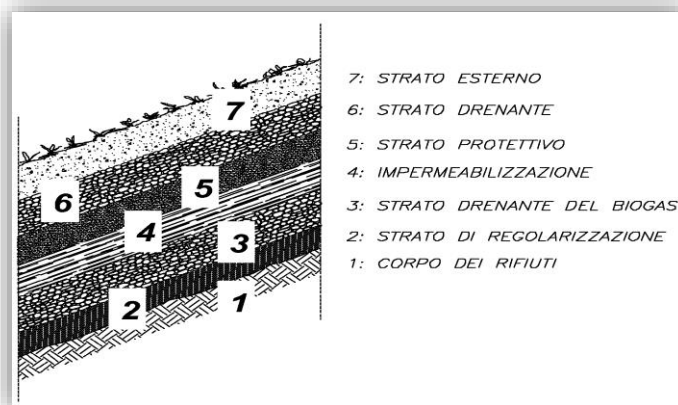


Fig. 2 -Strati fondamentali per copertura capping

Pertanto, è opportuno, prima di dettagliare le varie proposte progettuali, evidenziare le differenze tra i due sistemi di barriera.

Quello di fondo deve impedire il verificarsi di perdite di percolato nel suolo e dunque a tale scopo è finalizzato. Nel caso in esame non si interverrà alla realizzazione del sistema di fondo che comporterebbe l'allontanamento della massa di rifiuti. Peraltro un sistema di fondo è stato realizzato nel progetto di adeguamento della discarica effettuato anni addietro e dello stesso non si ha sicurezza riguardo alla tenuta;

il sistema di superficie deve invece impedire il flusso in entrambe le direzioni infatti:

- Deve contenere e convogliare il biogas generato all'interno della massa dei rifiuti durante i processi di digestione anaerobica negli appositi sistemi di trattamento (es. camini di espulsione, torce di combustione, impianto di trattamento e riutilizzo)
- Deve impedire e/o regolare la penetrazione di acque meteoriche esterne all'interno del corpo dei rifiuti in modo da evitare la loro contaminazione e di minimizzare la produzione del percolato.

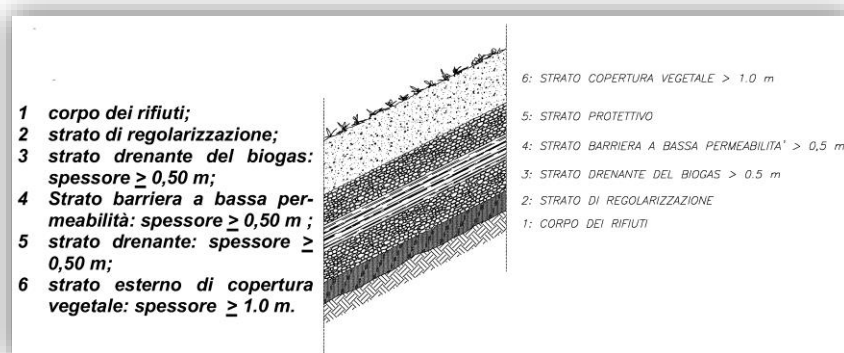


Fig. 3 –Sistema semplificato per copertura capping

Tale schermo non deve essere necessariamente totale e taluni autori prevedono una regolare immissione di reflui nel corpo dei rifiuti per cui lo strato di impermeabilizzazione avrà prestazioni idrauliche nettamente inferiori rispetto a quelle del sistema barriera di fondo. L'inclinazione delle scarpate gioca un ruolo molto importante nella definizione della soluzione tecnologica da adottare per cui molto spesso questa viene differenziata, anche all'interno di un medesimo sito, non solo tra superfici piane o inclinate, ma addirittura in funzione delle diverse pendenze e lunghezze di queste ultime. Premessi questi distinguo, è opportuno anche precisare che molte coperture finali sono state sino ad oggi, e vengono ancora progettate, con materiali naturali (argille e ghiaie) per cui, per ciascuno tra i sette strati di interesse di seguito elencati, si proporrà lo schema indicato dal D.L. 13 gennaio 2003 n°36 e la possibile alternativa (qualora non esplicitamente prevista dalla norma citata, ma comunque necessaria in molti casi per una serie di motivazioni tecniche ed economiche) con materiali geosintetici dimensionati applicando il criterio di equivalenza prestazionale e funzionale. Si adotterà un'unica soluzione sia per le aree in piano e quelle in scarpata.

Strato di regolarizzazione

Verrà realizzato con terreno di tipo granulare e dunque dalle caratteristiche drenanti al di sopra dello strato di rifiuti ed ha la funzione di regolarizzare il piano di posa del pacchetto di chiusura. Con riferimento ad applicazioni su superfici piane è consigliabile interporre tra i rifiuti e tale massa di terreno un geotessile non tessuto separatore, al fine di

migliorare le prestazioni meccaniche di tale strato e di limitare la quantità di terreno di riporto necessaria a colmare tutte le irregolarità della massa di rifiuti stessa. A tale scopo risulta sufficiente un geotessile nontessuto tipo TERRAM.

Strato drenante del biogas e di rottura capillare

Esso ha la funzione di intercettare il biogas generato all'interno della massa dei rifiuti e di convogliarlo a specifici sistemi di smaltimento.

La soluzione classica prevede di realizzare tale strato con uno spessore di circa 0,50m di ghiaia pulita (pezzatura 16-32) con una percentuale di fine (passante al vaglio 200 ASTM) inferiore al 5% (la norma non fornisce indicazioni al riguardo per cui si farà riferimento alle indicazioni fornite nelle Linee Guida del Comitato Tecnico Discariche). Al fine di separare tale ghiaia dal sottostante terreno argilloso ed impedirne la miscelazione si consiglia (in conformità alle prescrizioni della norma che indica che tale strato deve essere protetto da eventuali intasamenti), nelle situazioni in piano, di interporre tra i due strati un geotessile separatore tipo TERRAM. In genere per elevare le caratteristiche di stabilità si rende necessario l'impiego di geogriglie tipo MACGRID, PARAGRID o geostuoie tipo MACMAT. In merito, in seguito, uno schema descrittivo in cui lo strato di ghiaia naturale viene contenuto all'interno di un materassi tipo Reno.

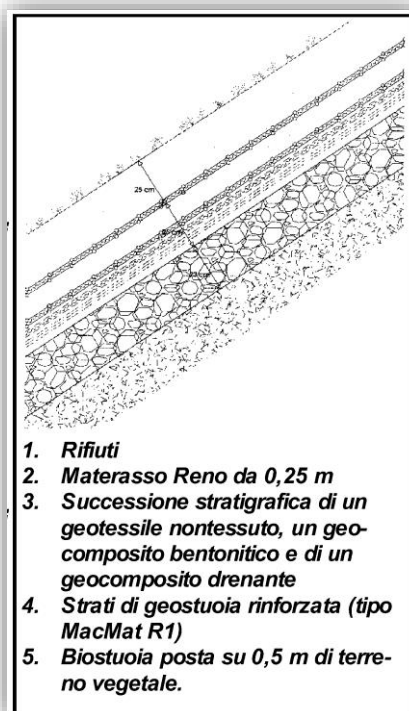


Fig. 4 –Sistema semplificato per copertura capping

In alternativa alla ghiaia si può utilizzare un geocomposito drenante della famiglia MACDRAIN in grado di svolgere la medesima azione conseguendo un indubbio vantaggio sia economico che funzionale:

- Si elimina la necessità di reperire materiale inerte con la granulometria indicata (in molte regioni italiane gli inerti sono merce rara che spesso deve essere trasportata da cave poste a notevole distanza dal sito da sistemare);
- Si limita lo spessore dello strato (da 0,50m a qualche millimetro) incrementando la velocità e la facilità di posa in opera, contribuendo ad alleggerire il peso stesso del sistema nel suo complesso;
- Si svincola la soluzione prescelta da qualunque condizionamento di natura geotecnica (stabilità del pacchetto di copertura) imposto dall'inclinazione della superficie di appoggio.

In aggiunta a questi vantaggi va considerato che il geocomposito drenante può essere rinforzato accoppiandolo con un tessuto divenendo, pertanto, in grado di svolgere oltre alla funzione di drenaggio anche quella di rinforzo

potendo pertanto costituire (per le superfici in piano) la “platea di fondazione” di tutto il sistema di barriera di superficie. Il geocomposito drenante sarà dimensionato in modo tale da avere una equivalenza idraulica tra le prestazioni dello strato drenante da 0,50m previsto ed il geocomposito sostitutivo stesso.

Impermeabilizzazione

Esso svolge la funzione di schermo del corpo dei rifiuti dall’ambiente esterno sia in relazione al biogas che alle acque meteoriche. La soluzione suggerita è ancora quella che prevede la realizzazione di uno strato minerale a bassa permeabilità di spessore non inferiore a 0,50m; non vengono date indicazioni in merito alla permeabilità che si può assumere, per analogia, pari a $K = 1 \times 10^{-9}$ m/sec.

Nonostante tale strato sia imposto dalle disposizioni legislative non si può non rilevare che esso ha evidenziato molti limiti:

- Difficile impiego su superfici inclinate sia per la difficoltà di compattare e rullare l’argilla in modo adeguato che per motivazioni di tipo geotecnico;
- Tendenza della argilla stessa a fessurarsi anche molto profondamente a causa della perdita di umidità degli strati superficiali con conseguente abbattimento del grado di impermeabilizzazione dello strato realizzato.

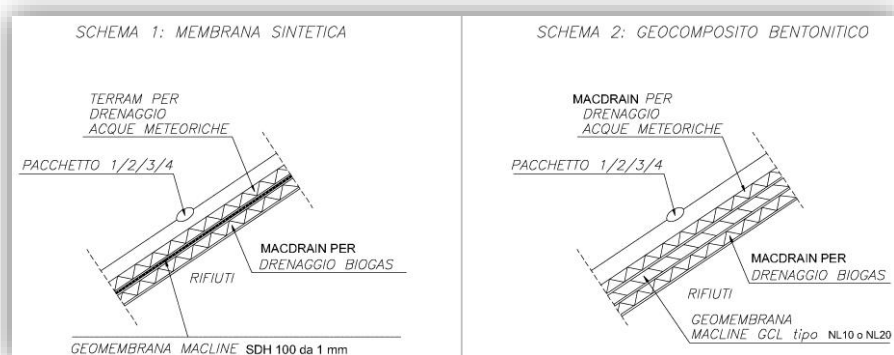


Fig. 5 –Particolari realizzativi delle membrane

Volendo comunque perseguire una soluzione che preveda l’impiego di argilla naturale si consiglia di posizionare alla base un geotessile

separatore tipo TERRAM in modo da evitare la miscelazione della stessa con lo strato drenante in inerti (tale geotessile risulta inutile se si è previsto l'impiego di un geocomposito drenante tipo MACDRAIN) ed in sommità una membrana di basso spessore (0,75 / 1,00mm) in polietilene tipo MACLINE SDH in grado di aumentare l'efficacia dell'impermeabilizzazione, annullando, nel contempo, i rischi di fessurazione dell'argilla citata in precedenza.

In alternativa alla soluzione descritta si può prevedere ciascuna delle seguenti combinazioni:

- L'impiego di un geocomposito bentonitico: MACLINE GCL tipologia NL (caratterizzato da una permeabilità di 5×10^{-13} m/sec e quindi idraulicamente equivalente allo strato minerale di 5m con permeabilità di 1×10^{-9} m/sec);
- L'impiego di una geomembrana in polietilene MACLINE SDH dello spessore di 1,0 – 1,5 mm.

Nel caso di rifiuti pericolosi la norma impone inoltre che lo strato minerale debba essere integrato da un rivestimento impermeabile superficiale quale, ad esempio, una geomembrana in polietilene MACLINE SDH dello spessore di 1,0 – 1,5 mm.

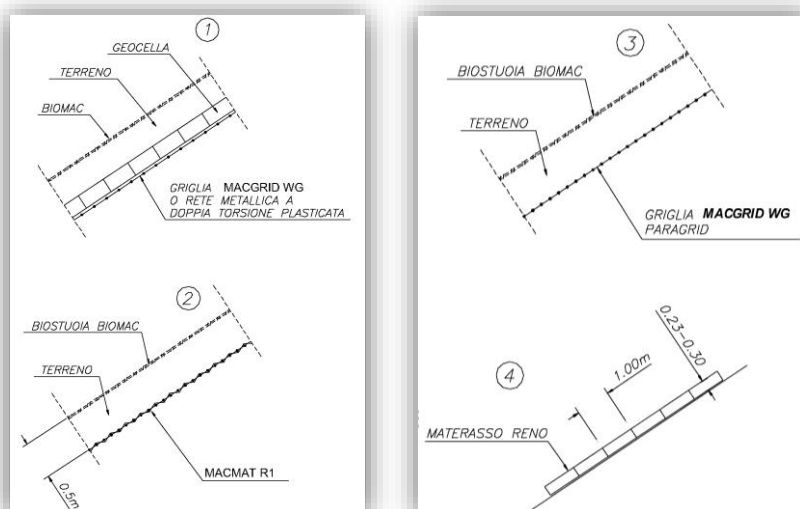


Fig. 6 -Particolari realizzativi delle membrane

Strato protettivo

Questa azione (tale strato non risulta indicato nel disegno della sezione stratigrafica tipo in quanto non prescritto dalle norme) ha la funzione di proteggere l'impermeabilizzazione da possibili fenomeni di danneggiamento e punzonamento per cui è, teoricamente, sempre da prevedere (i pacchetti di impermeabilizzazione proposti necessitano di gradi di protezione in realtà molto diversi per cui la situazione dovrà essere studiata caso per caso): in linea di massima si consiglia l'impiego di un geotessile non tessuto TERRAM 4000 qualora sotto lo strato protettivo si trovi una geomembrana mentre non risulterà necessaria alcuna precauzione in caso di presenza di un geocomposito bentonitico. L'impermeabilizzazione minerale naturale in argilla non necessita di alcuna protezione, ma è comunque buona norma posare sopra di essa un geotessile separatore in modo da evitare la miscelazione tra tale strato e quello successivo di drenaggio (tale osservazione ha validità solo se si pensa di realizzare il drenaggio delle acque meteoriche con inerti, mentre è priva di senso se quest'ultimo verrà realizzato mediante un geocomposito drenante tipo MACDRAIN); da ricordare che nella norma viene esplicitamente menzionato il fatto che lo strato drenante deve essere protetto da fenomeni di intasamento che ne comprometterebbero il corretto funzionamento.

Strato drenante

Esso ha lo scopo di intercettare le acque meteoriche, di convogliarle e smaltirle evitando il loro accumulo e conseguente ristagno sulla copertura; il corretto funzionamento di tale sistema è anche fondamentale ai fini della crescita della vegetazione ed infatti deve garantire il mantenimento nel terreno del tasso di umidità naturale.

Dal punto di vista realizzativo e funzionale valgono le stesse considerazioni e osservazioni espresse per lo strato di drenaggio del biogas per cui si rimanda alla lettura di tale paragrafo.

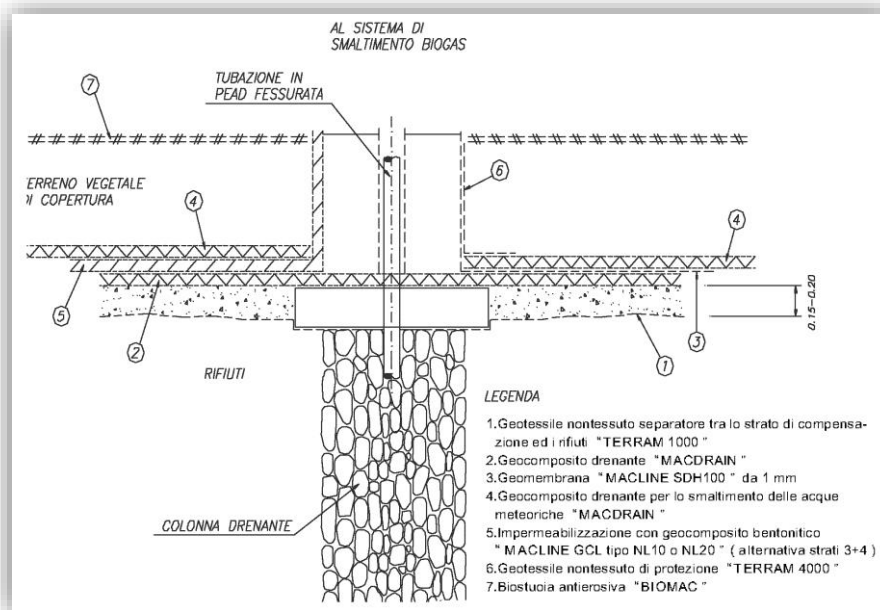


Fig. 7 -Particolari sistema smaltimento del biogas

Strato esterno: esso è costituito dal terreno di copertura di riporto e deve risultare di uno spessore tale da permettere la crescita e lo sviluppo di una adeguata copertura vegetale; sino ad oggi sulle superfici piane questo aveva uno spessore variabile tra 0,50m e 1,00m, mentre sulle scarpate difficilmente si superavano 0,50m; oggi dovremo comunque riportare uno strato di spessore minimo pari a 1,00. Particolare attenzione deve essere prestata in relazione alle porzioni in scarpata, infatti in questi casi si presenta il problema di garantire la stabilità della copertura in funzione dell'angolo di attrito di interfaccia tra il terreno di riporto ed i geosintetici. Senza ripetere quanto già detto, si ricorda brevemente che l'angolo di interfaccia del geosintetico su cui è posato il terreno difficilmente supera, in condizioni bagnate, i 10° - 12° , per cui nelle situazioni standard in cui l'inclinazione della scarpata è già prossima a 30° , si ha la necessità di un elemento di rinforzo in grado di assorbire gli sforzi in eccesso e stabilizzare il materiale di riporto. Prima di concludere questa presentazione e quindi procedere alla scelta delle varie componenti del sistema barriera di superficie, è interessante fare alcune considerazioni in relazione all'ammasso dei rifiuti costituente il corpo di posa del sistema barriera. Gli assestamenti possono verificarsi nella massa dei rifiuti a causa di fenomeni di collasso vero e proprio sia a causa della degradazione della frazione

biodegradabile dei rifiuti. Sebbene questi assestamenti possano essere uniformemente distribuiti su tutta la superficie e possano verificarsi prima della realizzazione della copertura, si verifica sovente che il sistema possa essere danneggiato da subsidenze localizzate intervenute anche dopo diversi anni dal completamento della discarica. Purtroppo, a causa della grande variabilità delle caratteristiche dei rifiuti, l'entità dei fenomeni di assestamento non può essere prevista con precisione anche se è comunque possibile classificarli in assestamenti dell'intero ammasso e assestamenti differenziati.

Gli assestamenti dell'intero ammasso sono essenzialmente relativi al processo di consolidamento che può essere paragonato a quello dei grandi ammassi di torba (Dayal et al. 1991). In genere si ha un iniziale e rapido consolidamento primario seguito dal consolidamento secondario che può durare per anni ed è porzione significativa dell'assestamento totale (tale consolidamento è massimo quando il rifiuto ha una consistente componente organica biodegradabile).

Accanto agli assestamenti dell'intero ammasso si possono verificare dei cedimenti differenziali. E' probabile che questi si rivelino temporanei e seguiti dal cedimento anche della zona circostante.

Essi rappresentano la situazione peggiore ed il sistema deve essere progettato e realizzato in modo da assecondarli. In virtù delle varie fasi di assestamento enunciate ne consegue che il pacchetto sarà soggetto a tensioni e sforzi multi assiali e dovrà essere strutturato in modo tale da minimizzare i rischi anche quando soggetto a queste condizioni di esercizio ben lontane da quelle ideali.

Al fine di trovare una soluzione accettabile si consiglia pertanto di agire secondo due direttive:

- Irrobustire ed irrigidire la fondazione (interfaccia tra *strato di regolarizzazione* / *strato di drenaggio del biogas*) mediante l'ausilio di specifici geosintetici di rinforzo o dei geocompositi drenanti rinforzati;
- Utilizzare per le singole componenti del sistema barriera dei materiali che siano in grado di assorbire sia in termini di resistenza che di deformazione gli stati tensionali indotti. Risulta chiaro che l'impiego di materiali

geosintetici soddisfa questa condizione meglio di quanto non possano fare i materiali minerali naturali per cui si suggerisce, per quanto possibile, di favorire il loro impiego rispetto ad una soluzione classica. Come in parte già evidenziato in relazione alle membrane, non tutti i geosintetici hanno prestazioni assimilabili per cui bisognerà operare una scelta all'interno di questa vasta gamma di prodotti per individuare quelli che meglio rispondono alle esigenze tecniche espresse.

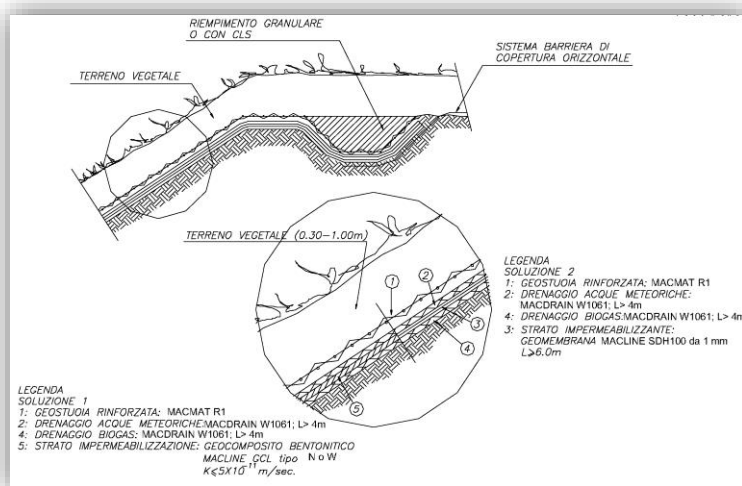


Fig. 8 -Schema semplificato per copertura capping

Soluzione tecnica adottata

Al termine della descrizione esposta finora che in accordo con quanto riportato nella normativa, suggerisce di tenere in considerazione diverse opzioni per la sistemazione e di scegliere a tal fine quella più idonea al caso specifico, si è convenuto di adottare una soluzione tecnica unica, sia per il settore di colmo che per il settore di scarpata.

Nello specifico, tenendo conto del fatto che la discarica è stata chiusa da circa un decennio, che è stata ricoperta sommariamente con materiale inerte eterogeneo con scarse qualità impermeabilizzanti e che non si è certi dell'effettivo volume dell'eventuale biogas presente in discarica, si è optato per una soluzione di intervento completa, utilizzando tutte le tipologie protettive descritte in precedenza. Detta soluzione è ulteriormente migliorata dalla installazione dei camini di intercettazione per il biogas.

Schema del capping per il settore di colmo e di scarpata

Il settore in piano o di colmo interessa gran parte della superficie totale della discarica ed essendo caratterizzato da una geometria planare è più soggetto alla infiltrazione delle acque meteoriche, pertanto si dovrà prestare maggiore attenzione all'allontanamento delle acque. I settori di scarpata seguono l'intero perimetro della discarica e saranno caratterizzati in gran parte da pendenze medie di 45° dall'orizzontale. Il settore posto ad est è caratterizzato da pendenze maggiori e per evitare di movimentare la massa di terreno e rifiuti si conserveranno le pendenze esistenti avendo cura di rafforzare il collegamento tra copertura di colmo e di scarpate al fine di evitare fenomeni di cedimento per gravità.

La sistemazione sarà realizzata seguendo lo schema seguente partendo dal basso verso l'alto (vedi anche all.to Particolari costruttivi):

Messa in sicurezza permanente

La messa in sicurezza permanente è l'insieme degli interventi atti ad isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti ed a garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente.

In tali casi devono essere previsti piani di monitoraggio e controllo e limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici.

Gli interventi di messa in sicurezza permanente si attuano quando, a seguito di valutazioni ambientali, tecniche ed economiche si dimostri la impossibilità, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili, a costi sopportabili, di procedere alla rimozione delle fonti inquinanti.

Al fine di consentire l'isolamento definitivo dei rifiuti dall'ambiente circostante gli interventi in progetto saranno i seguenti:

- ✓ isolamento superficiale: dovrà essere realizzato secondo quanto previsto dall'Allegato 1 al D.Lgs. n. 36/03 ovvero tramite copertura mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati:
- ✓ strato superficiale di copertura con spessore ≥ 1 m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e fornisca una protezione adeguata contro l'erosione ed abbia la funzione di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;

- ✓ strato drenante, protetto da eventuali intasamenti, con spessore $\geq 0,5$ m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti 3) e 4);
- ✓ strato minerale compattato dello spessore $\geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica di 10-8 m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di discarica di rifiuti pericolosi;
- ✓ strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore ≥ 0.5 m;
- ✓ strato di regolarizzazione dei rifiuti con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti”.
- ✓ Isolamento perimetrale: dovrà essere realizzato tramite barriere costituite da materiali a bassa permeabilità (bentonite, argilla, calcestruzzo adeguatamente trattato), che dovranno essere ammorsate in strati di fondo poco permeabili in modo da interrompere i flussi di liquidi contaminati verso strati profondi di sottosuolo o verso corpi idrici sotterranei.
- ✓ Isolamento del fondo: da realizzarsi nel caso in cui, ad es. per l’assenza di livelli naturali poco permeabili, sia necessario procedere anche ad isolare il fondo del corpo rifiuti.

In progetto definitivo era già prevista una copertura del corpo discarica mediante una struttura multistrato (CAPPING), con l’obiettivo di riqualificare l’area a livello ambientale e perseguire le principali seguenti finalità:

- isolare i rifiuti presenti dall’ambiente esterno;
- minimizzare le infiltrazioni dall’ambiente esterno;
- ridurre la necessità di manutenzioni;
- evitare eventuali rilasci incontrollati di biogas in atmosfera.

Il sistema capping originario, verrà ulteriormente perfezionato mediante la posa di strati integrativi. Principalmente verrà introdotto uno strato drenante superiore e impermeabilizzante bentonitico che avrà la funzione di garantire maggiori capacità di impermeabilizzazione e di durabilità. Questa azione inciderà positivamente sulla stabilizzazione in sito dello strato di regolarizzazione, integrato con materiale di risulta degli scavi

opportunamente inertizzato, con funzione di consolidamento fondale e miglioramento della capacità portante per l'intera sovrastruttura.

Lo strato così realizzato e consolidato sarà in grado di assorbire anche significativi dissesti dell'ammasso rifiuti, pur continuando a svolgere azione di base stabile per il geocomposito drenante sovrastante. Contribuirà inoltre alla parzializzazione degli sforzi di trazione trasmessi al geocomposito, elevando ulteriormente la durabilità dell'intero sistema di copertura.

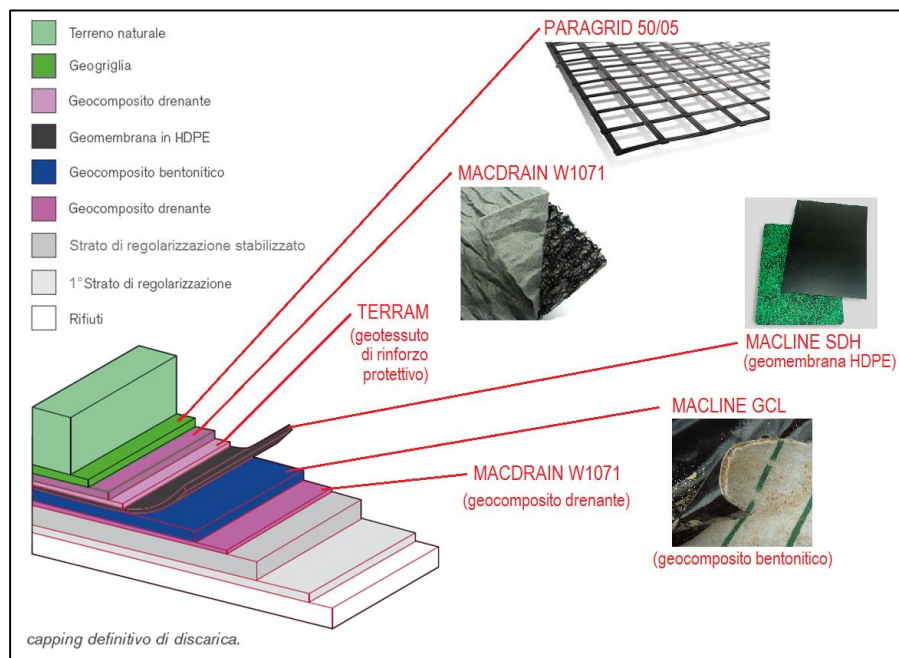
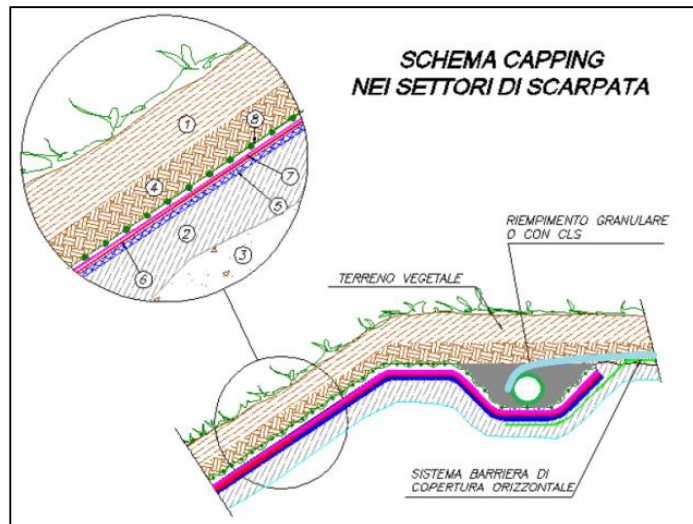
Di seguito si riporta, partendo dal basso verso l'alto, la stratigrafia di capping che verrà adottata:

- 1) Substrato antropico di fondo costituito da R.S.U. misto a terreno ed inerti;
- 2) Strato di regolarizzazione/compensazione, inertizzato e stabilizzato in sito, con le procedure descritte al paragrafo precedente;
- 3) Geocomposito drenante per il drenaggio di biogas; costituito da un'anima interna (drenante) ottenuta per estrusione di monofilamenti sintetici aggrovigliati alla quale vengono termoaccoppiati due geotessili filtranti (tipo MACDRAIN della MACCAFERRI, PAVIDRAIN della PAVITEX, QDRAIN della TE.MA. o equivalente);
- 4) Geocomposito bentonitico di spessore non inferiore a 5 mm (tipo MACLINE GCL della MACCAFERRI, BARRIER BENTO della TE.MA. o equivalente);
- 5) Geomembrana in HDPE impermeabilizzante di spessore pari a 1,5 mm (tipo MACLINE SDH o equivalente) a fronte dello spessore di 1 mm proposto nella fase definitiva;
- 6) Geotessuto con funzione protettiva del telo HDPE;
- 7) Geocomposito drenante (tipo MACDRAIN o equivalente) per il drenaggio delle acque superficiali; la previsione di geocomposito drenante in sostituzione di pietrame calcareo previene danneggiamenti ai sottostanti strati di impermeabilizzazione (membrana in HDPE e geocomposito bentonitico);

Tale strato drenante sarà opportunamente convogliato verso le canalette (tubazione corrugata microfessurata) di raccolta perimetrali, in corrispondenza delle cunette necessarie anche al corretto ancoraggio

del capping multistrato a monte delle scarpate;

- 8) Geogriglia di rinforzo (tipo PARAGRID o equivalente), con funzione stabilizzante del terreno argilloso di copertura (interposta al terreno stesso opportunamente compattato);
- 9) Strato di copertura in terreno vegetale argilloso;
- 10) Biorete antierosiva, nei settori di scarpata;



CONSIDERAZIONI TECNICHE: La funzione dei sistemi di drenaggio del biogas e delle acque superficiali è quella di controllare il livello del battente idraulico all'interno dello strato drenante stesso. L'utilizzo dei geocompositi consente vantaggi tecnici e pratici in termini di maggior reperibilità rispetto

ai materiale granulari, di semplicità d'installazione, di maggior stabilità delle sponde su cui vengono posati, di notevole inerzia chimica e resistenza all'erosione e alla corrosione. I geocompositi garantiscono nella copertura lo smaltimento delle acque infiltrate che, scorrendo sulla membrana, ridurrebbero fino ad annullare il coefficiente di attrito terreno-membrana, provocando inoltre delle sottopressioni che potrebbero far scivolare il terreno sull'impermeabilizzazione stessa: l'eccessivo battente idraulico causato da un drenaggio inadeguato può provocare cedimenti rilevanti della copertura; altresì la pressione esercitata dal biogas sotto il sistema di rivestimento di copertura può notevolmente ridurre la stabilità del terreno di copertura fino al possibile collasso.

FASI DELL'INTERVENTO

Prima di procedere alla posa del pacchetto di impermeabilizzazione, le superfici saranno regolarizzate e preparate con terreno naturale prelevato in sito, in modo tale da escludere ogni tipo di danneggiamento. Successivamente si provvederà alla creazione del primo strato di rottura capillare e drenaggio del biogas in misto granulare, opportunamente rullato e compattato.

Si procederà quindi, dal basso verso l'alto (vedi figura precedente), stendendo il manto di protezione di base (geocomposito drenante) srotolando le bobine dall'alto verso il basso.

I fogli verranno sovrapposti per almeno 50 cm o cuciti meccanicamente, con specifica cucitrice portatile.

Tale procedura verrà eseguita per la posa al di sopra e al di sotto del pacchetto di impermeabilizzazione con geomembrana HDPE e geocomposito bentonitico.

Il materassino bentonitico verrà posato in strisce sovrapposte, sempre dall'alto verso il basso. L'impermeabilità delle sovrapposizioni delle varie strisce è assicurata ricoprendo i lembi stessi dei due geotessili sovrapposti, con bentonite secca sfusa che si tramuta in gel se idratata. La corretta posa in opera, conferisce, al geocomposito bentonitico, un'impermeabilizzazione equivalente a quella fornita da 1 metro di argilla compattata.

A questo punto verrà posata la geomembrana in HDPE, posizionando fogli già preassemblati in stabilimento (di superficie variabile). Verrà limitato al massimo la realizzazione di giunzioni in cantiere, permettendo di

velocizzare considerevolmente le operazioni di installazione. I singoli fogli saranno assemblati tra loro mediante saldatura a termofusione. Le saldature in cantiere verranno dunque limitate alla giunzione dei fazzoletti ed alle parti di raccordo con manufatti in cemento armato o pozzetti passanti.



In presenza delle teste dei camini di captazione del biogas, prima della posa della geomembrana HDPE, verrà saldato, per estrusione, un “collare” in HDPE direttamente alla tubazione. Dopo aver posizionato la geomembrana intorno al camino, verrà sigillato il contorno con argilla naturale e si proteggerà la stessa con un geotessile.

Il pacchetto capping verrà ultimato mediante il posizionamento del geocomposito drenante. Anche in questo caso il manto verrà srotolato dalle bobine e posizionato in strisce contigue, fissate tra loro tramite fascette plastiche. In presenza di sponde inclinate si adotterà una trincea di ancoraggio realizzata sulla sommità del rilevato, dove verrà immorsato il pacchetto di impermeabilizzazione. Su coperture provvisorie, e comunque fino alla ricopertura con il terreno, risulterà necessario zavorrare le superfici con funi in nylon, pneumatici, etc., in modo da prevenire eventuali danni dovuti all’azione del vento.

La conformazione finale sarà tale da garantire lo scorrimento delle acque meteoriche ruscellanti sul corpo della discarica e comporterà inoltre una forte riduzione nella produzione di percolato e biogas. Il tutto con notevole impatto positivo sia ambientale che economico.

Al fine di evitare fenomeni erosivi e scivolamenti superficiali e favorire l'attecchimento e la crescita della vegetazione, nonché limitare l'infiltrazione delle acque meteoriche nei terreni contaminati, si procederà a rivestire i settori di scarpata con biorete antierosiva in fibra naturale, per un'estensione complessiva di circa 1250 mq. Questo intervento garantirà un migliore ruscellamento superficiale verso le canalette di drenaggio in CLS.



La biorete in fibra naturale di juta o similare, con elevata resistenza e biodegradabile, offre la necessaria protezione rispetto all'erosione della frazione medio-fine del terreno. La rete metallica di rinforzo garantisce elevata resistenza meccanica, evitando scivolamenti superficiali. Il sistema verrà completato con accorgimenti accessori, quali chiodature, tirantature in funi, picchettature ed idrosemine. Tutto ciò al fine di realizzare adeguati ed efficienti sistemi antierosivi e rinforzi corticali.

I principali vantaggi rappresentati dall'adozione di quanto appena esposto sono i seguenti:

- ✓ Rinforzo delle scarpate, in modo da evitare cedimenti e/o scivolamenti;
- ✓ Diminuzione fino all'annullamento dei fenomeni erosivi dovuti alle acque di ruscellamento superficiale;
- ✓ Ridotta infiltrazione delle acque meteoriche, favorendone il ruscellamento superficiale verso le canalette di drenaggio.

La posa in opera della biorete avverrà secondo le prescrizioni necessarie a dare l'opera finita a regola d'arte nel rispetto delle prassi tecniche consolidate secondo le seguenti fasi:

- ✓ modellamento, preparazione e livellamento del terreno;
- ✓ scavo di uno solco di circa 30 cm di profondità sul lato a monte della superficie da proteggere;

- ✓ fornitura e posa in opera di biorete in fibra naturale biodegradabile (tessuto a maglia aperta ed intrecciata secondo le due direzioni ortogonali);
- ✓ fissaggio della rete con chiodi in ferro ad U disposti ad una distanza di circa 1 m lungo le sovrapposizioni laterali e trasversali ed al centro della rete stessa (con densità di almeno 2 - 3 chiodi al mq);
- ✓ copertura dei bordi esterni della biorete con terreno prelevato in sito.

Regimazione acque meteoriche

Con la copertura superficiale impermeabile la raccolta delle acque meteoriche necessita di una buona canalizzazione per il regolare deflusso. E' stato pertanto previsto un sistema di regimazione (a gravità) delle acque di ruscellamento sulle aree oggetto di intervento. Le canalette drenanti saranno concepite allo scopo di regimare esclusivamente le acque meteoriche insistenti sulla discarica. Sarà interdetto l'apporto di acque provenienti dal contorno della discarica verso la stessa.

A questo proposito è stata prevista la realizzazione di canalette drenanti a cielo aperto, con sezione trapezia, con ampiezza al fondo di 0,50m, collocate al piede delle scarpate artificiali, seguendo l'intero perimetro della discarica, avendo cura di rispettare una pendenza nominale minima di 5° verso il settore più depresso della discarica stessa. La scelta delle canalette drenanti scaturisce dalla necessita di realizzare dei sistemi efficaci, ma allo stesso tempo economici e di facile e rapida realizzazione. Le acque verranno recepite da un pozzetto posto nel settore più depresso della discarica e da quest' ultimo, convogliate presso un canale naturale esistente. Le acque in uscita dal pozzetto verranno periodicamente analizzate come da Piano di Monitoraggio post-operativo.

Per quanto riguarda il controllo delle acque meteoriche si farà riferimento ai valori limite di cui alla Tabella 3 dell'All. 5 alla Parte III del D.lgs. 152/2006. Si rammenta che il monitoraggio delle acque meteoriche verrà effettuato prelevando campioni da sottoporre ad analisi nei pozzetti di raccolta delle acque meteoriche.

In progetto definitivo era prevista la realizzazione di cunette per la raccolta

delle acque superficiali di due tipologie:

- ✓ *cunette in legname e pietrame* per i due lati sud ed est con sviluppo complessivo di 102 ml;
- ✓ *canalette in CLS* realizzate con embrici modulari per la raccolta perimetrale delle acque superficiali sul corpo discarica, con sviluppo complessivo di circa 190 ml.

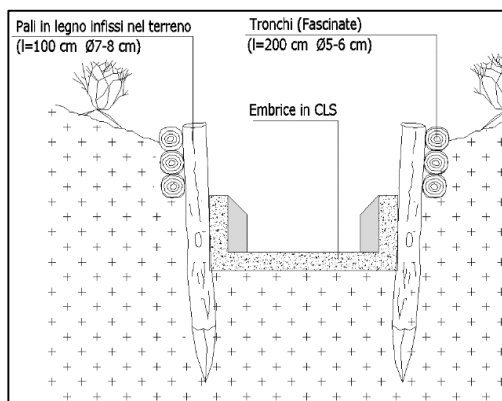
In riferimento alle canalette costituite da embrici in CLS, al fine di garantire la stabilità e la durabilità delle sponde, in corrispondenza di queste ultime verranno realizzate delle viminate in legno, per l'intera lunghezza di progetto.

Le viminate saranno realizzate secondo le seguenti specifiche:

- ✓ pali in legname di castagno, con diametro di cm 7-8 e lunghezza di circa cm 100 e posti ad interasse di circa cm 100;
- ✓ sulla parte emergente verranno collocate fascinate sovrapposte da 2-3 orditi, in funzione dell'acclività delle sponde, con diametro di 6-8 cm e lunghezza 200 cm, legati con filo di ferro, chioderia varia e graffe in ferro).

La funzione di dette viminate è quello di trattenere il materiale di risulta posto a tergo dell'opera stessa, incrementando la funzionalità e facilitando le operazioni di manutenzione e pulizia dei canali.

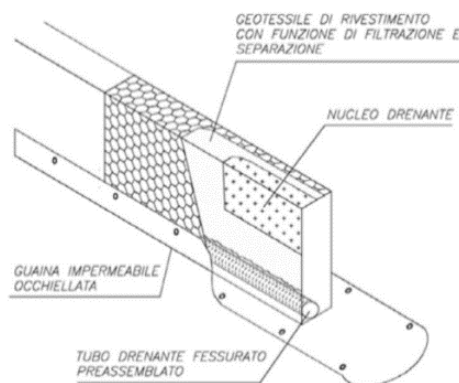
Per le cunette in legname e pietrame, si provvederà, per l'intero sviluppo delle stesse, alla protezione dell'alveo mediante fornitura e posa di canalette anti-erosive, tipo Trenchmat della PAVITEX, o equivalente, costituite dall'accoppiamento di una geostuoia, di un geotessile non tessuto e di una pellicola impermeabile. Il geo-composito da utilizzare, sarà posato sulle sponde e alla base dell'alveo, consentendo un rapido deflusso delle acque ed evitando fenomeni erosivi e dissesti alla base della canaletta.



Regimazione acque di infiltrazione

Le acque che verranno intercettate dallo strato drenante del capping, verranno regimate mediante una rete interrata di tubi drenanti corrugati. La disposizione dei collettori verrà effettuata seguendo lo sviluppo delle cunette di regimazione per le acque superficiali. In questo modo si provvederà ad intercettare anche eventuali ed accidentali perdite per infiltrazione provenienti dalle cunette. Le acque di infiltrazione saranno recapitate presso apposito pozzetto posto nel settore più depresso della discarica. In progetto definitivo, era prevista la realizzazione di drenaggi profondi in pietrame, di lunghezza pari a 175 ml, per i drenaggi perimetrali posti in adiacenza della barriera idraulica, e 125 ml per il drenaggio dell'area contaminata di valle, per complessivi 300 ml circa.

Al fine di elevare la capacità di drenaggio, in luogo delle trincee in pietrame, verranno realizzati moderni drenaggi utilizzando pannelli drenanti sintetici, tipo Gabbiodren, di altezza pari a 100 cm, provvisti di tubo drenante microfessurato con diametro 160 mm alla base. Per i drenaggi perimetrali, spinti a maggiore profondità, si provvederà all'integrazione della linea in pannelli prefabbricati con camini drenanti (vedi di seguito ed elaborati grafici), al fine di incrementare la capacità drenante del sistema e la capacità di intercettazione delle acque sotterranee. Detta soluzione tecnica, è finalizzata al drenaggio degli eventuali flussi inquinanti di acqua contaminata, nel rispetto degli obiettivi di contenimento ed isolamento del corpo discarica.

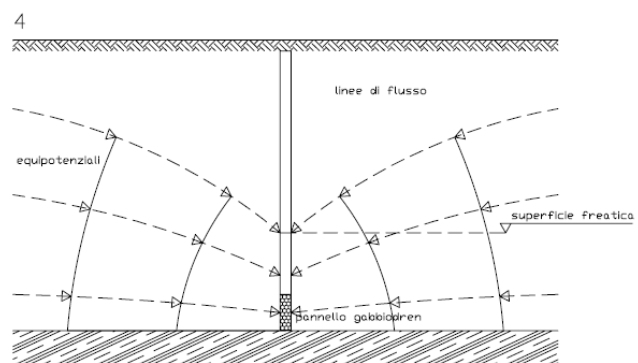
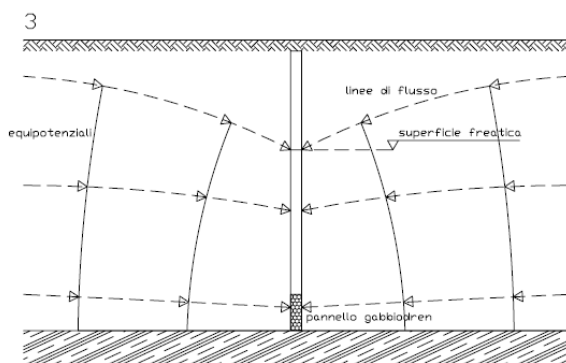
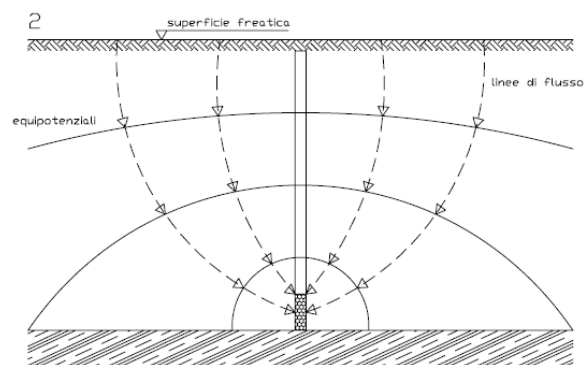
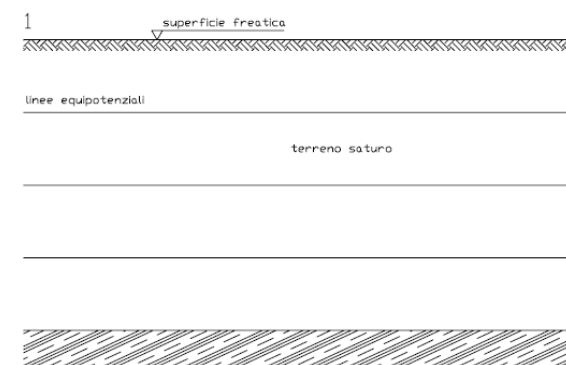


PRINCÌPI DI FUNZIONAMENTO

L'inserimento nel terreno dei pannelli drenanti permetterà di realizzare una linea a forte permeabilità, data dalle differenza di pressione esistente tra quella presente all'interno del corpo del dreno (pressione atmosferica) e la sovrappressione dell'acqua che si trova all'interno dei pori del terreno stesso.

In virtù della differenza di permeabilità che si verifica all'interfaccia tra trincea drenante e mezzo geologico in posto, si innesca un moto di filtrazione che porta all'abbattimento della falda freatica ed alla diminuzione del tenore di acqua nel terreno. Il relativo abbattimento delle pressioni interstiziali (pressioni neutre u) porta ad un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni. In sostanza si introduce un aumento delle caratteristiche di resistenza del terreno, come espresso dalla nota relazione di Coulomb-Terzaghi che esprime la resistenza al taglio disponibile nel terreno (τ) in relazione alla tensione normale efficace (σ'):

$$\tau = C' + \sigma' \operatorname{tg} \phi', \quad \text{con } \sigma' = (\sigma - u)$$



DESCRIZIONE DEL SISTEMA PROPOSTO

Il pannello drenante sintetico è costituito da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da elementi in polistirolo, ecocompatibile, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque. L'inserimento nel terreno dei pannelli drenanti permetterà di realizzare una linea a forte permeabilità data dalla differenza di pressione esistente tra quella presente all'interno del corpo del dreno (pressione atmosferica) e la sovrappressione dell'acqua che si trova all'interno dei pori del terreno stesso.

VANTAGGI DEL SISTEMA PROPOSTO

Si riportano di seguito i vantaggi dell'impiego del pannello drenante prefabbricato rispetto ai drenaggi tradizionali, a parità di ogni condizione logistica e cantieristica:

- ✓ aumento della capacità drenante rispetto alla soluzione prevista in progetto;
- ✓ maggiore sicurezza: i pannelli drenanti prefabbricati si assemblano a bordo scavo e vengono successivamente calati nella trincea dall'esterno; pertanto le operazioni che possono portare le maestranze in scavo sono ridotte al minimo e possono considerarsi praticamente nulle;
- ✓ minori approvvigionamenti di pietrame e conseguente riduzione del traffico pesante e dell'inquinamento, minore usura del manto stradale a causa di camion a pieno carico, etc.;
- ✓ alleggerimento del versante con minor rischio di franamenti e dislocamenti del corpo discarica (1,0 mc di pannello prefabbricato tipo Gabbiodren pesa circa 30kg contro i circa 1900kg dell'inerte tradizionale per una pari volumetria);
- ✓ flessibilità e continuità del sistema: la grande flessibilità del sistema permette di realizzare pratici innesti delle linee drenanti secondarie sulla principale con angoli anche molto stretti mantenendone la continuità. Le forti legature tra i pannelli assicurano la continuità del drenaggio anche in caso di notevoli dislocazioni dei terreni provocati da movimenti residui della coltre o eventi sismici, soprattutto in terreno argillosi dove la deformabilità può verificarsi continuamente.

- ✓ ottimizzazione volume drenante: La necessità di realizzare degli scavi in sicurezza per costruire una trincea tradizionale (si lavora sempre con maestranze all'interno dello scavo) implica anche un utilizzo molto consistente in termini di volumi di materiale drenante di riempimento (pietrame);
- ✓ Impiego camini drenanti: con il sistema prefabbricato, per drenaggi posti a profondità maggiore di 3 m, è possibile impiegare dei camini drenanti al fine di ottimizzare il volume drenante all'interno dello scavo senza necessariamente riempire, fino alla profondità desiderata, di pietrame o altro materiale drenante tutto lo scavo stesso; si riducono in questo modo gli sprechi di materiale, poi inefficace nella resa idraulica complessiva del drenaggio, garantendo una migliore efficacia drenante rispetto al sistema previsto.
- ✓ Geotessile di rivestimento: il geotessuto di filtrazione e separazione integrato nel sistema garantisce caratteristiche di resistenza e porometria (apertura caratteristica media dei pori) tali da garantire lunga vita e funzionalità, mantenendo l'efficienza originaria negli anni.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Si specifica che tutte le trincee drenanti, realizzate con il sistema Gabbiodren sopra descritto, verranno realizzate posizionando la base dei dreni prefabbricati alla stessa profondità prevista in progetto definitivo, assicurando la captazione delle acque d'imbibizione e filtrazione, e garantendo la stessa profondità di intercettazione, elevando la capacità drenante in adiacenza delle barriere idrauliche, mediante l'integrazione di camini drenanti. Le modalità di posa e realizzazione dell'intervento proposto sono riportate in dettaglio negli elaborati grafici allegati.

I drenaggi profondi posti a nord e ad ovest avranno il compito di convogliare a valle, allontanandole dal corpo di discarica, le acque di infiltrazione che alimentano le falde superficiali. Nel punto più depresso dei drenaggi verrà posto un pozzetto di raccolta delle acque presso il quale, con la cadenza indicata all'allegato *E.17" Piano di monitoraggio e controllo post-operativo"*, verranno effettuati i campionamenti per verificare i livelli

di contaminazione. In caso di accertamento analitico che ne certifichi l'idoneità e a seguito di autorizzazione , ai sensi della Parte Terza del D.Lgs. 152/06, così come previsto dall'art. 243 come modificato dall'art. 41 c.i. del D.l. 69/2013 convertito dalla L. 98/2013, le acque potranno essere immesse in un corpo recettore. Pertanto, al raggiungimento di una condizione di assenza di rischio, le acque potranno essere condotte nell'impluvio a valle previa realizzazione di apposito canale per ogni pozzetto esistente. In caso di superamento dei limiti accettabili dei valori di contaminazione, si provvederà all'aspirazione delle acque mediante autobotte ed al conferimento delle stesse presso il più vicino centro di trattamento autorizzato.

Le acque intercettate dalle trincee drenanti nelle aree risultate contaminate, così come descritto nella Caratterizzazione sito-specifica, verranno recapitate presso un pozzo con diametro 3,00m e profondità 5,00m. Il pozzo sarà dotato di sfioro di troppo pieno che verrà tenuto chiuso. Periodicamente, in accordo con quanto coordinato dall'allegato E.17 *"Piano di monitoraggio e controllo post-operativo"*, verranno effettuati i campionamenti e le analisi di laboratorio per definire i livelli di contaminazione delle acque. Come accennato in precedenza, in caso di accertamento analitico che ne certifichi l'idoneità e a seguito di autorizzazione , ai sensi della Parte Terza del D.Lgs. 152/06, così come previsto dall'art. 243 come modificato dall'art. 41 c.i. del D.l. 69/2013 convertito dalla L. 98/2013, le acque potranno essere immesse, mediante apertura dello sfioro di troppo pieno del pozzo, nel corpo recettore più vicino che è rappresentato da un vallone naturale tributario del torrente Reinello. In caso di superamento dei livelli accettabili di contaminazione, si procederà alla aspirazione delle acque mediante autobotte e verrà effettuato il conferimento delle acque presso centro di trattamento specializzato e certificato.

Per quanto riguarda il percolato verrà definita, a seguito dei analisi di laboratorio, la qualità dello stesso con classificazione ed attribuzione del relativo codice CER, necessario per determinare il corretto smaltimento. La differenziazione in base al codice CER, definirà il processo di trattamento o smaltimento da effettuare sul percolato. Verrà definito se il percolato è compreso nella categoria "CODICI CER NON PERICOLOSI" con

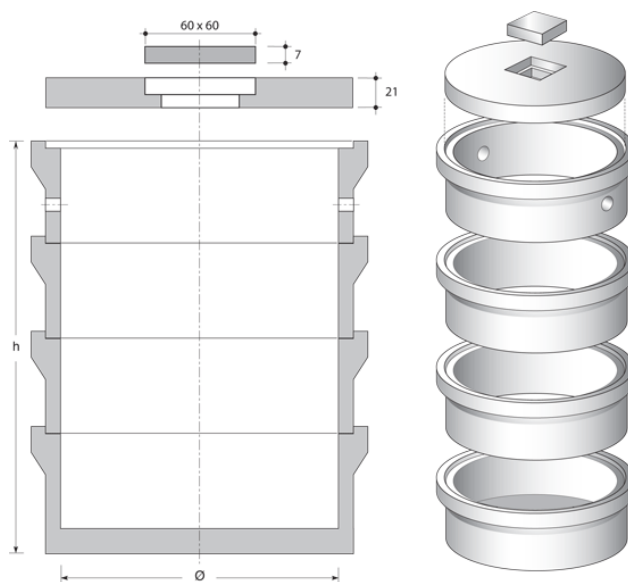
identificazione "19.07- percolato di discarica" e "19.07.03 – percolato di discarica, diverso da quello di cui alla voce 19.07.02, oppure se è compreso nella categoria "CODICI CER PERICOLOSI", con identificazione "19.07.02 – percolato di discarica contenete sostanze pericolose".

Verranno realizzati n° 3 pozzetti in calcestruzzo, con profondità pari a 800 cm e diametro 150 cm, con funzione di cisterne per la raccolta delle acque di drenaggio.

Al fine di garantire la corretta tenuta ed evitare dunque percolazioni dalle vasche verso l'ambiente circostante, si procederà alla installazione di specifiche vasche a tenuta stagna in calcestruzzo C28/35, costituite da elementi cilindrici modulari vista la profondità da raggiungere, complete di guarnizioni flessibili in SBR (Styrene Butadiene Rubber) a tenuta equivalente a 0,5 bar, in grado di assorbire piccoli assestamenti del terreno.

I singoli elementi modulari sono rivestiti con specifiche resine polimeriche impermeabilizzanti.

In fase di installazione è prevista la posa preventiva di soletta di base, da fissare con idoneo collante cementizio, e chiusino superiore per ispezione.



Realizzazione diaframma impermeabile

Il settore di monte e la zona più depressa della discarica, saranno completati mediante la realizzazione di un muro interrato in calcestruzzo armato che fungerà da diaframma ed avrà dunque la funzione di impedire la migrazione di eventuali acque contaminate verso l'esterno della discarica a valle ed afflussi, verso la stessa, da monte.

Il diaframma avrà uno sviluppo lineare complessivo di 137 ml con il piano di posa della fondazione collocato a -8,00ml dal piano campagna e spessore di 0,50ml. Per il dimensionamento del muro si rimanda ai calcoli strutturali a corredo del progetto di bonifica.

Specifiche di realizzazione dei diaframmi impermeabili

I diaframmi impemeabili vengono utilizzati in ingegneria come barriera impermeabile isolante per delimitare siti inquinati.

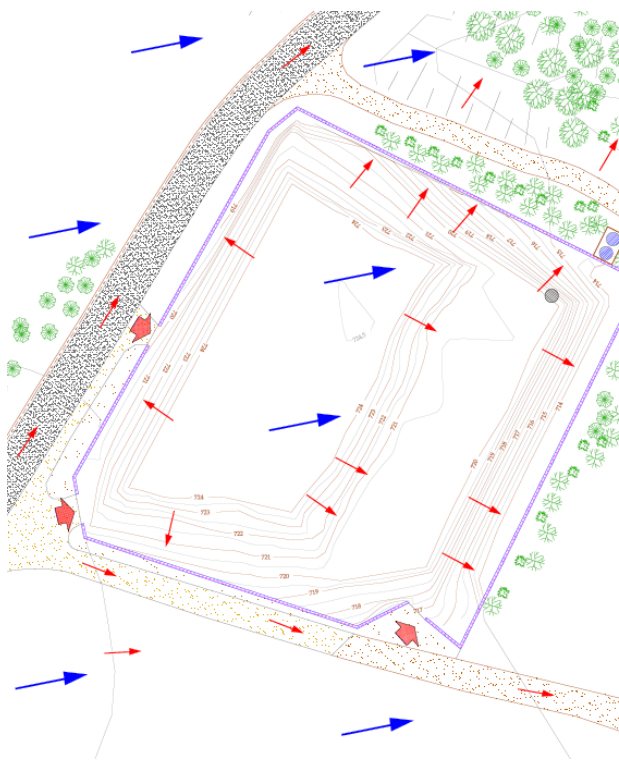
Nel progetto in esame, verranno realizzati setti di diaframmi in calcestruzzo armato, a parete continua, ed a sezione rettangolare eseguiti entro terra con profondità fino a 8,00 m realizzati mediante scavo, con idonei macchinari senza impiego di fanghi bentonitici, posa in opera dell'armatura metallica con saldatura delle giunzioni, getto del calcestruzzo con classe di resistenza non inferiore a C25/30, mediante tramoggia collegata a tubazioni di diametro adeguato in modo da immettere il calcestruzzo dal fondo dello scavo. La tecnica di realizzazione che verrà utilizzata è quella con benna mordente, adatta ad operare sul terreno. I diaframmi in oggetto verranno realizzati con spessori di 0,50m ed in setti di avanzamento di 2,50m. A scavo eseguito, raggiunta la profondità di progetto, verrà posata in opera la gabbia metallica di armatura e si procederà al getto di calcestruzzo tramite tubi convogliatori a partire da fondo foro fino a raggiungere il piano campagna. La tenuta idraulica sarà garantita dalla continuità dei setti che verranno posti in opera senza interruzioni, dallo spessore della barriera, equivalente a 0.50m e dalla presenza nel manufatto di idonee armature, costituite da gabbie metalliche costituite da doppia maglia e distanziatori di collegamento. L'introduzione dell'armatura metallica garantisce un'adeguata resistenza alle sollecitazioni meccaniche indotte dal sottosuolo, evitando la formazione di lesioni che possano ridurre la capacità di tenuta idraulica. Il calcestruzzo è un prodotto edilizio dalle

elevate capacità impermeabili

Ampliamento delle barriere idrauliche e chiusura perimetrale

Come accennato, il progetto definitivo prevedeva la realizzazione di un diaframma di lunghezza complessiva pari a circa 137 ml, disposti su tre lati, a protezione parziale del corpo discarica. Si rileva, dalle stesse tavole di progetto (Tav. n. 3.3 – Assetti idrici superficiali e sotterranei), che la direzione della falda freatica intercetta il lato ovest del corpo discarica non protetto dalla barriera.

Al fine di evitare il rischio di infiltrazione delle acque di falda nel corpo discarica, nonché l'eventuale fuoriuscita di percolato con conseguente contaminazione degli acquiferi, si propone il prolungamento e la chiusura della barriera idraulica a protezione del settore sud-ovest del corpo discarica, per una lunghezza di circa 70 ml realizzata. Tale intervento sarà realizzato introducendo un geocomposito bentonitico, di spessore non inferiore a 5 mm, con adeguata resistenza meccanica.



In particolare, il telo sarà posizionato lungo le pareti di scavo delle trincee

drenanti, realizzate mediante gabbiodren, nel settore di valle. La profondità sarà pari a quella di scavo effettuando un risvolto alla base delle pareti. La linea a forte permeabilità creata dall'impiego dei drenaggi prefabbricati, sarà in tal modo garantita e rafforzata dalla presenza del telo impermeabile a valle degli stessi, evitando eventuali infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo discarica

Il settore di monte e la zona più depressa della discarica, saranno completati mediante la realizzazione di un ulteriore muro interrato in calcestruzzo armato che fungerà sempre da diaframma ed avrà dunque la funzione di impedire la migrazione di eventuali acque contaminate verso l'esterno della discarica a valle ed afflussi, verso la stessa, da monte.

Il diaframma avrà uno sviluppo lineare complessivo di 137 ml con il piano di posa della fondazione collocato a -8,00ml dal piano campagna e spessore di 0,50ml. Per il dimensionamento del muro si rimanda all'elaborato specifico che è parte integrante del progetto esecutivo.

Specifiche di realizzazione dei diaframmi impermeabili

I diaframmi impemeabili vengono utilizzati in ingegneria come barriera impermeabile isolante per delimitare siti inquinati.

Nel progetto in esame, verranno realizzati setti di diaframmi in calcestruzzo armato, a parete continua, ed a sezione rettangolare eseguiti entro terra con profondità fino a 8,00 m realizzati mediante scavo, con idonei macchinari senza impiego di fanghi bentonitici, posa in opera dell'armatura metallica con saldatura delle giunzioni, getto del calcestruzzo con classe di resistenza non inferiore a C25/30, mediante tramoggia collegata a tubazioni di diametro adeguato in modo da immettere il calcestruzzo dal fondo dello scavo. La tecnica di realizzazione che verrà utilizzata è quella con benna mordente, adatta ad operare sul terreno. I diaframmi in oggetto verranno realizzati con spessori di 0,50m ed in setti di avanzamento di 2,50m. A scavo eseguito, raggiunta la profondità di progetto, verrà posata in opera la gabbia metallica di armatura e si procederà al getto di calcestruzzo tramite tubi convogliatori a partire da fondo foro fino a raggiungere il piano campagna. La tenuta idraulica sarà garantita dalla continuità dei setti che verranno posti in opera senza interruzioni, dallo

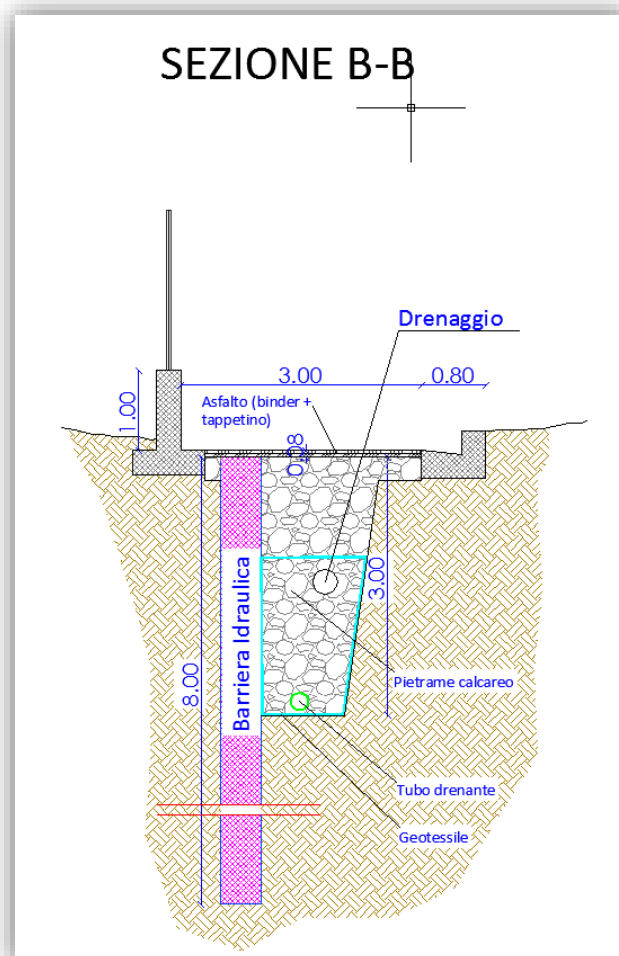
spessore della barriera, equivalente a 0.50m e dalla presenza nel manufatto di idonee armature, costituite da gabbie metalliche costituite da doppia maglia e distanziatori di collegamento. L'introduzione dell'armatura metallica garantisce un'adeguata resistenza alle sollecitazioni meccaniche indotte dal sottosuolo, evitando la formazione di lesioni che possano ridurre la capacità di tenuta idraulica. Il calcestruzzo è un prodotto edilizio dalle elevate capacità impermeabili.

Realizzazione pozzi per barriera idraulica

Nel settore di valle della discarica, saranno realizzati n° 4 pozzi drenanti trivellati di diametro 0,80m e profondità di 4,0m dal piano campagna. I pozzi, realizzati mediante l'utilizzo di filtri drenanti in lamiera di acciaio zincata finestrata, avranno la funzione di intercettare le eventuali acque che possono migrare all'esterno della discarica. Sulla scorta delle caratteristiche geolitologiche del sito che accoglie la discarica, caratterizzato da una tipologia marcatamente argillosa e dunque livelli di permeabilità medio-bassi, si provvederà a definire un fondo pozzo con profondità inferiore al piano di posa in opera del muro di contenimento a valle dei stessi pozzi. Verrà effettuata la chiusura del bocca-pozzo mediante coperchio metallico a tenuta, munito di chiusura di sicurezza.

Considerando quanto esposto in merito ai pozzi, nell'allegato *E.17 "Piano di monitoraggio e controllo post-operativo"*, si specifica che in coincidenza dei prelievi di controllo periodici, in caso di superamento dei limiti di tolleranza, verrà eseguita l'aspirazione delle acque mediante specifica autobotte e le stesse acque verranno conferite presso un centro di smaltimento o trattamento autorizzato. In caso di accertamento analitico che ne certifichi l'idoneità e a seguito di autorizzazione, ai sensi della Parte Terza del D.Lgs. 152/06, così come previsto dall'art. 243 come modificato dall'art. 41 c.i. del D.L. 69/2013 convertito dalla L. 98/2013, le acque potranno essere immesse in un corpo recettore. Pertanto, vista la mancanza di rischio, le acque potranno rimanere in sito o essere riversate nell'impluvio a valle. E' da specificare che al fine di effettuare un monitoraggio corretto, i campionamenti sulle acque verranno effettuati prelevando aliquote da cisterne non contaminate, posizionate esternamente ai pozzi e nelle quali le acque giungeranno dunque

rimescolate. Questo per favorire il prelievo di campioni omogenei.



*Fig. 12 - Configurazione operativa del sistema barriera idraulica / drenaggi
(5.1.b – Opere Sotterranee)*

Condizionamento piezometri

Tra le operazioni propedeutiche alla bonifica verrà effettuata una ricognizione con seguente verifica di funzionalità di tutti i piezometri realizzati nella fase di Indagine preliminare e nella successiva fase di Caratterizzazione Sito-Specifica. Per i piezometri ancora efficienti, si provvederà a realizzare una sistemazione definitiva mediante apposito pozzetto perimetrale prefabbricato in calcestruzzo, corredato di coperchio di ispezione sigillato e di palina di segnalazione con annessa bandierina di identificazione alfanumerica del piezometro, utilizzando i codici attribuiti in fase di Caratterizzazione Sito-Specifica. Si provvederà alla realizzazione di nuovi piezometri in ragione di tre con uno posizionato a monte della

discarica ed i rimanenti due collocati a valle. Successivamente alla installazione dei tubi drenanti finestrati in PED, si provvederà ad applicare nello spazio tra i tubi stessi e le pareti dei fori, idoneo ghiaietto calibrato specifico per questo utilizzo. Questo accorgimento garantirà una maggiore funzionalità dei piezometri incidendo positivamente sulla vita utile degli stessi. Anche per i nuovi piezometri verrà effettuato il condizionamento già descritto per i piezometri esistenti.

Come precedentemente accennato, ad integrazione delle previsioni di progetto definitivo, saranno forniti ed installati n° 2 piezometri disposti in adiacenza del corpo discarica (vedi elaborati grafici), a monte (sud) e a valle (nord) dello stesso; il piezometro di valle in particolare (PZ-8) sarà installato oltre la zona contaminata, anche con funzioni di monitoraggio di eventuali malfunzionamenti (vedi fine paragrafo).

I piezometri sono strumenti utilizzati per monitorare la pressione interstiziale dell'acqua nel terreno, e consentono il rapido campionamento delle acque di falda.

Nel caso specifico verranno impiegati piezometri aperti a tubo fisso; tale strumento consiste di una colonna di tubi in PVC rigido o in metallo, fessurati ed eventualmente rivestiti di tessuto non tessuto per la parte in falda e ciechi per il rimanente tratto. Va posto in opera entro un foro di sondaggio rivestito con una tubazione provvisoria, di diametro utile pari almeno al doppio del diametro dei tubi di misura adottati. Una volta eseguita a quota la pulizia del foro, si inserisce la colonna fino a fondo foro, quindi si procede all'immissione, nell'intercapedine colonna - tubazione, di materiale granulare (sabbia, sabbia - ghiaietto), in modo da realizzare un filtro poroso attorno al tratto di colonna finestrato (vedi figura).

INDAGINI DI CAMPO PREVISTE SULLE ACQUE DI FALDA

Qualora, attraverso i piezometri, si dovesse rilevare la contaminazione delle acque di falda, si procederà con la realizzazione di ulteriori piezometri da definire, in termini di quantità e ubicazione nell'ambito della seconda fase di concerto con gli Enti di controllo.

Tutte le operazioni che saranno svolte per il campionamento delle acque sotterranee, lo spurgo, il trasporto e la conservazione del campione e per le analisi di laboratorio, saranno documentate con verbali che conterranno:

- ✓ descrizione delle principali attrezzature utilizzate
- ✓ verifica e campionamento piezometri (identificativo piezometro
- ✓ presenza di liquido
- ✓ soggiacenza
- ✓ campioni prelevati
- ✓ valori misurati di pH
- ✓ temperatura
- ✓ conducibilità
- ✓ spurgo
- ✓ note sul campionamento e sulle attività svolte
- ✓ note su eventi imprevisti o accidentali verificatesi.

I perfori realizzati ed attrezzati a piezometri potranno essere impiegati, con particolare riferimenti a quelli ubicati a valle del deflusso di falda sotterraneo, come dispositivi di sicurezza in caso di rilevamento di contaminazione delle acque. Il manifestarsi di tale situazione sarebbe segno di un malfunzionamento dei sistemi di isolamento (diaframma impermeabile e/o drenaggi profondi), consentendo l'immediato avvio delle procedure di emergenza come il pompaggio delle acque di falda dai piezometri stessi, in attesa di ripristino delle strutture di isolamento.

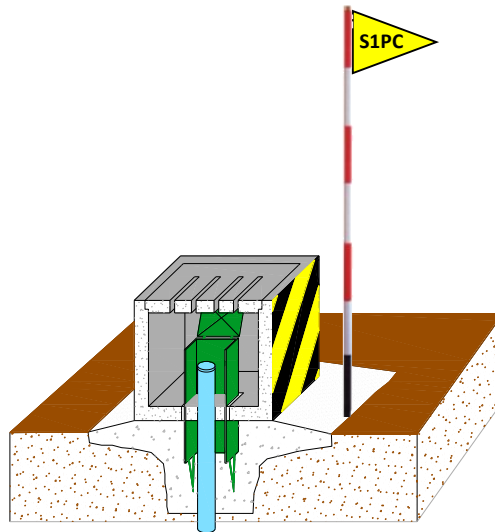


Fig. 13 - Schema di sistemazione dei piezometri esistenti

Schema progettuale degli interventi di bonifica

Le operazioni di bonifica verranno coordinate sulla base dei seguenti elaborati cartografici allegati al Progetto Definitivo di Bonifica:

Nell'elaborato *3.1.b) Individuazione delle aree contaminate esterne alla discarica*, vengono rappresentate le aree totali, risultanti dalla sovrapposizione delle aree riguardanti i singoli analiti, interessate da contaminazione in falda (colore blu); nella stessa cartografia ed allo stesso modo, verranno indicate le aree, sempre esterne alla discarica, interessate da contaminazione del suolo (colore rosso). Le perimetrazioni di cui in precedenza, sono state delimitate in base alle risultanze del Piano di caratterizzazione approvato dalla Regione Campania (D.D. n°64 del 16/06/2009 dell'AGC5, settore 5). In planimetria verranno rappresentati anche tutti i punti di campionamento indagati nella fase di Caratterizzazione sito-specifica.

Negli allegati *E.8.1* e *E.8.2*, sono rappresentate planimetricamente le opere di bonifica da realizzare per i suoli e per le acque di falda. Al fine di evitare la movimentazione di volumi considerevoli di terreni contaminati che potrebbero indurre migrazione degli inquinanti già presenti, considerando la volontà di perseguire un coerente equilibrio tra costi e benefici e considerando altresì che gli inquinanti presenti nel suolo e nella falda non rappresentano fonte di rischio in superficie

per l'incolumità umana e sanitaria, è stata contemplata la necessità di concentrare le azioni di bonifica sulla falda. In questo modo, l'azione di bonifica si ripercuoterà anche sulla matrice suolo. Nello specifico verrà realizzata una serie di trincee drenanti che avranno il compito di intercettare le acque di falda all'interno del perimetro risultato contaminato. La rete di trincee sarà recapitata ad un pozzo di raccolta con diametro 3,00m e profondità di 5,00m. In superficie verrà realizzata una rete di canalette superficiali, allo scopo di allontanare rapidamente le acque di precipitazione meteorica. Riguardo i suoli da escavare per la realizzazione delle trincee drenanti, in funzione di quanto raccomandato nella parte Va del DM 152/06, gli stessi verranno sottoposti, in fase esecutiva, ad analisi di laboratorio, per verificare la presenza di elementi inquinanti ed effettuare il loro eventuale superamento dei valori limite imposti dal DM 152/2006. A seguito di questa verifica si considera il riutilizzo in cantiere o l'allontanamento dei terreni presso un sito di trattamento specializzato o una discarica autorizzata. Al fine di garantire una adeguata operatività in fase esecutiva ed allo stesso tempo garantire la copertura economica dei lavori, è stato considerato di contemplare l'allontanamento dei terreni di scavo. Qualora in fase esecutiva i terreni risultino esenti da inquinanti o i parametri potenzialmente inquinanti siano inferiori alle soglie di tolleranza, i terreni potranno rimanere in sito e si procederà esclusivamente ad un riassetto della componente economica.

Nell'elaborato 5.1.b.2) *Schema di migrazione delle acque nelle opere di regimazione idrica superficiale e profonda*, vengono descritte le direzioni dei flussi idrici intercettati dalle opere di regimazione delle acque superficiali e delle acque sotterranee. Vengono inoltre identificati i manufatti di accumulo intermedio e di base che saranno oggetto di controllo come descritto all'allegato E.17 *"Piano di monitoraggi o e controllo post-operativo"*.

Tipologia di intervento di bonifica proposto

Gli interventi di bonifica, nelle aree esterne al perimetro della discarica, interesseranno fondamentalmente le due matrici

ambientali costituite dal suolo e dalle acque. Per quanto riguarda la matrice suolo e per fornire maggiore completezza descrittiva, si riporta una descrizione, effettuata sulla scorta delle indicazioni proposte dal P.R.B. in modo da chiarire quanto già menzionato ai paragrafi precedenti.

Bonifica dei suoli

Escavazione e smaltimento off-site (Estratto dal "Piano di Bonifica Regionale della Campania")

L'escavazione dei rifiuti presenti e lo smaltimento in una discarica autorizzata, attrezzata con tutti i presidi previsti dalla normativa vigente, rappresenta una scelta fortemente vincolata dal rapporto costi/benefici dell'operazione e dalla reale possibilità di reperire volumi di conferimento disponibili a distanze accettabili dal sito di asporto.

Tale scelta può essere pertanto ritenuta idonea solo nel caso in cui i volumi da smaltire siano molto limitati e comunque valutando accuratamente i seguenti aspetti:

- ✓ la rimozione e la conseguente movimentazione dei materiali deve poter essere effettuata in condizioni di assoluta sicurezza, senza causare pericolo per la salute e per l'ambiente;
- ✓ devono essere accuratamente valutati i percorsi e le condizioni di trasporto dei materiali;
- ✓ deve essere disponibile ad una distanza ragionevole un sito idoneo, autorizzato allo smaltimento di quella tipologia di materiali .

In ogni caso tale scelta, per volumi rilevanti, e facendo salvi casi particolari, è da ritenersi eccezionale e difficilmente attuabile. Comunque, ove il progetto preveda l'allontanamento dei rifiuti, dovrà essere indicato anche l'impianto di smaltimento al quale questi verranno conferiti, la relativa capacità ricettiva residua e la compatibilità con i rifiuti originati. Nel progetto in esame si considera di limitare l'asportazione dei suoli che risultino inquinati a seguito di analisi di laboratorio. In particolare saranno sottoposti a questa

azione soltanto i suoli derivanti da escavazione delle trincee drenanti che verranno realizzate all'interno delle aree risultate contaminate a seguito dello studio di Caratterizzazione.

Modalità di trattamento delle terre e rocce da scavo in funzione delle CSC rilevate in fase di caratterizzazione.

Nell'allegato E.14 "*Piano di gestione di rifiuti, terre e rocce di scavo prodotti in fase di bonifica*", viene riportata la metodologia di gestione delle rocce e terreni di scavo. Si specifica che, tenendo preliminarmente in debita considerazione le risultanze delle indagini preliminari e di caratterizzazione dei suoli, le terre e rocce di scavo che si produrranno nelle aree di intervento contaminate, in cui si sono rilevati superamenti delle CSC nella fase di caratterizzazione, verranno trattate non come sottoprodotti, come coordinato dal DM 161/2012), ma , conformemente a quanto imposto dalla Parte IV^a del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. verranno trattate come "suoli e rocce contaminati" e pertanto si procederà al loro allontanamento e conferimento presso il più vicino centro di trattamento autorizzato che provvederà a smaltimento o trattamento.

Bonifica delle acque

Per quanto riguarda le acque, la bonifica delle stesse sarà limitata a quelle che risulteranno contaminate a seguito analisi di campioni prelevati nei manufatti di raccolta. Le verifiche dei contaminanti saranno effettuate in riferimento a quanto contemplato nella L. 36/2003. A seguito di superamento dei valori tabellari consentiti dalla legge, si provvederà ad effettuare l'aspirazione delle acque mediante autobotte e successivamente verrà effettuato il trasporto presso centri autorizzati al trattamento ed allo smaltimento.

Schema evolutivo delle quantità e qualità di percolato nella fase post-operativa

Nell'allegato E.3 "*Relazione descrittiva delle matrici contaminanti e degli afflussi pluviometrici*", è stata effettuata una stima analitica del percolato presente in discarica. La trattazione analitica è stata impostata considerando l'assetto geometrico della vasca di discarica

in base alle risultanze della documentazione progettuale di realizzazione della discarica. Inoltre è stata considerata l'integrità dei teli di fondo che nella vita utile della discarica sono stati inevitabilmente danneggiati definendo punti di fuga del percolato. Per quanto riguarda l'evoluzione quantitativa del percolato, si può affermare che lo stesso subirà un drastico abbattimento per due aspetti fondamentali:

1) Variazione del regime di infiltrazione delle acque meteoriche e sotterranee in discarica:

La realizzazione del capping di chiusura, delle barriere idrauliche e dei drenaggi profondi, limiterà, in modo considerevole, la migrazione di acque, sia superficiali che sotterranee, all'interno del corpo di discarica. Il mancato apporto di acqua definirà la stabilizzazione del volume di percolato.

2) Emungimento delle acque nei pozzi della barriera idraulica:

Nei pozzi della barriera idraulica, periodicamente, così come coordinato dall'allegato E.17 "*Piano di monitoraggio e controllo post-operativo*", verranno effettuati dei campionamenti di controllo a seguito dei quali, in caso di superamento dei limiti di contaminazione accettabile, verrà predisposta l'aspirazione delle acque ed il seguente conferimento a centro di trattamento autorizzato. I pozzi, superficialmente, sono isolati mediante il capping e sigillati con chiusino a tenuta che impedisce l'afflusso di acque meteoriche. E' da prevedere, dunque che specie all'avvio del monitoraggio, probabilmente si verificherà l'intercettazione di acque con livelli di contaminazione superiore ai limiti imposti dalla legge. A seguito di ciò si contempla la necessità di allontanare le acque emunte, generando la diminuzione del percolato in discarica. Si considera, a questo punto che con il passare del tempo, vista la mancanza di afflussi dall'esterno, i quantitativi di acqua emunta si ridurranno progressivamente fino a divenire nulli.

Parametri analitici posti a controllo nel Piano di monitoraggio post-operativo

Si specifica che all'allegato *E.17 "Piano di monitoraggio e controllo post-operativo"*, è prevista la determinazione analitica anche di tutti i parametri per i quali si è riscontrato il superamento delle CSC, precisando che le verifiche analitiche saranno riferite ai livelli di CSC di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 della Parte IV^a - Titolo V^o "Bonifica Siti Contaminati del D.Lgs 152/06.

I parametri per i quali è previsto quanto appena accennato sono i seguenti:

In falda: Clorofenolo, Cadmio, Clorometano, Cromo totale, Manganese, Nichel, Piombo, Triclorometano, Esaclorobutadiene.

Nei suoli: Cadmio.

In allegato all'allegato 9), copia integrale della Tabella 2 dell'Allegato 5 della Parte IV^a, menzionata in precedenza, con evidenziati i parametri da porre a monitoraggio.

Ripristino ambientale

A conclusione di tutte le azioni di carattere prettamente tecnico, descritte in precedenza, si procederà ad un intervento definitivo volto a potenziare la stabilità e garantire un corretto inserimento, dell'intera opera, nel contesto ambientale in cui è collocata. Per giungere a tale fine, si procederà inserendo, sulla nuova superficie topografica, specie erbacee ed arbustive autoctone. Nello specifico verrà effettuata, sull'intera superficie, idrosemina di essenze erbacee suffrutescenti, costituita, in media, dal 70-80% di graminacee e dal 15-20% da leguminose, miscelate con acqua, ammendanti, collanti e fitoregolatori di origine naturale. L'idrosemina verrà effettuata con l'ausilio di lancia idraulica collegata a sistema di pompaggio meccanico.

A termine dell'idrosemina, verrà effettuata la messa a dimora di essenze arbustive, anch'esse autoctone. In primo luogo verrà impiantata una siepe in *laurus nobilis*. Detta siepe seguirà, in maggior parte, l'intero perimetro della discarica. Un'ulteriore impianto verrà effettuato appena a monte delle cunette superficiali che dai settori ovest ed est, convogliano le acque di ruscellamento verso il settore di valle.

L'azione sarà completata impiantando, sull'intera superficie e con ordine sparso, ulteriori essenze arbustive tipiche del luogo. L'introduzione di

essenze arbustive ha una duplice funzione. La prima di carattere tecnico, in quanto gli apparati radicali degli arbusti contribuiscono in modo significativo a migliorare le caratteristiche di stabilità della superficie antropica realizzata, contrastando eventuali fenomeni gravitativi e di erosione superficiale. La seconda funzione è di carattere qualitativo, in quanto l'introduzione di essenze arbustive, contribuisce a mitigare sensibilmente l'impatto visivo dell'opera realizzata e ne migliora, dunque, la compatibilità nel contesto ecologico ed ambientale in cui è collocato.

Al fine di conferire una maggiore stabilità superficiale alle scarpate del corpo discarica, nonché minimizzare l'impatto estetico all'area bonificata, si provvederà dunque ad effettuare un rinverdimento diffuso.

Rimandando, per una descrizione esaustiva, all'elaborato "Piano di ripristino ambientale", si riportano le essenze che verranno utilizzate.

- Essenze arbustive:

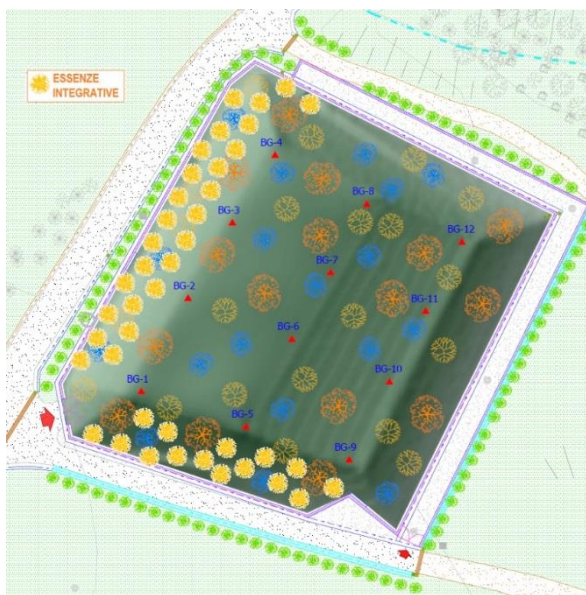
Biancospino, *Carpinus orientalis*, *Prunus spinosa*, *Prunus laurocerasum*, *Lavandula officinalis*, *Rosmarinis officinalis*, *Ligustrum vulgaris*, *Phiracanta*, *Viburnum*, *Cornus mas*, *Cornus sngueina*, *Spartium junceum*, *Sorbus aucuparia*, *Syringa vulgaris*;

- Essenze arboree:

Quercus cerris, *Quercus pubescens*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Fraxinus ornus*, *Fraxinus excelsior*;

- Essenze erbacee:

Miscela per idrosemina costituita in media dal 70-80% di graminacee (*Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Lolium italicum*, *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa pratensis*, ecc.) e dal 15-20% da leguminose (*Trifolium*, *Vicia*, ecc.).



Recinzione con finitura verde a basso impatto visivo

La progettazione definitiva prevedeva la delimitazione delle aree bonificate con recinzione costituita da pannelli grigliati elettrosaldati in acciaio.

Al fine di migliorare l'integrazione con il contesto ambientale e con la sistemazione a verde di progetto, verrà realizzata una recinzione in pannelli grigliati aventi le stesse caratteristiche meccaniche di quella di progetto, ma in finitura di colore verde (pre-verniciata in stabilimento).



Si riportano le principali caratteristiche tecniche dei pannelli grigliati offerti:

Dimensioni: maglia 62x66 mm, piatti verticali 25x2 mm, tondi orizzontali 4,5 mm;

Materiale: Acciaio S 235 JR UNI EN 10025

Rivestimento: Zincatura a caldo UNI EN ISO 1461; Verniciatura con Poliestere

Colori: Verde RAL 6005

Sistema di fissaggio: Bulloni TDE M10x30 Inox e TTQST M10X30 Inox (antifurto)

Piantane: piantana in piatto 60x7 o 80x8 piantana in tubo ø 50 (a tassellare o a inghisare).

Realizzazione impianto di illuminazione con lampioni a led

Al fine di migliorare le condizioni di accessibilità, visibilità e controllo anche nelle con scarsa insolazione e notturne (soprattutto per scopi manutentivi), verrà effettuata l'istallazione di n. 2 pali di illuminazione fotovoltaici, con armature stradali a LED, posizionati in corrispondenza dei due accessi carrabili di progetto.

I pali saranno opportunamente ancorati a plinti di fondazione in c.a. realizzati a carico del concorrente; oltre all'armatura stradale ed alla lampada a LED, i kit fotovoltaici sono generalmente composti da:

- 1 pannello fotovoltaico policristallino;
- 1 regolatore di carica 12/24V 10 A;
- 1 batteria gel front terminal 12V 100 Ah;
- 1 supporto testa palo in acciaio zincato;
- 2 connettori maschio e femmina 4/6 MC4;
- 1 Contenitore per alloggiare le batterie posto in cima al palo o nel plinto.

Unitamente alle finalità di sorveglianza e controllo, l'obiettivo è anche quello di realizzare un sistema d'illuminazione a risparmio energetico, basso impatto ambientale, bassa manutenzione ed alta efficienza, a servizio degli accessi pubblici.



Risanamento strada comunale di accesso alla discarica

Il progetto definitivo prevedeva il rifacimento (fondazione e pavimentazione in asfalto) del tratto di strada comunale prospiciente la discarica (lato ovest), per una estensione di circa 90 ml.

Il progetto esecutivo contempla il completo rifacimento della viabilità di accesso all'area di discarica, per una lunghezza complessiva di circa 1100 ml, partendo dalla prossimità del cimitero comunale, fino alla località Acqua Solfatarà dove è situata l'area di intervento.



Nello specifico, si provvederà al completo ripristino e consolidamento della fondazione stradale, per il tratto che dal cimitero comunale, si sviluppa fino all'accesso della discarica comunale. Tale tratto, di lunghezza pari a circa 1.100 ml, versa infatti in pessime condizioni manutentive e denuncia la presenza di buche, avvallamenti e dissesti vari lungo tutto il tracciato, come evidenziato dal rilievo fotografico esposto in seguito.



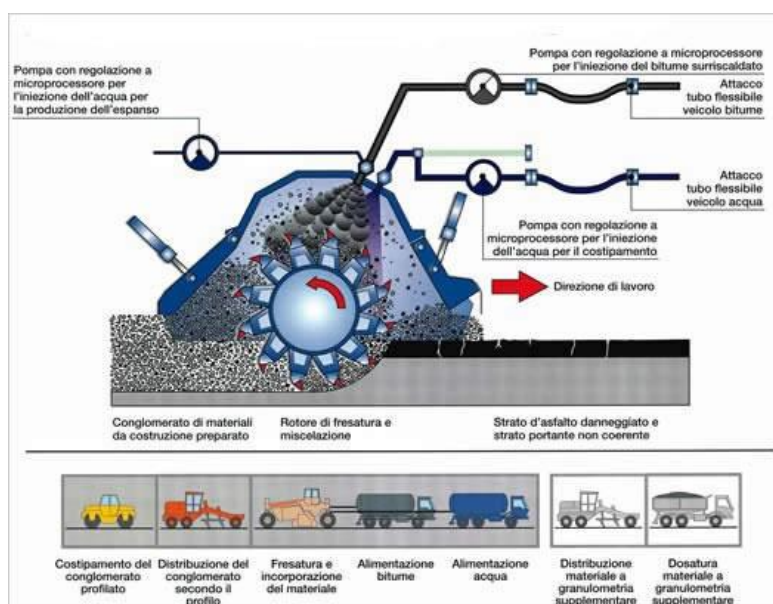


La

fondazione stradale sarà realizzata mediante la tecnica del "Riciclaggio a Freddo con Bitume Schiumato". Questa tecnica si basa sul riutilizzo del materiale presente in sito, consentendo di ottenere sottofondi cementati ad elevata resistenza meccanica e portanza ai carichi, nonché la ridurre drasticamente i volumi di terreno e materiali di risulta da conferire in discarica; quest'ultimo aspetto è da ritenersi di primaria importanza nell'ambito di un intervento di bonifica ambientale, evitando la produzione di ulteriore rifiuto da materiali peraltro pienamente riciclabili (pietrame ed inerti, asfalto, etc.).

IL RICICLAGGIO IN SITO A FREDDO CON BITUME SCHIUMATO viene realizzato mediante idonee attrezzature mobili (con miscelatore a volume variabile) che consentono di miscelare in sito la "STRADA" esistente. Ove occorre è possibile integrare con materiale proveniente da fresatura di tappeti esausti e/o con aggiunta di materiale vergine provenienti da cave. Il bitume, schiumato, additivato con cemento e acqua, omogeneamente viene miscelato, steso e compattato con singolo passaggio del "treno di Riciclaggio" per uno spessore previsto di almeno 20 cm. La "Schiuma di Bitume" è prodotta dalla reazione meccanica che avviene nel bitume mediante la polverizzazione delle sue molecole con acqua in pressione. Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione mediante il contatto del bitume a circa 180°C con acqua ad alta pressione. Si riportano in dettaglio le specifiche relative alle lavorazioni da porre in

atto.



Riciclaggio delle pavimentazioni stradali a freddo con bitume schiumato e cemento

Rigenerazione in sito della pavimentazione mediante riciclaggio a freddo con bitume schiumato e cemento consistente nella miscelazione del materiale in sito con idonea macchina stabilizzatrice per lo spessore di cm 20/25, con aggiunta di cemento Portland o Pozzolatico 325 nella quantità non superiore al 2% sul peso del materiale da riciclare (percentuale stimata bitume del 2/3%). L'operazione consisterà nella stesa del cemento con spanditori di legante equipaggiati con sistema di proporzionamento elettronico, in modo da assicurare omogeneità al variare della consistenza, conformazione dell'asfalto e velocità di stesa; nella successiva fresatura con idonea macchina stabilizzatrice con contemporanea additivazione dell'impasto con bitume, spruzzato attraverso apposita barra direttamente sul fresato, con sistema di dosaggio elettronico, al fine di ottenere una perfetta omogeneità della miscela. L'acqua impiegata dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche. L'operazione avverrà con l'impiego di un treno di riciclaggio composto dalle seguenti attrezzature:

- macchina stabilizzatrice/mescolatrice
- botte contenente bitume con impianto di riscaldamento
- botte contenente acqua.

L'impasto sarà livellato con l'impiego di apposita macchina livellatrice e successivamente compattato con 2 rulli, uno metallico di peso non inferiore

a 200 q.li con controllo della compattazione e uno gommato per garantire un idoneo addensamento e regolarizzato in superficie con grader.



Fasi del riciclaggio a freddo con bitume schiumato

Dopo aver attentamente bonificato la piattaforma stradale ed i relativi argini da eventuali accumuli di materiali, si provvederà al trattamento della sovrastruttura fino alla profondità prevista (20/25 cm), secondo le seguenti fasi:

- PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE DI UMIDITÀ: si effettua prima delle lavorazioni per determinare l'esatto fabbisogno di acqua richiesto dal materiale fresato.



- STESURA DEL CEMENTO: effettuata tramite apposita macchina spandi-legante in quantità dosate elettronicamente. Nell'arco della giornata verrà controllata più volte l'esatta rispondenza tra dosaggio dello spandilegante e l'effettiva quantità rilasciata.





- MISCELAZIONE:
è l'operazione principale dell'intera

lavorazione; il cemento precedentemente steso verrà mescolato con bitume e acqua, contenuti in cisterne collegate ad un "pulvimixer" che mescola lo strato lavorato e rende l'impasto fine e opportunamente compattabile. Sarà necessario aggiungere acqua alla miscela per innescare il processo di "schiumatura" del bitume; a tal fine la quantità esatta di acqua da iniettare è regolata dalla macchina riciclatrice.



- COMPATTAZIONE: è l'ultima operazione che verrà eseguita e consisterà nel costipare la miscela prima con un rullo dentato vibrante (che consente la compattazione in profondità) e successivamente con un rullo liscio di finitura che permette una migliore compattazione e chiusura superficiale.



- OPERAZIONI DI FINITURA E FASI FINALI: si renderà necessari una serie di apprestamenti per "salvaguardare" la maturazione della miscela nei giorni seguenti ed evitare l'eventuale carbonatazione; lo strato riciclato verrà ricoperto da materiale inerte livellato a laser. Sarà possibile effettuare la copertura dello strato riciclato entro le 12 ore al fine di evitare una precoce evaporazione dell'umidità necessaria per la maturazione della soletta riciclata. In base alle

caratteristiche ultime richieste per la tipologia di strada sarà possibile applicare uno strato di binder e successivamente lo strato di usura (tappetino), o esclusivamente lo strato di usura.

Pavimentazione strada comunale di accesso alla discarica

Si provvederà alla realizzazione della pavimentazione in asfalto (secondo le specifiche di progetto) per tutto il tratto in argomento (L=1100 ml), provvedendo quindi alle seguenti lavorazioni:

- fornitura e posa di conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder), per uno spessore di 5 cm;
- fornitura e posa di conglomerato bituminoso per strato di usura (tappetino), per uno spessore di 3 cm.

Per il secondo tratto (che dal bivio giunge all'area di discarica), di lunghezza pari a circa 400 ml, si provvederà alla posa della stessa pavimentazione (5 cm di binder e 3 cm di tappetino), previa demolizione/scarifica della pavimentazione bituminosa esistente.

Tale tratto risulta infatti molto meno dissestato rispetto al precedente e si riscontra un degrado generalizzato del solo manto di usura; ove necessario, in presenza di buche o dissesti più rilevanti, si provvederà comunque alla sistemazione degli stessi, prevedendo il rifacimento localizzato delle fondazioni.

4)Conclusioni

Le azioni proposte in progetto sono rispondenti alle direttive normative in vigore e sono idonee alla messa in sicurezza definitiva del sito. Tutti i prodotti proposti sono realizzati con materiali e sistemi che non producono impatto ambientale, principalmente riguardo al rilascio di eventuali sostanze inquinanti.

Il progetto è strutturato al fine di elevare al massimo la funzionalità del sistema di protezione definitivo, contrastando contemporaneamente l'afflusso della matrice idrica dall'esterno verso la discarica e la migrazione di eventuali inquinanti, dalla

stessa, verso l'esterno. Nel contempo, le operazioni di messa in sicurezza saranno condotte, prestando massima attenzione a limitare al massimo l'esposizione dei lavoratori in fase di realizzazione. Tutte le soluzioni tecniche previste in progetto, sono state configurate a seguito di valutazione tecnico-economica e funzionale, al fine di perseguire un livello di spesa sostenibile in riferimento all'obiettivo preposto.

Il tecnico