

COMUNE DI SANT'ARSENIO

(Provincia di Salerno)

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DELL'EX-DISCARICA COMUNALE IN LOCALITA' "DIFESA"

(ai sensi dell'art. 242, comma 7 del D. Lvo 152/2006 e s.m. e i.)

	P0def	PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DEFINITIVO (art 23, comma 7 D.Lvo n.50/2016, art. 24 DPR 207/2010 e art. 242 comma 7 D.Lvo 152/06)	
	Rel.02	– Relazione tecnica	Disegni
			scala -

SOGGETTO PROPONENTE

Comune di Sant'Arsenio

PROGETTISTA

Dott. Ing. Luigi IANNONE



IANNONE & PARTNERS

Piazza Renato Casalbore n°32 - 84124 Salerno (SA)
TEL. 089.6307823 - FAX. 089.726983 - cell. 347.8530836 - p. IVA 0311 6500 657
iannoneandpartners@gmail.com - www.iandp-eng.com

Data

Dicembre 2016

rev.03 03.03.2017



COMUNE DI SANT'ARSENIO

Provincia di Salerno

*Progetto di messa in sicurezza permanente dell'ex discarica
comunale in località "Difesa"*

(ai sensi dell'art. 242, comma 7 del D. Lvo 152/2006 e s.m. e i.)

PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DEFINITIVO

(art 23, comma 7 D.Lvo n.50/2016, art. 24 DPR 207/2010 e art. 242 comma 7 D.Lvo 152/06)

-RELAZIONE TECNICA

Dott. ing. Luigi IANNONE



Indice

Introduzione	3
1.1 Descrizione dei Luoghi: Stato di fatto	3
1.2. Quadro normativo di riferimento	5
1.3 Descrizione dell'intervento	6
1.4 Barriera fisica superficiale	7
1.5 Barriera plastica impermeabile.....	9
2. Problematiche affrontate	10
2.1 Copertura superficiale - capping	12
2.3 drenaggio del biogas	17
2.3.1 Tecnologie di controllo e trattamento del biogas.....	18
2.3.2 Valutazione della produzione di biogas	18
3 CALCOLI ESECUTIVI.....	19
4 Verifiche in corso d'opera e prove di collaudo	19

.RELAZIONE TECNICA

Introduzione

Nella seguente relazione tecnica sono riportati gli interventi da realizzarsi per effettuare la copertura finale della discarica in oggetto. Le tecniche ed i materiali utilizzati ottemperano quanto previsto dal Decreto Legislativo n°36 del 13.01.2003 adottando, per il particolare caso di studio, materiali specifici che meglio si adattano alla morfologia del terreno.

1.1 Descrizione dei Luoghi: Stato di fatto

All'attualità il sito risulta delimitato da una recinzione con muretto in calcestruzzo e rete metallica romboidale, l'accesso avviene mediante un cancello che essendo bloccato, non consente di fatti ispezioni dirette. Dall'esterno la superficie dell'invaso, comunque ricoperta da vegetazione, appare grossolanamente livellata a causa della progressiva compattazione dei rifiuti nel corso del tempo. Per meglio investigarne le specifiche tecniche si è fatto ricorso agli atti in disponibilità dell'Ente comunale.

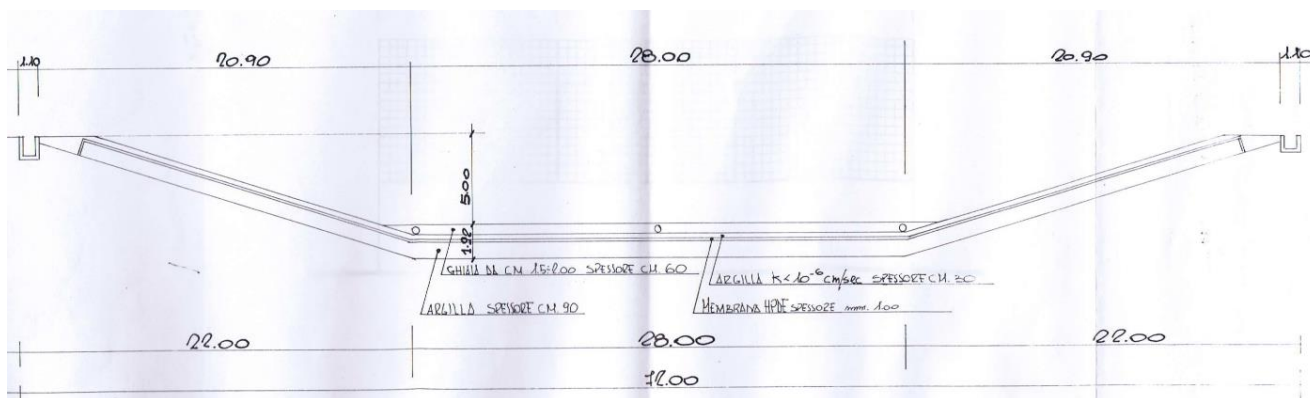
In particolare l'utilizzazione e la collocazione della discarica comunale nel sito in località Difesa, fu disposta da apposita Ordinanza sindacale n°**10 del 24 Marzo 1984**, in quanto l'impianto di smaltimento dei rifiuti solidi urbani esistenti sito alla località "Monte Carmelo" non risultava rispondente ai requisiti all'uopo occorrenti.

Successivamente fu redatto il progetto di adeguamento della discarica in località Difesa risalente all'anno 1987, dal dott. ing. Antonio Coiro in ottemperanza al D.P.R. 915 del 10 settembre 1982, ai soli fini dell'ammodernamento e completamento della stessa.

Stando a tale documentazione, essa si configurava come una “discarica controllata” atta a prevedere lo smaltimento di R.S.U., provvista di impianto di trattamento delle acque di percolazione allo scopo di ridurre al minimo l’impatto ambientale, evitando l’indesiderato sversamento dei liquami a danno delle eventuali matrici ambientali coinvolte.

In particolare a seguito delle scelte progettuali del dott. ing. Antonio Coiro, il sito era stato predisposto per un numero di abitanti pari a 3500 ed una potenzialità annua $Pa = 865$ t/a.

La vasca di raccolta di profondità massima pari a $-11,00$ m dal p.c.. risultava caratterizzata da pareti attrezzate con strato di membrana HDPE di spessore 1,00 mm, interposto a strati di argilla con spessori variabili. La posa di uno strato di ghiaia sul fondo dell’invaso, di spessore pari a 600 mm, assicurava un adeguato sistema di drenaggio (cfr. *Figura*).



Progetto di ammodernamento e completamento della Discarica di R.S.U, particolare vasca

I dati assunti all’epoca del progetto di ammodernamento e completamento della discarica erano i seguenti:

- strato di rifiuti 1,50 m;
- strato di ricoprimento di 0,20 m;
- strato di ricoprimento finale di 6,00 m;

Tale conformazione, unita al ricoprimento finale, garantiva l'assetto ottimale per la successiva fase di coltivazione sia della discarica, che veniva di fatto ad attestarsi alla quota del p.c. che dell'intera area circostante a cui si attribuiva, allo stato finale, una destinazione d'uso agricolo.

In data 07.02.1997 con Ordinanza Sindacale n. 4/97 avveniva la chiusura temporanea, con decorrenza immediata, della discarica comunale dei R.S.U. sita in località "Difesa", per le motivazioni su esposte, nelle more dell'esecuzione dei lavori di sistemazione e di bonifica della stessa.

Allo stato attuale, l'assenza di adeguati presidi, la mancanza di specifici controlli circa i quantitativi di rifiuti ivi conferiti e l'interruzione delle procedure di monitoraggio, hanno compromesso nel tempo le modalità di coltivazione del sito, rendendola bersaglio possibile di scarichi non controllati.

1.2. Quadro normativo di riferimento

- Decreto del Presidente della Repubblica n° 915 del 10.09.1982;
- Decreto Legge 31.08.1987 n°361 e Legge 29.10.1987 n° 441;
- Delibera del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque dall'Inquinamento (C.I.T.A.I.);
- Delibera del Comitato Interministeriale Smaltimento Rifiuti del 27.07.1984 e successivi decreti;
- Decreto n° 22 del 05.02.1997 (Decreto Ronchi);
- Direttiva 1999/31/CE del 26.04.1999 - relativa alle discariche dei rifiuti;
- Decreto Legislativo n° 152 del 1999;
- Decreto Ministeriale del 25 ottobre 1999 n° 471;
- Piano Regionale di Bonifica dei siti inquinati della Campania I Stralcio del 30.12.2002;
- Decreto Legislativo n°36 del 13.01.2003;
- Decreto Legislativo n° 59 del 18.02.2005 – attuazione integrale della direttiva 96/61CE relativa alla prevenzione e riduzione integrale dell'inquinamento;

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006);
- Direttiva CE 2008/1;
- Piano Regionale di Bonifica, approvato con det. amm. N. 777 del 25.10.2013;
- Linee Guida per la predisposizione e l'esecuzione di indagini preliminari - ARPAC marzo 2016;
- NTA del Piano R. di Bonifica di cui alla del. GRC n. 417 del 27.07.2016.

1.3 Descrizione dell'intervento

In funzione dei rischi valutati e delle condizioni al contorno sono state prese in considerazione le tecniche di risanamento di siti contaminati oggi disponibili che prevedono quanto di seguito riportato:

- asportazione del terreno contaminato e successivo smaltimento in discarica;
- trattamenti fisici, chimici e/o biologici in sito e ex situ (on site, off site);
- sistemi di immobilizzazione dei contaminati.

In considerazione del fatto che un intervento di scavo e successivo trasporto e smaltimento in discarica del terreno contaminato, oltre ad essere estremamente costoso, costituisce una soluzione non corretta dal punto di vista ambientale in quanto produce impatti negativi e non consente la degradazione della sorgente contaminante. Inoltre, sia i trattamenti fisici, chimici e/o biologici che i sistemi di immobilizzazione dei contaminanti, vengono progettati e realizzati in funzione della tipologia e del livello di contaminazione. Se nel sito contaminato è presente un ampio spettro di sostanze contaminanti un determinato processo di risanamento previsto per una sostanza può risultare meno efficace, se non addirittura controproducente, per un'altra tipologia di contaminante. Inoltre, per raggiungere gli obiettivi di bonifica per ciascun contaminante sono necessari tempi molto lunghi. Pertanto per i motivi suddetti, è stato scelto l'incapsulamento mediante barriere fisiche in grado di impedire la migrazione dei contaminanti nel sottosuolo, essendo il miglior

compromesso dal punto di vista dell'efficacia, della sicurezza del raggiungimento degli obiettivi di bonifica e dei costi.

In particolare l'intervento di progetto è composto dalle seguenti componenti:

- barriera fisica superficiale (copertura);
- barriera fisica laterale (barriera verticale).

Per la progettazione delle opere a farsi, non esistendo attualmente una normativa specifica per quanto riguarda la progettazione, la realizzazione e la gestione dei sistemi di confinamento per terreni contaminati, si farà pertanto riferimento alle normative relative alle discariche di rifiuti ed in particolare alla Direttiva 1999/31/CE del 26 aprile 1999, al D.Lgs. 13 gennaio 2003 n. 36 e al DM 13 marzo 2003.

1.4 Barriera fisica superficiale

Con lo scopo di impedire la possibilità d'ingestione del suolo e contestualmente ridurre la lisciviazione del terreno contaminato e quindi il rischio per la falda, è stata prevista la realizzazione di un capping sulla superficie interessata dall'abbanco dei rifiuti. Tale scelta ha lo scopo di separare i rifiuti dall'ambiente superficiale, limitare l'infiltrazione di acqua dei rifiuti e controllare il rilascio di biogas.

Per quanto concerne le caratteristiche della copertura finale si è fatto riferimento all'ALLEGATO 1 del Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, N. 36 - Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti (G.U. n. 59 del 12 marzo 2003) – CRITERI COSTRUTTIVI E GESTIONALI DEGLI IMPIANTI DI DISCARICA - IMPIANTI PER RIFIUTI NON PERICOLOSI E PER RIFIUTI PERICOLOSI, punto "2.4.3. Copertura superficiale finale".

Sulla base di quanto previsto ed indicato in tale punto, la copertura finale deve rispondere ai seguenti criteri:

- isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno;

- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua;
- riduzione al minimo della necessità di manutenzione;
- minimizzazione dei fenomeni di erosione;
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata.

ed essere realizzata mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, almeno dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore maggiore o uguale a 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 e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
2. strato drenante protetto da eventuali intasamenti con spessore maggiore o uguale a 0,5 m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti 3) e 4);
3. strato minerale compattato dello spessore maggiore o uguale a 0,5 m e di conducibilità idraulica di maggiore o uguale a 10^{-8} m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di scarica di rifiuti pericolosi;
4. strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore maggiore o uguale a 0.5 m;
5. strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

La copertura finale proposta nel presente progetto sarà realizzata mediante una struttura multistrato equivalente, costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore _1 m. Tale strato favorirà lo sviluppo delle specie vegetali di copertura, fornirà una protezione adeguata contro l'erosione e proteggerà le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
2. geostuoia antierosione rinforzata in rete metallica, per aumentare la stabilità delle sponde ed evitare scivolamenti di materiale;

3. strato drenante di materiale granulare con spessore 0,5 m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere sottostanti;
4. geostuoia antierosione rinforzata in rete metallica, per aumentare la stabilità delle sponde ed evitare scivolamenti di materiale;
5. geotessile non tessuto di grammatura 400 gr/mq a protezione dello strato sottostante;
6. strato di materiale minerale compattato dello spessore maggiore o uguale a 0,5 m e di conducibilità idraulica 10^{-8} m/s;
7. geocomposito drenante per biogas ove ritenuto necessario.

1.5 Barriera plastica impermeabile

L'obiettivo della barriera verticale è il contenimento del flusso inquinante. Le tecnologie impiegate per la messa in opera delle barriere perimetrali sono derivate dall'esperienza maturata nel campo degli interventi geotecnici, con particolare riferimento alle opere di sostegno di scavi, al consolidamento dei terreni e alla realizzazione di barriere idrauliche.

Si prevede nella zona posta a monte, rispetto al senso della falda, della ex discarica la realizzazione di una barriera verticale immorsata per 0,5 metri nello strato impermeabile di fondo, e comunque a profondità superiore allo spessore del corpo rifiuti. Relativamente alla tecnologia di costruzione, per i primi 6.0 metri di profondità si procederà ad uno scavo a trincea con pareti a 45°, successivamente si utilizzerà la tecnica dello scavo con benna fino alla profondità di circa 12.0 m dal p.c.

Il diaframma plastico sarà caratterizzato dall'uso di una miscela autoindurente composta da acqua, cemento e bentonite. Tale sistema garantirà livelli bassi di permeabilità nell'ordine di grandezza pari a circa 10^{-9} m/s. Le elevate proprietà plastiche rendono la barriera idonea ad assorbire movimenti di assestamento del terreno senza rompersi o fratturarsi. Lo spessore dei

diaframmi plastici sarà di 80 cm. La stabilità delle pareti della trincea, durante lo scavo, sarà assicurata dalla miscela acquabentonite in proporzione compresa tra 1 e 5%.

Il cantiere sarà costituito dall'impianto fanghi, che comprende i silos di stoccaggio della bentonite secca, il miscelatore, le vasche di idratazione, le pompe di circolazione, la linea di distribuzione del fango, l'impianto di separazione e rigenerazione costituito a sua volta da dissabbiatore e vasche di trattamento per scarico. Lo scavo avverrà in presenza del fango bentonitico, che colmerà la trincea fino alla superficie. Il materiale scavato verrà portato in superficie dalla benna.

Sia la deposizione temporanea che la gestione finale del materiale scavato verranno smaltiti nel rispetto della normativa vigente in materia di rifiuti (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.).

2. Problematiche affrontate

La coltivazione di una discarica si conclude con la copertura finale, tale copertura svolge essenzialmente la funzione di separazione tra i rifiuti e l'ambiente circostante, isolando, unitamente alla copertura di base, in modo definitivo la massa organica dei rifiuti. Tale compito di isolamento è svolto, come sottolineato nell'allegato 1, par. 2.4.3. del nuovo decreto da una serie di strati di copertura aventi principalmente le funzioni di regolarizzazione, impermeabilizzazione, drenaggio e ripristino ambientale. Dall'analisi dei dati disponibili e da quelli raccolti nella campagna d'indagine preliminare, si ritiene che l'attività di progettazione e coltivazione svolta per il sito sia conforme a quanto previsto la DPR 915/82, confermando in tal modo la tipologia d'intervento già stabilita dal censimento ANPA per la discarica in questione. Gli interventi che si prevedono, viste anche le somme a disposizione dell'amministrazione sono i seguenti:

- a) sistemazione morfologica e regimentazione delle acque meteoriche;
- b) captazione e smaltimento del biogas;
- c) raccolta e smaltimento del percolato;

- d) realizzazione della copertura finale;
- e) eventuali predisposizioni per il riutilizzo e nuova destinazione dell'area;
- f) realizzazione di un piano di controllo e monitoraggio.

a) SISTEMAZIONE MORFOLOGICA E REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Nella sistemazione morfologica vanno incluse tutte quelle azioni necessarie per la modifica dell'andamento superficiale delle aree della discarica, in modo da indurre un efficace drenaggio superficiale delle acque di pioggia migliorando nel contempo l'inserimento della discarica nel contesto del paesaggio prevedendo anche l'utilizzo di tecniche d'ingegneria naturalistica.

b) CAPTAZIONE E SMALTIMENTO DEL BIOGAS

I processi di digestione anaerobici dei rifiuti portano inevitabilmente alla generazione di biogas, tali formazioni gassose pur non comportando un pericolo diretto sulla salute umana generano degli effetti negativi sia sulla vegetazione circostante sia sulla salubrità ambientale in generale sulle aree limitrofe. Nelle fasi di progettazione successiva andrà calcolata e stimata la produzione di biogas prevedendo gli opportuni interventi per la captazione e smaltimento ove ritenuti necessari.

c) RACCOLTA E SMALTIMENTO DEL PERCOLATO

La presenza di un pozzetto di raccolta del percolato fa sì che la raccolta dello stesso sarà eseguita mediante lo svuotamento del pozzetto sia dal percolato sia dagli eventuali fanghi depositatosi sul fondo, con l'avvio alla depurazione in appositi impianti. In tale fase sarà prevista anche un rifacimento dell'impermeabilizzazione del pozzetto.

d) REALIZZAZIONE DELLA COPERTURA FINALE

Le operazioni di copertura finale della discarica rappresentano l'operazione fondamentale e necessaria per assolvere il compito di evitare l'ingresso di acque meteoriche in discarica con la formazione di nuovo percolato, limitando allo stesso tempo l'emissione diffuse in atmosfera di

biogas. Per la delicata funzione che deve assolvere la copertura finale, in ottemperanza alla normativa vigente, deve essere realizzata da un “pacchetto” multistrato che abbia funzioni di regolarizzazione, impermeabilizzazione, drenaggio e ripristino ambientale.

I vari strati di progetto sono i seguenti:

- 1) geocomposito drenante;
- 2) guaina polimerica;
- 3) geocomposito drenante;
- 4) terreno vegetale.

Nella presente fase progettuale sono stati stimati gli spessori dei vari strati e l’ottimizzazione del composto multistrato in modo da avere le migliori performance sia tecniche che economiche.

e) EVENTUALI PREDISPOSIZIONI PER IL RIUTILIZZO E NUOVA DESTINAZIONE DELL’AREA

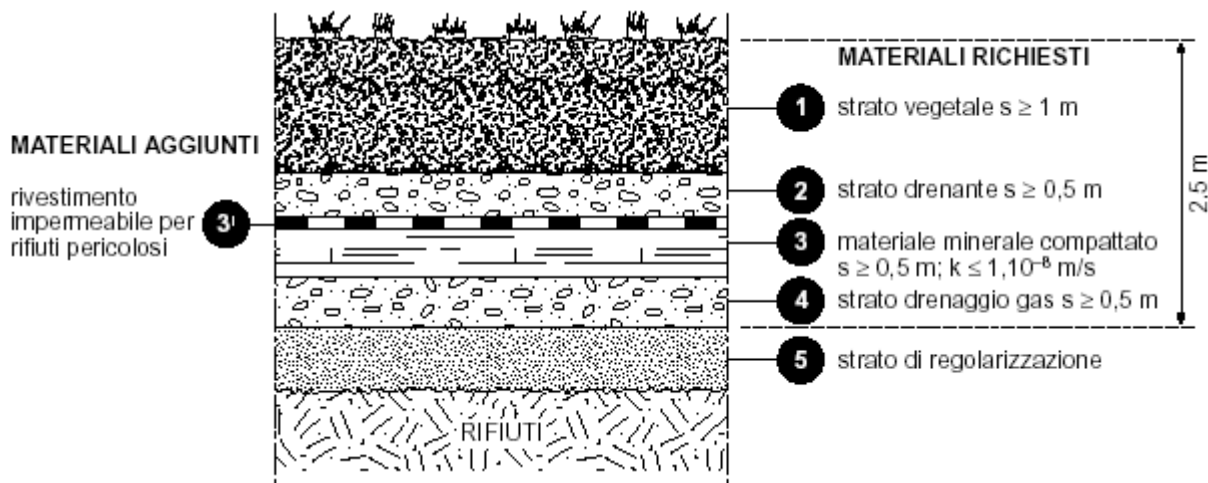
Nella fase di progettazione della copertura finale, compatibilmente con le risorse finanziarie della pubblica amministrazione, si è predisposta la sola ricomposizione ambientale con la semina a spaglio della vegetazione. Per tutto ciò che riguarda un possibile riutilizzo dell’area ai fini sociali, con il ripristino e l’integrazione dell’area costituente l’ex-discarica nell’ambiente circostante, si rimanda ad ulteriori interventi che trovino copertura finanziaria in altre risorse economiche della pubblica amministrazione.

f) REALIZZAZIONE DI UN PIANO DI CONTROLLO E MONITORAGGIO

Le analisi distinte nel piano di indagine preliminare eseguite a monte delle fasi progettuali preliminare, definitiva ed esecutiva, devono essere ripetute nel tempo per un periodo tale da garantire la verifica dei risultati attesi dall’intervento e la loro permanenza in sicurezza nel tempo. A tale scopo si è predisposto un apposito piano di monitoraggio.

2.1 Copertura superficiale - capping

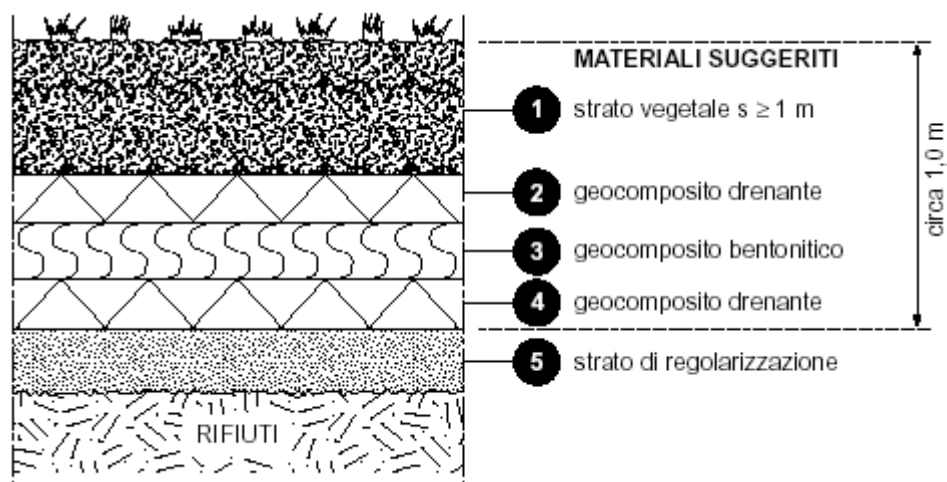
L'allegato 1, par. 2.4.3. del nuovo decreto aggiunge l'obbligo di impermeabilizzazione della copertura superficiale ("CAPPING") delle discariche come illustrato in figura seguente.



Copertura superficiale finale (capping) secondo dlgs. n. 36 – allegato 1 – par. 2.4.3.

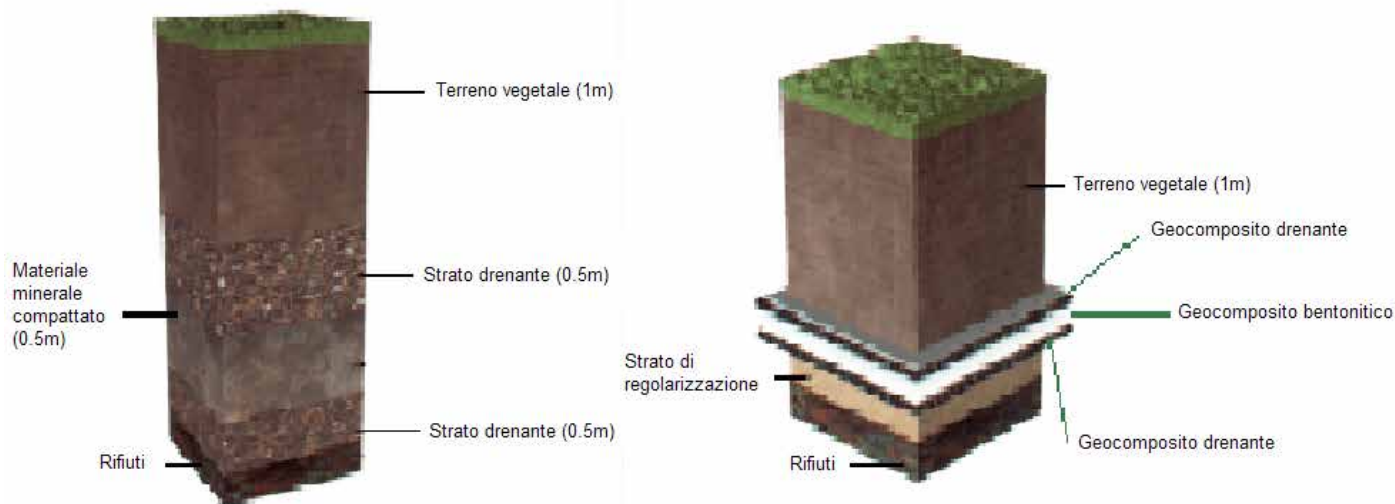
La morfologia del territorio, ed in particolare la peculiarità del sito di essere sostanzialmente pianeggiante impongono che la scelta progettuale ricada su un pacchetto di copertura più compatto, quindi, di altezza inferiore ai 2.5 metri. Atteso che il DLGS. N. 36 recita quanto segue: “...strato minerale compattato dello spessore $\geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica $\leq 10^{-8}$ m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di discarica di rifiuti pericolosi..”, è lecito pensare che la stratigrafia proposta dal decreto possa essere sostituita da una di caratteristiche equivalenti. La figura di seguito illustra una proposta di stratigrafia equivalente, sicuramente compatibile con quanto prescritto dal decreto, ovvero composta dai seguenti strati:

- geocomposito bentonitico al posto di un metro di strato di materiale naturale;
- geocomposito drenante al posto di uno strato di materiale naturale.



Stratigrafia equivalente: proposta con l'uso di un geocomposito bentonitico e un geocomposito drenante in sostituzione di 50 cm. di strato minerale compattato e di 50 cm. di strato drenante naturale.

Nelle figura che segue si riporta uno spaccato del terreno che illustra le differenze in termini di spessore tra le due soluzioni di copertura finale.



Confronto tra la stratigrafia proposta dalla norma con quella di progetto.

L'esigenza di un pacchetto di copertura più compatto deve necessariamente essere supportata dall'utilizzo di materiali tecnologici detti "geocompositi". Si propone in progetto, pertanto, l'utilizzo per gli strati drenanti (acque meteoriche e biogas), in sostituzione del materiale granulare, di un materiale sintetico costituito dall'accoppiamento di una georete estrusa in HDPE e di un geotessile non tessuto in PP, avente le medesime prestazioni dello strato drenante naturale che va a sostituire, non solo nel breve termine ma anche e soprattutto nel lungo termine. Rimandando il calcolo della portata del materiale sintetico equivalente all'apposito elaborato di calcolo sull'equivalenza idraulica, è necessario ricordare come il flusso espresso tramite la legge di Darcy per materiali granulare non risulti essere influenzato dal carico verticale applicato; al contrario, un geocomposito drenante sintetico ha caratteristiche di portata idraulica che sono fortemente legate allo stato di sollecitazione verticale cui è sottoposto.

La sollecitazione massima cui sarebbe sottoposto il materiale drenante è pari al peso del terreno riportato su di esso; il carico reale sarebbe pertanto al massimo pari a 20 kPa. Considerato lo sviluppo planimetrico della discarica in questione ed il possibile, ancorché possibilmente da evitare, transito di mezzi al di sopra dei materiali, è necessario che il materiale proposto abbia una resistenza a trazione minima che gli consenta di resistere ad eventuali sollecitazioni di taglio trasmesse dai mezzi d'opera. Un valore ragionevole per tale resistenza minima può essere assunto pari a 20.0 kN/m, con allungamenti del materiale al picco che siano contenuti entro il 50% (+/- 5%).

Un ultimo requisito di base per il prodotto scelto è la sua assoluta inerzia chimica, quindi, devono essere preferiti materiali costituiti da polimeri chimicamente inerti, le cui proprietà possono essere garantite nel tempo indipendentemente dalle condizioni di acidità-basicità del terreno. Per ciò che attiene alla struttura d'impermeabilizzazione si è scelto di utilizzare un geocomposito bentonitico, composto minerale di elevata capacità impermeabilizzante avente la capacità di sostituire lo spessore di argilla prescritto dalla norma, riducendo lo spessore del ricoprimento finale della discarica. Pertanto, si utilizzerà in alternativa allo strato di argilla di spessore 0,50 m un

geocomposito bentonitico di spessore 6mm. Di seguito si riporta la verifica dell'equivalenza alla tenuta idraulica.

Avendo l'argilla e il geocomposito bentonitico spessore molto diversi, il confronto per dimostrare l'equivalenza viene fatto non sulla permeabilità, ma sul tempo di attraversamento dello strato impermeabilizzante da parte di un fluido, per i calcoli di dettaglio sulla equivalenza degli strati si rimanda alla relazione specialistica.

Pertanto si avrà che uno spessore di argilla pari a 0,50 m con permeabilità $k=1 \times 10^{-8}$ m/s avrà un tempo di attraversamento pari a: $0,5 \text{ m} / 1 \times 10^{-8} \text{ m/s} = 0,5 \times 10^8 \text{ s} = 50.000.000 \text{ s} = 50 \times 10^6 \text{ s} / 3600 / 24 / 365 = 1,58 \text{ anni}$.

Per lo strato di geocomposito bentonitico si hanno valori di permeabilità “k” variabili da 1×10^{-11} a 5×10^{-11} . Mediamente i prodotti disponibili sul mercato hanno un $k = 3 \times 10^{-11}$.

Per la verifica si utilizza il valore più cautelativo, ovvero a permeabilità più elevata, pari a 5×10^{-11} . Quindi, il geocomposito bentonitico in alternativa allo strato di argilla, in base alla permeabilità pari a 5×10^{-11} m/s, considerando cautelativamente uno spessore pari a 5 mm, si avrà un tempo di attraversamento pari a: $5 \text{ mm} / 5 \times 10^{-11} \text{ m/s} = 1,0 \times 10^8 \text{ s} = 3,17 \text{ anni}$

Sulla base del confronto tra i due valori ricavati, da cui risulta che il tempo di attraversamento del geocomposito bentonitico è notevolmente superiore superiore a quello dello strato di argilla naturale, si evince pertanto che lo strato equivalente è migliorativo rispetto alla soluzione con argilla naturale prevista in normativa.

Il geocomposito bentonitico, avente la funzione di impermeabilizzare bacini e discariche sia al fondo che in copertura, marcato CE per le applicazioni tecniche previste dalle norme EN 13361, EN 13362, EN 13491, EN 13492, EN 13493, dovrà essere costituito da un geotessile non tessuto di tipo agugliato in polipropilene di massa superficiale non inferiore ai 200 g/m² e un geotessile tessuto di massa non inferiore a 110 g/ m² tra cui deve essere racchiuso uno strato di bentonite sodica granulare preidratata che a contatto con l'acqua dovrà rigonfiarsi per formare lo strato

impermeabile avente una massa per unità d'area con contenuto di umidità della bentonite del 10%, non inferiore a 5,0 kg/m² (ASTM 5993) con permeabilità certificata $< 5 \times 10^{-11}$ m/s.

2.3 drenaggio del biogas

Le discariche sono sorgenti significative di metano (CH₄) e diossido di carbonio (CO₂). In aggiunta a questi due gas sono prodotte anche minori quantità di composti organici non metanici (NMOCs) tra i quali alcuni composti organici volatili reattivi (VOCs) e pericolosi (HAPs).

Il metano ed il diossido di carbonio sono i costituenti primari di quello che viene comunemente chiamato “biogas” (LFG, “landfill gas” in terminologia anglosassone) e sono prodotti durante la decomposizione anaerobica della cellulosa e delle proteine presenti nei rifiuti smaltiti in discarica che vengono inizialmente trasformati in zuccheri, poi principalmente in acido acetico ed, infine, in CH₄ e CO₂. La decomposizione anaerobica ha luogo in assenza di ossigeno ed è un processo complesso nel quale le condizioni ambientali giocano un ruolo fondamentale. Tra i fattori ambientali più importanti sono da considerare: il contenuto d'acqua del rifiuto, la presenza e distribuzione dei microrganismi, la concentrazione di nutrienti necessaria alla loro sussistenza e riproduzione, la pezzatura media e la composizione dei rifiuti, il pH e la temperatura all'interno del cumulo di rifiuti, ed infine l'eventuale infiltrazione di acqua.

A causa della complicata combinazione di condizioni che devono concorrere per poter osservare la generazione di biogas, i rifiuti possono rimanere inattivi anche per più di un anno, prima che inizi la decomposizione anaerobica e venga prodotto il biogas.

Nella generazione del biogas si possono individuare quattro fasi caratteristiche di tutto il ciclo di vita della discarica. Durante tali fasi varia sia la velocità di formazione del biogas, sia la sua composizione.

La prima fase è “aerobica” (con ossigeno disponibile all'interno della massa di rifiuti) ed il principale gas prodotto è l'anidride carbonica (CO₂). La seconda fase è caratterizzata da una forte

diminuzione dell'ossigeno disponibile che porta l'ambiente in condizioni anaerobiche. Si ha grande produzione di CO₂ ed, in misura minore, di idrogeno (H₂). Nella terza fase (anaerobica) inizia la generazione di CH₄ accompagnata da una riduzione della CO₂ prodotta. Il contenuto di azoto (N₂) nel biogas è inizialmente elevato nella prima fase aerobica e decresce molto velocemente durante la seconda e terza fase (anaerobiche). Nella quarta fase la produzione di biogas raggiunge condizioni di quasi stazionarietà e la composizione del biogas non varia quasi più. La durata delle varie fasi e dell'intera sequenza dipende dalle condizioni presenti in discarica (composizione del rifiuto, caratteristiche del materiale di copertura, schema progettuale) e può variare anche in funzione delle condizioni climatiche, come la quantità delle precipitazioni atmosferiche e la temperatura ambientale. I rifiuti smaltiti in una discarica controllata possono produrre biogas per 20 – 30 anni; al contrario, i rifiuti smaltiti in discariche abusive, e quindi esposti all'aria, subiscono un processo di decomposizione aerobica risultante principalmente in CO₂ ed acqua.

2.3.1 Tecnologie di controllo e trattamento del biogas

Per la captazione del biogas possono essere usati sistemi “attivi” o “passivi”. Con i sistemi attivi si fornisce artificialmente un gradiente di pressione mediante soffianti o compressori. Nei sistemi passivi si sfrutta, invece, il gradiente di pressione che si instaura naturalmente all'interno della discarica, a seguito dei processi di generazione di biogas. La tipologia dell'impianto di captazione da adottare, dipende principalmente dalle caratteristiche della discarica e dall'utilizzo che viene fatto del biogas raccolto. I sistemi a captazione “attiva” sono generalmente più efficienti di quelli “passivi”. I condotti di estrazione del biogas sono, normalmente, distribuiti uniformemente su tutta la superficie della discarica, in modo da evitare zone di ristagno per i gas; la loro spaziatura reciproca e la profondità di immersione dipendono dalle condizioni operative e di progetto della discarica.

2.3.2 Valutazione della produzione di biogas

Nella relazione tecnica generale del progetto originario si riporta che la capacità annua di smaltimento di rifiuti prevista era di 1566 mc/anno, considerando le variazioni geometriche in aumento dell'invaso della discarica, eseguite nel corso della realizzazione dei lavori all'impianto della stessa si può ipotizzare una capacità di smaltimento di circa 1800 mc/anno. In riferimento a tale quantità si calcola la produzione potenziale di biogas in modo da valutarne lo smaltimento e/o il recupero. Dalle calcolazioni effettuate riportate nella relazione di equivalenza idraulica degli strati drenanti, risulta poco significativa la captazione ai fini energetici, in quanto essendo i rifiuti ormai quasi completamente mineralizzati è terminata la produzione di biogas. In ogni caso, a vantaggio di sicurezza per evitare pressioni sotto lo strato impermeabilizzante si introduce nel pacchetto del capping, un drenaggio mediante geocomposito posto sotto la guaina.

3 CALCOLI ESECUTIVI

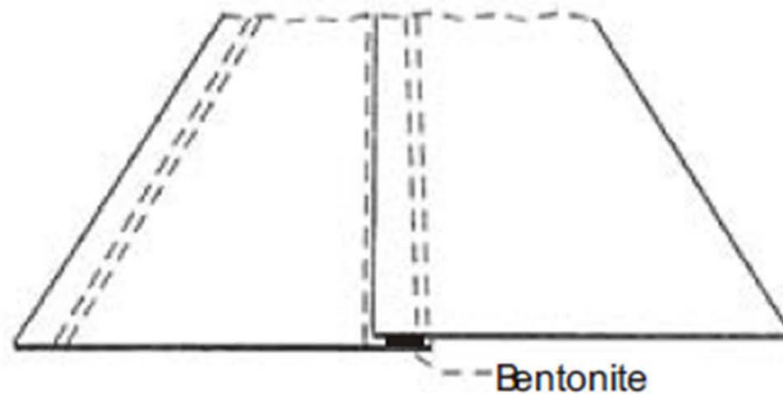
Per la realizzazione del seguente progetto sono stati effettuati tutti i calcoli necessari per la realizzazione delle opere, in particolare, è stata valutata la produzione di biogas a seguito della coltivazione della discarica e sono stati dimensionati gli strati drenanti sia per lo stesso biogas che per le acque meteoriche, inoltre è stato verificato che lo strato impermeabilizzante previsto della normativa sia ampiamente soddisfatto dal geosintetico bentonitico. Il dettaglio dei calcoli effettuati è riportato nelle specifiche relazioni specialistiche denominate “Relazione di equivalenza idraulica” e “Relazione sull'equivalenza alla tenuta idraulica”.

4 Verifiche in corso d'opera e prove di collaudo

Nel corso dei lavori andranno eseguite numerose prove di accettazione dei materiali, di verifica sulla corretta esecuzione delle opere e sulla corretta posa in opera dei materiali. In particolare per il manto impermeabile bentonitico dovranno essere effettuati i seguenti controlli in corso d'opera:

- Verifica materiali al momento della ricezione;

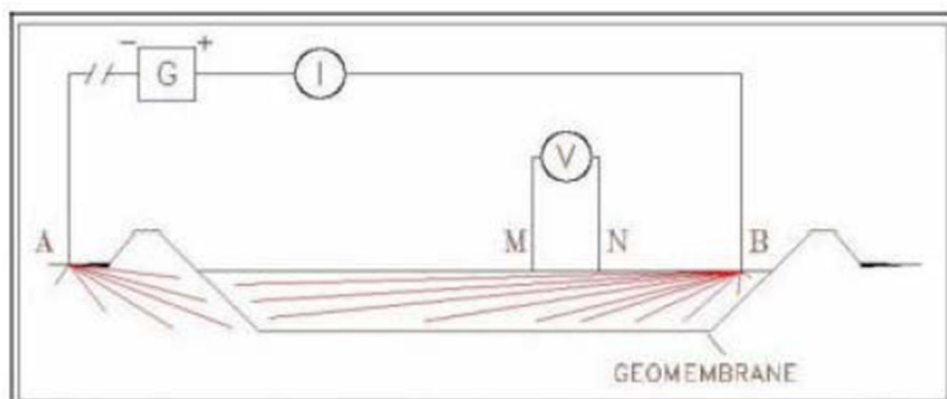
- Substrato di posa privo di elementi lapidei, detriti, radici, potenzialmente dannosi per l'integrità dei teli in GCL.
- Posa: sovrapposizione dei teli adiacenti (almeno 20 cm) con disposizione dei teli lungo la linea di massima pendenza.
- Verificare la sigillatura con bentonite sodica granulare.



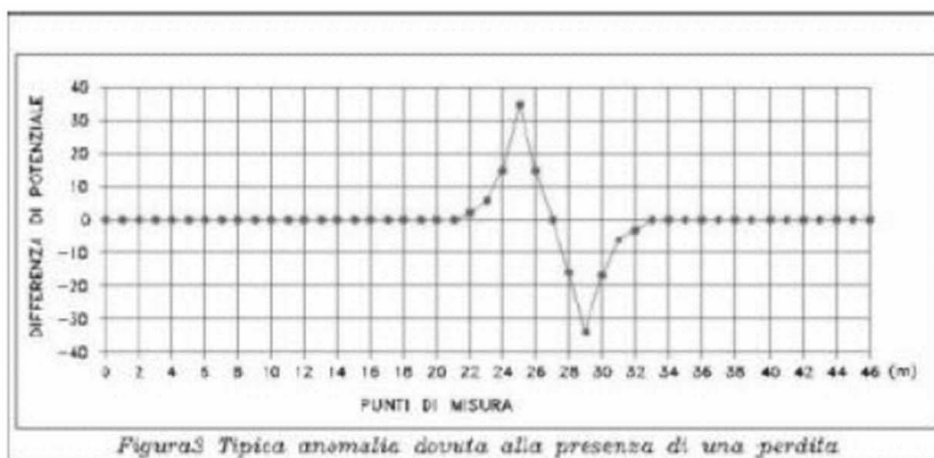
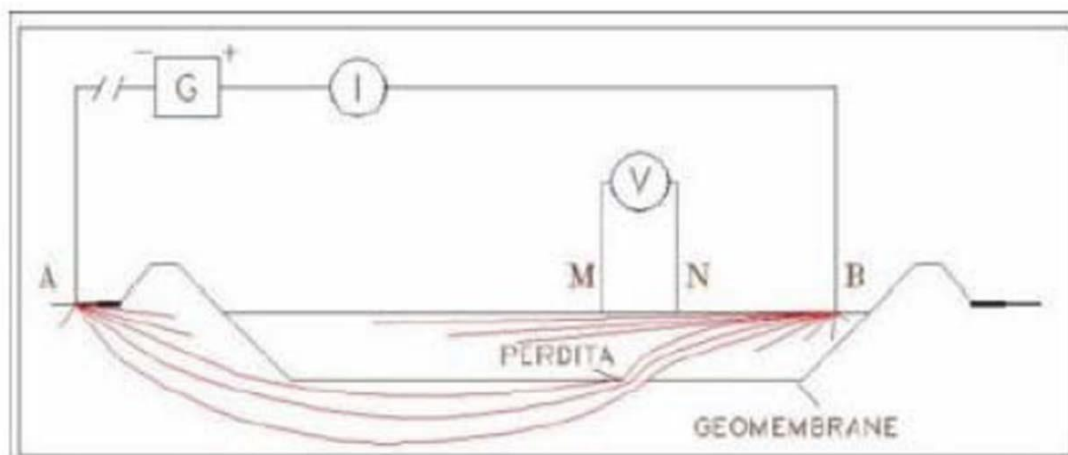
Controlli ad opere ultimate

A capping ultimato adranno eseguiti i controlli riportati di efficienza dell'intervento utilizzando i seguenti metodi.

- Metodi geoelettrici: si basa sulla elevata resistività elettrica della membrana HDPE, che se realizzata correttamente determina un perfetto isolamento elettrico tra materiale della copertura e terreno circostante. In assenza di difetti, il potenziale elettrico (MN) misurato imponendo una d.d.v. AB (circa 100 V) mostra una distribuzione uniforme del campo elettrico, debolmente crescente verso i bordi della impermeabilizzazione.



In presenza di una fessura o lacerazione, attraverso di essa si genera un flusso di corrente, che viene evidenziato da un deciso calo del potenziale elettrico attraverso la fessura.



Controlli sui diaframmi

Sui diaframmi plastici saranno eseguiti i seguenti controlli:

- verifica di verticalità;
- verifica della consistenza della miscela bentonitica;
- verifica di sovrapposizione dei setti secondari;
- verifica di centraggio della membrana;

Anche sui diaframmi saranno eseguite delle prove ad opere ultimate, in particolare si prevede di

eseguire una prova di permeabilità realizzata tra due piezometri siti a monte e a valle della
cinturazione.

Salerno, marzo 2017

Il tecnico

(dott. ing. Luigi IANNONE)

