COMUNE DI SAPRI

PROVINCIA DI SALERNO

POR CAMPANIA FESR 2007 2013 Ob. 1.2
PIANO REGIONALE DI BONIFICA DGR n.129/2013

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DISCARICA COMUNALE DI SAPRI LOCALITA' GIAMMARONE

PROGETTO ESECUTIVO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

RELAZIONE GENERALE

CODICE DOCUMENTO: **DOC 085-GEO-002**

Sede legale:
Via Antica Consolare Campana, 48/b – 80016 Marano di Napoli (NA)
tel.: 081.506.00.18 - fax 081.197.37.607
email: info@geomappe - site web: www.geomappe.com

Il Progettista

Ing. T. Pelella

Il R.U.P.

Ing. A. Ciorciaro

REV	OGGETTO	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE				16/09/2015

PROGETTO ESECUTIVO DI BONIFICA E DI MESSA IN SICUREZZA DEFINITIVA

ART 242 D.Lgs n 152/06 e ss.mm.ii.

DISCARICA COMUNALE SAPRI- LOCALITA' GIAMMARONE

Relazione Generale

INDICE

1 PREMESSA 4

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4

3 PIANO DI CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DEL RISCHIO 5

3.1 SORGENTI DI CONTAMINAZIONE 5

3.1.1 Discarica 5

3.1.2 Suolo 5

3.1.3 Acque sotterranee e superficiali 6

3.1.4 Aria 6

3.2 VEICOLI DI MIGRAZIONE DEGLI INQUINANTI 7

3.3 BERSAGLI DELLA CONTAMINAZIONE 7

3.4 MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO 8

4 DESCRIZIONE DEL SITO 9

4.1 TOPOGRAFIA DEI LUOGHI 10

4.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO 10

4.3 ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 11

Inquadramento geologico e geomorfologico 11

Inquadramento Idrogeologico 12

5 PROGETTO 15

5.1 INCAPSULAMENTO AREA DI DISCARICA E TERRENI CONTAMINATI 15

5.2 TRINCEA DRENANTE 20

5.3 BONIFICA TERRENI CONTAMINATI 21

5.4 REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE 22

5.5 OPERE DI DRENAGGIO DEL PERCOLATO 23

5.6 IMPIANTO DI CAPTAZIONE BIOGAS 23

5.7 RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE 25

6 MONITORAGGIO POST OPERAM 27

7 ANALISI DELLE DIVERSE TECNICHE DI BONIFICA APPLICABILI 27

8 DURATA DEGLI INTERVENTI 33

9 ASPETTI ECONOMICI 33

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è parte integrante del Progetto Esecutivo per la messa in sicurezza definitiva della discarica comunale di Sapri ai sensi dell'ex art 242 D.Lgs n 152/06 e ss.mm.ii. L'attività rientra nella Programmazione degli interventi a valere sull'Obiettivo Operativo 1.2 – POR Campania FESR 207/13 di cui alle D.G.R. N.175/del 03.06.2013 E D.G.R. N. 601 del 20.12.2013.
La relazione descrive le modalità operative relative alle attività di messa in sicurezza della discarica comunale di Sapri in località Giammarone (*Cod 2043C001 Allegato A al D.D.911/06 Regione Campania AGC 05 Settore Tutela Ambientale*) lungo il versante che dalla linea di costa sale verso lo spartiacque con la Valle del Noce. L'area di interesse fa parte della zona sommitale del piccolo versante, in sinistra orografica, che dal sottostante Vallone del Franco, alla confluenza con il Vallone della Carpineta ed il Canale Roccarossa, sale verso la suddetta strada statale, nei pressi del locale spartiacque morfologico.
In particolare essa si estende nelle vicinanze della S.S. n° 104 Sapri-Ionio.

La discarica oggetto del presente Progetto Esecutivo raccoglie rifiuti urbani non differenziati. Cod. Rifiuto 200301 e è classificata in 1° categoria (rifiuti non pericolosi) secondo la delibera interministeriale 27.7.1984

A conclusione delle attività di caratterizzazione svolte alla fine del 2008, è stato formulato il Modello Concettuale Definitivo, a partire dal quale, è stata redatta l'Analisi di Rischio sanitario ambientale sito-specifica secondo i criteri riportati nel D. Lgs 152/2006 - Titolo V - all. 1.
Da tale analisi si evince che il sito presenta valori non accettabili della **CSR**, in funzione della destinazione d'uso, per le seguenti sostanze:

- ✓ **Idrocarburi Alifatici C<12**
- ✓ **Idrocarburi Alifatici C>12**

perché ritenute pericolose per la potenziale contaminazione della falda acquifera non profonda.
L'analisi di rischio per il sito in oggetto ha dato invece sempre valori accettabili per l'acquifero profondo che si attesta alla base dei calcari.
Dall'analisi degli elaborati si evince che la concentrazione maggiore di questi analiti si ha in prossimità della vasca del percolato, quindi eventuali interventi di "bonifica" o di "messa in sicurezza" devono essere attuati in corrispondenza di tale zona della discarica.
La discarica in oggetto è da ritenersi, dunque, **un sito contaminato** ai sensi dell'art. 240 del Titolo V "Bonifica siti contaminati" del D. Lgs. 152/2006.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Progetto Esecutivo di messa in sicurezza della discarica viene redatto nel rispetto delle seguenti normative:

- D.Lgs 152/06 art 42 e ss.mm.ii
- D.Lgs 36/2003
- Delibera della Giunta Regionale n. 129 del 27/05/2013 – Piano Regionale di Bonifica

3 PIANO DI CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DEL RISCHIO

A conclusione delle attività di caratterizzazione svolte alla fine del 2008, è stato formulato il Modello Concettuale Definitivo, a partire dal quale, è stata redatta l'Analisi di Rischio sanitario ambientale sito-specifica secondo i criteri riportati nel D. Lgs 152/2006 - Titolo V - all. 1
L'elaborazione del modello concettuale della discarica di Sapri, ha individuato nel seguente modo la sorgente, i vettori e i bersagli:

1. **sorgente di contaminazione**: abbancamento dei rifiuti (sorgente primaria); presenza vasca raccolta percolato, acque sotterranee poco profonde (sorgenti secondarie);
2. **vie di trasporto e migrazione**: lisciviazione delle acque nei rifiuti abbancati, sversamento incontrollato di percolato nel vallone sottostante, trasporto in falda, infiltrazione e percolazione nel suolo;
3. **bersagli della contaminazione**: il corpo idrico superficiale, la vegetazione e i raccolti circostanti, la fauna locale e le risorse umane con le attività antropiche.

3.1 Sorgenti di contaminazione

3.1.1 Discarica

Nell'ambito dell'analisi di rischio, la discarica viene considerata una sorgente primaria di contaminazione a causa delle proprie emissioni liquide e gassose, che a loro volta sono considerate sorgenti secondarie vista la probabilità più o meno alta di provocare un rischio nell'uomo e nelle matrici ambientali coinvolte.

Per la discarica in oggetto sono note le seguenti caratteristiche:

Tipologia sito	Discarica controllata
Data inizio attività	15/03/1993
Data fine attività	01/12/1996
Materiali conferiti	Rifiuti solidi urbani
Volumi conferiti	45.000 m^3

Per quanto concerne i prodotti gassosi, si può dire che è bassa la produzione potenziale di biogas sia per la concentrazione di BOD, indice di una esigua presenza di sostanza organica biodegradabile, che per il tempo; infatti il biogas prodotto negli anni si è canalizzato nel sottosuolo attraverso i rifiuti e si è liberato in atmosfera.

Prodotti liquidi

La valutazione dei **prodotti liquidi** di una discarica che si originano dalla decomposizione anaerobica del rifiuto e dall'infiltrazione di fonti esterne, quali il drenaggio superficiale, il ruscellamento dell'acqua dai sistemi superficiali e le infiltrazioni dalle falde sotterranee, che attraversando la massa di rifiuti in via di decomposizione, incrementano il loro contenuto di sostanze disciolte e sospese, risulta essere una operazione fondamentale per la caratterizzazione di una discarica.
Per la discarica in oggetto non è stato possibile prelevare campioni di percolato per motivi di sicurezza (si veda l'Allegato I – Verbale di prelievo di campioni)

3.1.2 Suolo

Il suolo in senso lato è un sistema eterogeneo, composto da solidi, liquidi e gas in varie porzioni. Per le sue proprietà di compattezza e porosità, è al tempo stesso bersaglio primario e

sorgente secondaria. Quando si lascia attraversare dal potenziale inquinante, diventa bersaglio e successivamente il suolo contaminato è fonte di inquinamento per le altre matrici ambientali.
Il litotipo prevalente nella zona della discarica al di sotto dei rifiuti e nelle zone limitrofe, risulta caratterizzato da argilliti con grado di permeabilità molto basso intercalati da banchi di piccolo spessore di calcari fratturati. Un suolo con queste caratteristiche difficilmente rende possibile fenomeni di filtrazione e si esclude la capacità di raggiungere la falda profonda. Da quanto ipotizzato il percolato, dovrebbe rimanere confinato dal banco di argilla sottostante e migrare verso valle seguendo la morfologia dello strato impermeabile, attraverso i banchi e lenti di materiali poco più permeabili o attraverso i rifiuti che in questo caso fungono da dreno.

3.1.3 Acque sotterranee e superficiali

Vista la permeabilità medio-bassa dei terreni esistenti nell'area in cui è localizzata la discarica, soprattutto per quanto riguarda gli strati superficiali costituiti da materiale di riporto misti a clasti di natura calcarei e a banchi di calcari fratturati si ipotizza che le acque meteoriche vengono assorbite dal terreno e trasmesse in profondità almeno fino alla formazione di argilliti che rappresentano lo strato impermeabile della sezione stratigrafica della zona in esame a meno di percorsi preferenziali attraverso banchi calcarei fratturati che possono inficiare la qualità delle acque sotterranee. Queste acque potrebbero arricchirsi di alcune sostanze solubili presenti in sito e contaminare la falda che da bersaglio diventa sorgente secondaria di contaminazione.
L' acqua di falda (si intende la falda superficiale a carattere effimero), costituisce pertanto la matrice ambientale più sensibile alla contaminazione.
La soggiacenza della falda acquifera (di piccola entità) è variabile, attestandosi a monte intorno ad una profondità di circa 4-5 m dal piano campagna.
In corrispondenza della discarica, è stata ricostruita la circolazione idrica sotterranea locale sulla base dei punti d'acqua rilevati, da cui emerge che la falda sotterranea poco profonda si muove da est verso ovest (si veda la Tavola 3 caratterizzazione del sito, le isopiezometriche locali).
La circolazione idrica sotterranea all'interno dei depositi alluvionali superficiali, si sviluppa stagionalmente (autunno – primavera), prevalentemente nei termini conglomeratici – sabbiosi, attestandosi in prossimità della superficie, adattandosi sostanzialmente alla morfologia, e attraverso quelle intercalazioni calcaree più permeabili che condizionano notevolmente la circolazione idrica e le modalità di accumulo sotterraneo. Pertanto, tutti questi fattori concorrono nell'individuare nelle acque la matrice ambientale di maggior rilevanza, individuando i potenziali bersagli nei pozzi cisterna e nei sistemi di emungimento e derivazioni (lungo il Vallone del Franco), eventualmente utilizzati più a valle.

3.1.4 Aria

La diffusione in atmosfera dei contaminanti è estremamente rapida con una drastica riduzione della concentrazione dei contaminanti all'aumentare della distanza dal punto di emissione. Infatti i contaminanti presenti in atmosfera sono soggetti fondamentalmente a meccanismi di degradazione e trasporto in aria. La persistenza e l'intensità degli odori molesti costituisce un fattore che sebbene non necessariamente nocivo per la salute o per l'ambiente rappresenta spesso una delle cause scatenanti del malcontento popolare.

Le ***polveri*** e il ***particolato*** possono contenere sostanze pericolose ed avere proprietà fisiche nocive, naturalmente in relazione alla tipologia di rifiuti abbancati in discarica.
Pertanto, ai fini dell'analisi di rischio, la selezione delle sostanze potenzialmente pericolose contenute nelle polveri e nel particolato dipenderà soprattutto dal flusso di rifiuti accettati in ingresso o proposti per l'accettazione in discarica e dalle modalità di abbancamento.

Nel caso della discarica di Sapri il problema sembra essere marginale visto la bassa produzione potenziale di biogas che si evince dalla bassa concentrazione di BOD indice di una esigua presenza di sostanza organica biodegradabile.

3.2 Veicoli di migrazione degli inquinanti

Definite le sorgenti effettive o potenziali, il modello concettuale deve identificare tutti gli specifici percorsi mediante i quali le emissioni potrebbero potenzialmente essere trasportate.
I percorsi delle sostanze prodotte e quindi fuoriuscite dalla discarica possono essere individuati nei diversi comparti di suolo, aria, acque sotterranee e acque superficiali, con modalità dipendenti dalla natura delle sostanze stesse e dei mezzi attraversati. A seconda delle emissioni considerate, i percorsi possono variare e prendere indicativamente in considerazione i seguenti fattori:

- **percolato**:
  - zona non satura di terreno al di sotto della discarica e/o lateralmente la stessa per rotture puntuali di un eventuale telone di sottofondo;
  - zona satura o acquifero;
  - zona (vallone sottostante la discarica) dove la canaletta di sversamento si interrompe);
- **biogas e altre emissioni gassose emesse dalla discarica**:
  - emissioni incontrollate in atmosfera e trasporto per diffusione-dispersione nelle direzione dei venti predominanti;
  - migrazione nella zona insatura del sottosuolo;

Ovviamente l'emissione in atmosfera è molto probabile per contaminanti estremamente volatili, come gli alifatici clorurati ed alogenati, mentre è meno probabile per contaminanti come gli IPA. I bersagli in questo caso si trovano sotto gradiente rispetto alla direzione predominante del vento che risulta essere N-NE. Per la discarica in oggetto c'è però da prendere in considerazione il fatto che è bassa la produzione potenziale di biogas, sia per l'esigua presenza di sostanza organica biodegradabile, che per il tempo di inattività della discarica; infatti il biogas prodotto negli anni si è canalizzato nel sottosuolo attraverso i rifiuti e si è liberato in atmosfera.

3.3 Bersagli della contaminazione

In un'analisi di rischio applicata alle discariche, le principali categorie dei potenziali recettori sono: uomo, aria, acqua, suolo, fauna e flora. Come accennato nei paragrafi precedenti i bersagli primari sono suolo, acqua e aria che a loro volta diventano fonti di contaminazione.

- *L'uomo* è considerato il recettore diretto della contaminazione proveniente da percolato e biogas. La contaminazione può avvenire per *contatto dermico* o *inalazione di vapori* dei gas sprigionati dalla discarica. Indirettamente la contaminazione può avvenire per *ingestione di acqua idropotabile* contaminata, *contatto/immersione* con acqua superficiale contaminata, *ingestione di alimenti* derivati da coltivazioni irrigate con acque da pozzi potenzialmente inquinati. Ovviamente i bersagli potenzialmente esposti alla contaminazione sono quelli che si trovano sotto gradiente rispetto alla direzione dei vettori di flusso.

  Per *flora e fauna*. che insistono sul territorio circostante, la contaminazione è causata principalmente da acque meteoriche non canalizzate che, attraversando la discarica, ruscellano verso valle arricchendo i suoli di sostanze disciolte che si depositano per fenomeni di adsorbimento. Allo stesso tempo le acque superficiali che si infiltrano nel sottosuolo possono essere emunte da eventuali pozzi per irrigazione causando inquinamento alla vegetazione e alle colture. Tali sostanze soprattutto quelle tossiche si accumulano nei tessuti degli essere viventi animali o vegetali con cui vengono in contatto e possono entrare

nella catena alimentare fino a contaminare l'uomo, ricettore finale. In particolare si segnala una potenziale contaminazione ai danni delle colture a Nord-Ovest della discarica, dove le acque meteoriche che cadono sul piazzale antistante la vasca di raccolta del percolato si arricchiscono di inquinanti prima di colare sui terreni circostanti.

- *L'acquifero* può essere utilizzato in vari settori, dalla produzione di acqua potabile per l'industria e per l'agricoltura; il suo inquinamento è quindi dannoso per la salute umana e per il buon svolgimento di queste attività.

3.4 Modello concettuale definitivo

Sulla base dei dati disponibili e delle considerazioni fin qui svolte, è possibile sviluppare il seguente modello concettuale del sottosuolo del sito e della dinamica della contaminazione delle matrici ambientali.
Il sottosuolo dell'area della discarica presenta una successione stratigrafica caratterizzata da una successione di argilliti intercalati da livelli marnosi e banchi calcarei. Tale successione presenta una profondità dal fondo discarica di circa 25-30 metri prima di poggiarsi sulla formazione carbonatica di piattaforma. Il complesso idrogeologico sovrastante i calcari è dotato di "bassa" permeabilità, mentre la permeabilità dei calcari, legata alle discontinuità e fratture del sistema, è "medio elevata".
Il flusso della circolazione della falda profonda che si trova nella formazione carbonatica di base, dai dati acquisiti relativi all'idrogeologia su scala regionale e da bibliografia scientifica, ha una direzione preferenziale Nord-Est, Sud-Ovest, mentre per quanto riguarda le acque meteoriche nel terreno in prossimità della discarica, esse danno luogo ad una falda poco profonda, che si esplica stagionalmente nei depositi alluvionali, e si muove da est verso ovest (Tavola 3 –caratterizzazione del sito, le isopiezometriche locali).
La sorgente di contaminazione di maggior rilievo, vista l'assenza di altre attività che insistono sul territorio in esame, è costituita dall'abbancamento di rifiuti e dalle perdite di percolato dalla vasca di raccolta posta a nord-ovest del sito. Il fondo discarica, vista l'autorizzazione regionale all'abbancamento dei rifiuti solidi urbani comunali, dovrebbe essere impermeabilizzato grazie all'utilizzo di un telone tipo HDPE oppure attraverso terreno naturale impermeabile.
Vista la profondità del fondo discarica (-15 m dal p.c) e il dislivello dello stesso con la vasca di percolazione (circa 5m), si può ipotizzare che i liquidi di lisciviazione vengano raccolti da dreni sotterranei e portati in vasca e che questi si muovono appunto in direzione nord-ovest.
In tutti i campioni di acqua sotterranea prelevati nella discarica è stato rilevato il superamento dei limiti consentiti dal DLgs 152/06 Tab. 2– All. 5 parte IV acque sotterranee CSC. Per tutti e tre i campioni si riscontra un alto tenore di Fe, Mn, Ni e Pb; per il campione S5 si rilevano valori elevati anche per NO_2^- e NO_4^{2-}; il campione S5, posto in prossimità della vasca del percolato presenta valori elevati anche per il Cr.
Dalle analisi chimico fisiche effettuate, dalla ricostruzione della superficie piezometrica della falda poco profonda e dai rilevamenti eseguiti in sito si evince che le acque infiltratesi nell'ammasso di rifiuti abbancati, vanno a percolare, verso ovest.
Dagli elementi fin qui riportati si evince un inquinamento nel suolo e della falda idrica superficiale dovuto alle dispersioni di percolato, provenienti dal cumulo di rifiuti.

Da tale analisi si evince che il sito presenta valori non accettabili della **CSR**, in funzione della destinazione d'uso, per le seguenti sostanze:

- ✓ **Idrocarburi Alifatici C<12**
- ✓ **Idrocarburi Alifatici C>12**

perché ritenute pericolose per la potenziale contaminazione della falda acquifera non profonda.
L'analisi di rischio per il sito in oggetto ha dato invece sempre valori accettabili per l'acquifero profondo che si attesta alla base dei calcari.

Come stabilito nella conferenza di servizio del 15/04/2015 è stato effettuato un nuovo campionamento di terreno a nord della vasca del percolato. Dalle analisi di laboratorio effettuate su tale campione si evince che non c'è stato il superamento di nessun CSC.
In allegato alla presente relazione si riportano i certificati delle analisi di laboratorio effettuate sul campione di terreno.

4 DESCRIZIONE DEL SITO

L'area di interesse fa parte della zona sommitale del piccolo versante che dal sottostante Vallone del Franco, alla confluenza con il Vallone della Carpineta ed il Canale Roccarossa, sale verso la suddetta strada statale, nei pressi del locale spartiacque morfologico. In particolare essa si estende nelle vicinanze della S.S. n° 104 Sapri-Ionio.

Non si rileva la presenza di attività produttive o industriali nelle immediate vicinanze del sito se non qualche casa sparsa a poche centinaia di metri. Il centro abitato si trova a poco più di 2.5 Km mentre la statale di cui sopra si trova a pochi metri.

La sorgente di contaminazione di maggior rilievo, vista l'assenza di altre attività che insistono sul territorio in esame, è costituita dall'abbancamento di rifiuti. Il fondo discarica, vista l'autorizzazione regionale all'abbancamento dei rifiuti solidi urbani comunali, dovrebbe essere impermeabilizzato grazie all'utilizzo di un telone tipo HDPE oppure attraverso terreno naturale impermeabile.

Vista la profondità del fondo discarica (-15 m dal p.c) e il dislivello dello stesso con la vasca di percolazione (circa 5m), si può ipotizzare che i liquidi di lisciviazione vengano raccolti da dreni sotterranei e portati in vasca e che questi si muovono appunto in direzione nord-ovest.

Nell'ambito del rilievo sono state rilevate le strutture impiantistiche presenti in sito oltre al limite della discarica e l'ambiente circostante. ***In particolare si è rilevata la presenza di strutture per la raccolta del percolato attraverso una opportuna rete di drenaggio posta sul fondo della discarica***.
La vasca di raccolta del percolato si trova nella zona a valle del sito di discarica, in modo tale da permettere alle acque di percolazione di infiltrarsi nei dreni sottostanti per pendenze naturali, come mostrato nella **Tavola 2**. ***Tali accorgimenti risultano allo stato di fatto inefficienti, in quanto dalla struttura impiantistica di raccolta fuoriesce, attraverso opportuni fori, percolato che si accumula su un piazzale antistante impermeabilizzato.***

L'ammasso di rifiuti, come si nota in sito, è stato ricoperto da uno strato di terreno che riduce le emissioni di particelle di particolato e le emissioni odorigene in atmosfera, e al tempo stesso, riduce l'infiltrazione efficace nella coltivazione discarica.

Dalla carta di uso del suolo si nota come le aree limitrofe al sito potenzialmente inquinato siano caratterizzate dalla presenza di colture agrarie eterogenee, a circa 700 metri troviamo aree definite come boschi di latifoglie e a 2000 metri dalla discarica si riscontra un'ampia area a vegetazione sclerofila.

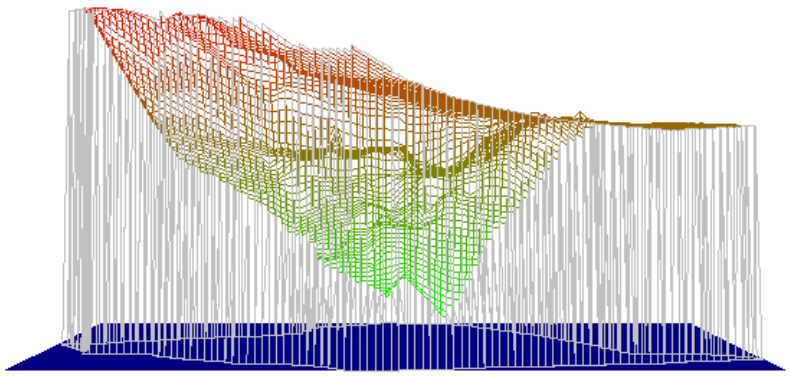
Scheda riepilogativa caratteristiche del sito in esame:

Identità del richiedente/gestore	Comune di Sapri (SA)
Ubicazione	Località Giammarone, foglio n. 210
Distanza dal centro abitato	2.5 Km
Quota s.l.m.	280 m
Descrizione dei tipi e dei quantitativi totali dei rifiuti smaltiti	Rifiuti urbani non differenziati. Cod. Rifiuto 200301
Superficie della vasca della discarica	3000 m²
Profondità fondo discarica	15 m
Categoria attuale secondo delibera interministeriale 27.7.1984	Classificazione 1ªcategoria rifiuti non pericolosi

4.1 Topografia dei luoghi

Il rilievo planoaltimetrico di dettaglio (**Tavola 2**) ha evidenziato che il sito in oggetto si sviluppa su una superficie di circa 1 ettaro con forma in pianta molto irregolare mentre la vasca in cui sono stati abbancati i rifiuti risulta avere una superficie a goccia di circa 3000 mq con fondo discarica posto a circa 15 metri dal piano campagna (quota ingresso discarica).

La morfologia è degradante nel quadrante Nord-Sud verso il Vallone del Franco, a Nord è presente una scarpata con forti pendenze che si conclude su un muro di sostegno alto 3-4 metri che si affaccia sulla stradina laterale a valle della discarica; ad Est le pendenze sono più dolci dell'ordine del 3-4%. Le quote sono variabili e il dislivello tra la sommità del sito e la vasca di raccolta percolato, è di circa 20 mt.



4.2 Inquadramento urbanistico

L'area in oggetto, di proprietà del Comune di Sapri, è distinta al catasto al foglio 8 p.lla .50 ed è situata a circa 3 Km dal più vicino agglomerato urbano. Nel vigente strumento urbanistico del Comune di Sapri l'area è agricola incolta.

4.3 Assetto geologico ed idrogeologico

Parte integrante di questa sezione è la definizione delle caratteristiche geologiche idrologiche ed idrogeologiche dell'area nella quale è ubicato l'impianto di discarica; delle caratteristiche degli acquiferi superficiali e profondi in quanto possibili veicoli della contaminazione.

Inquadramento geologico e geomorfologico

Lo studio per la ricostruzione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito in esame, si avvale dei sopralluoghi effettuati in situ, di interpretazione delle foto aeree ed aerofotogrammetrie del territorio comunale, di studi ed indagini riguardanti l'area o il territorio circostante e della bibliografia scientifica esistente.

L'insieme dei dati acquisiti dai rilievi effettuati nel corso delle indagini preliminari, unitamente a quelli derivanti dall'analisi bibliografica, ha consentito una prima caratterizzazione geomorfologica, idrogeologica e geologica del sito e del sottosuolo in modo da individuare e definire le successive indagini di integrazione e di maggior dettaglio per la definizione del modello concettuale definitivo.

L'area di interesse fa parte della zona sommitale del piccolo versante, in sinistra orografica, che dal sottostante Vallone del Franco, alla confluenza con il Vallone della Carpineta ed il Canale Roccarossa, sale verso la suddetta strada statale, nei pressi del locale spartiacque morfologico.

Da un punto di vista geomorfologico, l'area si ritrova a circa 285 m s.l.m ed è inserita nel versante esposto a NE, di una dorsale morfologica allungata in direzione NO-SE, in cui affiorano, generalmente in contatto tettonico, terreni mesozoici e terziari appartenenti a formazioni carbonatiche e flyschoidi.

Stratigraficamente è possibile riconoscere la seguente successione, dal basso verso l'alto:

- Calcari di piattaforma (form.di Trentinara)
- Flysch Miocenico di Piattaforma
- Flysch del Cilento (Form. Di Santa Venere)

In particolare i terreni affioranti sono:

Formazione Carbonatica: sono calcari appartenenti alla Serie Carbonatica dei Massicci Silentino Lucani, costituiti da conglomerati intraformazionali in matrice marnosa-argillosa, marne rosse e verdastre, calcilutiti e calcareniti; formazione di Trentinara (Paleocene-Eocene).

Formazione Flyschoide: è costituita da un'alternanza di argille plumbee, siltiti e quarzoareniti grige e verdastre, marne e marne silicifere grige e brune, calcari siliciferi e subordinatamente brecciole calcaree, appartenente alla Formazione di Santa Venere (Crete Nere, Frido) (Cretacico sup.). Nel complesso si presentano molto fratturati e deformati, mantenendosi però abbastanza compatti ed omogenei, escludendo lo strato di alterazione superficiale.

Formazione Detritica e di frana: è costituita dai terreni di alterazione della sottostante formazione fllyschoide, e da detriti di frana e locali smottamenti, rappresentati da argille-limose con abbondante scheletro detritico da minuto a grossolano.

Sono presenti in prossimità del sito alcune faglie che interessano sia la formazione calcarea che quella flyschoide, dislocando le masse calcaree con la formazione di profonde forre in cui si instaura il reticolo idrografico naturale. Il contatto tra la formazione del Flysch del Cilento e quella sottostante calcarea è per sovrascorrimento.

In particolare le indagini preliminari in cui si sono realizzati, come anticipato nei paragrafi precedenti, 3 sondaggi a carotaggio continuo, hanno presentato una stratigrafia composta prevalentemente da argilliti molto compatte di colore marrone chiaro, intercalate a livelli marnosi fogliettati, con clasti calcarei di varia dimensione con banchi di calcari fratturati.

Inquadramento Idrogeologico

Tutta l'area comunale e quindi anche l'area interessata dalla caratterizzazione su cui insiste la discarica ricade nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele (ex Sinistra Sele)**. Il piano stralcio per l'assetto idrogeologico di tale Bacino ha individuato due aree a rischio frana in prossimità del sito in oggetto senza però interessarlo direttamente.

L'area oggetto di intervento è indicata come area a basso rischio idrogeologico.

In base alla valutazione dei parametri litologici dei terreni, alle conoscenze idrogeologiche del territorio in generale, i terreni affioranti nell'area in esame, sono stati suddivisi in base alla Permeabilità relativa.

In relazione all'affioramento dei terreni flyschoidi, l'idrologia superficiale si concretizza attraverso un reticolo idrografico in genere a bassa densità, con valori dell'erodibilità medio-alta; locali fenomeni erosivi possono instaurarsi in occasione di periodi caratterizzati da eccezionale piovosità.

In questa tipologia di terreni la permeabilità primaria è nulla, quella secondaria bassa o media per fessurazione e alterazione degli strati superficiali. Nel loro complesso, non essendo presenti importanti falde acquifere, tali terreni, sono definiti impermeabili; per tali motivi, e vista la conformazione litologica sono possibili piccole falde locali di modesta portata legate agli eventi piovosi.

La formazione affiorante descritta in precedenza, poggia per contatto tettonico, sulla formazione carbonatica di piattaforma, con uno spessore valutato intorno a circa 40-50 mt dal contatto alla strada statale, mentre dal contatto al piano della discarica è di circa 20-25 mt.

I calcari sono interessati da fenomeni di carsismo, con permeabilità primaria nulla e quella secondaria medio-alta per fratturazione e carsismo. In tale zona, a quelle quote, non esistono condizioni idrogeologiche e strutturali che lasciano supporre alla esistenza di importanti falde acquifere nei calcari o poco al di sotto degli alvei dei locali corsi d'acqua, per altro a regime discontinuo.

Le indagini preliminari hanno evidenziato la presenza di una falda sospesa ad una profondità di circa 1-2m. In particolare, l'acqua è stata rinvenuta in S1 ad una profondità di 1m dal p.c, e in S3 ad una profondità di 3m. In S2 non è stata rinvenuta acqua.

Dai dati acquisiti relativi all'idrogeologia su scala regionale e da bibliografia scientifica, la falda basale si trova nel complesso dei calcarei ed ha una direzione preferenziale Nord-Est_Sud-Ovest. Allo stato attuale non si conosce esattamente la profondità della falda basale ma certamente supera i 50 metri dal piano di discarica, che rappresenta la potenza del banco di argilliti impermeabile che si poggiano sul contatto calcareo sottostante.

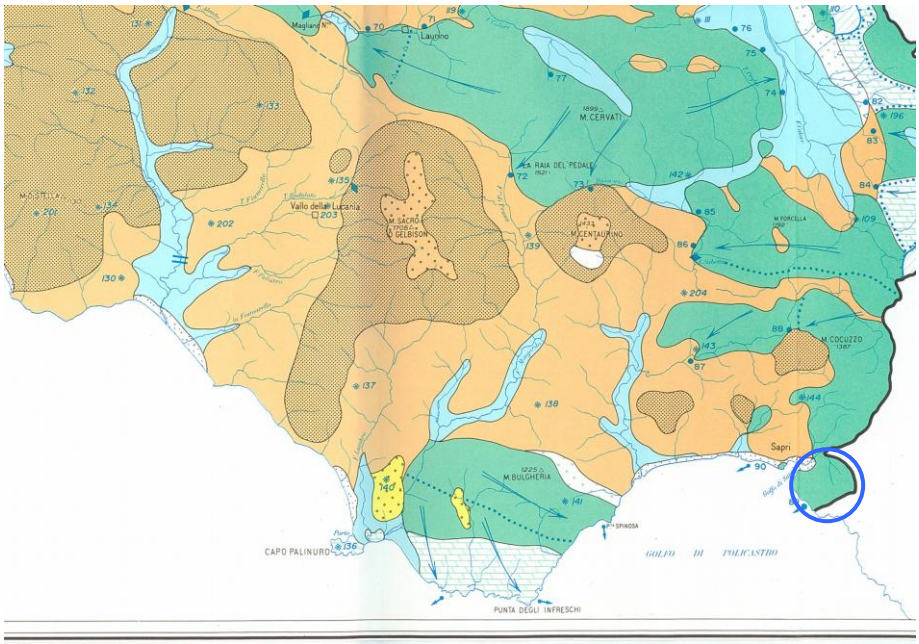


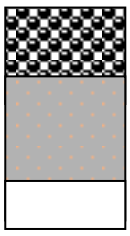
Fig2: Stralcio Carta idrogeologica della Campania 1:200.000 (Buretta, Celico, Corniello, De Riso, Ducci, Nicotera -1994).

Dall'inesistenza di pozzi censiti in zona e dai soli due piezometri in cui si è stata ritrovata acqua, risulta difficile, se non impossibile, determinare le caratteristiche piezometriche dell'area. Le indagini da realizzare devono costituire, pertanto, un utile strumento per caratterizzare l'area da questo punto di vista. Si può ipotizzare la presenza di una piccola falda sospesa a carattere effimero, che nasce da apporti meteorici le cui acque raggiungono il banco impermeabile dopo aver attraversato lo strato permeabile superficiale. Da quanto rilevato sembra improbabile un collegamento tra la falda superficiale e quella profonda visto che lo spessore di argilliti è contraddistinto da basse permeabilità e i flussi migratori delle acque assorbite, presumibilmente, seguono la morfologia del territorio.

Esame stratigrafico

I sondaggi eseguiti hanno rilevato la presenza nell'area in oggetto di una successione litostratigrafica composta, partendo dall'alto, da riporto o asfalto, a cui seguono argille e sabbie di colore marrone chiaro ed infine segue roccia calcarea.

La colonna stratigrafica media può essere sintetizzata come segue:



Materiale di riporto con spessore	0.00 m ÷ 1.00 m
Argille e sabbie di colore marrone	1.00 m ÷ 11.00 m
Roccia calcarea di colore biancastro	10.00 m ÷ 13.50 m

Di seguito sono riportati i sondaggi eseguiti con le relative profondità in metri da p.c.

Sondaggio	S4	S5	S6	S7	S8
Profondità (m)	13.50	11.50	11.00	7.50	13.00

Le indagini (**Tavola 3**) sono state posizionate in modo da ottenere dei punti quanto più possibile significativi. Per ogni sondaggio ci si è spinti fino ad una profondità superiore ai 10 metri dal letto della discarica per cercare di intersecare la falda acquifera. L'ubicazione dei sondaggi eseguiti è riportata nella cartografia di dettaglio allegata e sono inequivocabilmente indicati in sito attraverso un codice posto a ridosso del boccaforo del piezometro provvisto di chiusino metallico.
I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando sonda a carotaggio continuo servendosi di una sonda CMV MK 420 montata su cingolato con l'impiego di un carotiere da 101 mm. di diametro e si è rivestito il foro con tubazione di rivestimento da 127 mm per tutta la profondità investigata. Le carote relative ai sondaggi, sono state raccolte nelle apposite cassette catalogatrici e lasciate sul luogo di indagine.
All'interno di ciascun foro di sondaggio (tranne S7), è stato inserito un piezometro per monitorare il livello della falda e per permettere il prelievo di campioni di acqua di falda per le opportune analisi chimico fisiche. I piezometri sono costituiti da tubi di materiale plastico (PVC), del diametro di 80 mm per tutti e quattro i sondaggi S4, S5, S6, S7, S8 sfinestrati in corrispondenza del livello acquifero, e circondati da ghiaietto siliceo arrotondato calibrato (materiale filtrante), con chiusino sommitale. Il dreno sarà posto nel tratto compreso tra fondo foro e 1.00 mt sopra il termine del tratto finestrato; lo spazio anulare sovrastante sarà sigillato con miscela di cemento-bentonite. Infine, sulle teste è stata apposta un'apposita scritta con pennarello indelebile riportante la quota altimetrica della testa del pozzo/piezometro ed il codice univoco identificativo dello stesso.

Si rimanda alle stratigrafie allegate alla presente per una visione più dettagliata.

In base allo studio dei terreni estratti durante l'esecuzione dei tre sondaggi effettuati nell'area di discarica e spinti fino a 13.50 m dal p.c., si evidenzia un'alternanza di litotipi che avendo avuto fasi di deposizione, trasporto e risedimentazione susseguitisi nel corso dei tempi (vedi inquadramento geologico) risultano avere una certa variabilità deposizionale sia in senso verticale che orizzontale

Indagini sulle acque

Tutte le acque che si infiltrano, che lambiscono, che entrano in contatto con la discarica sono evidentemente dei bersagli della contaminazione dovuto all'abbancamento di rifiuti. Infatti a causa delle basse permeabilità esistente nell'area in cui è localizzata la discarica, si ipotizza che le acque meteoriche vengono assorbite dal terreno superficiale e trasmesse in profondità dove si accumulano sullo strato impermeabile. Queste acque arricchendosi di alcune sostante solubili più o meno inquinanti e tossiche, vengono contaminate; da questo punto in poi le stesse sono considerate sorgenti secondarie di contaminazione per i terreni circostanti su cui insistono attività antropiche come agricoltura, allevamento, estrazione di materiali.

Anche gli afflussi meteorici che si trasformano in deflussi superficiali potrebbero essere contaminati per contatto con la superficie della discarica non opportunamente impermeabilizzata. Queste acque di ruscellamento superficiale non sono opportunamente regimentate da canalizzazioni e altre strutture impiantistiche di allontanamento, ma al contrario sono libere di fluire sui terreni circostanti, e risultano fortemente inquinanti per la matrice suolo e le attività antropiche che vi insistono a valle idrografica del sito oggetto di studio, come confermato dai risultati delle analisi chimiche effettuate sui campioni (dettagliatamente riportate nel predetto piano di caratterizzazione).

5 PROGETTO

La situazione ambientale del sito è tale per cui sono certamente necessari degli interventi finalizzati al risanamento del corpo rifiuti in ordine alla riduzione degli impatti sull'ambiente circostante riconducibili al non perfetto isolamento dell'ammasso esistente rispetto alle componenti ambientali limitrofe (suolo, sottosuolo, falda, ecc.).
L'obiettivo prioritario che in questa fase si intende perseguire a seguito della realizzazione degli interventi previsti nell'ambito del presente progetto di bonifica e di messa in sicurezza permanente dell'ex discarica comunale è quello di evitare l'ingressione di acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti al fine di limitarne al minimo la lisciviazione.
Inoltre si procederà alla rimozione degli strati di suolo superficiali contaminati al di fuori dell'area individuata dal corpo rifiuti.

Pertanto gli interventi in progetto consistono in:

- ***messa in sicurezza permanente della discarica attraverso la realizzazione di un "capping" esteso a tutta la superficie dell'area di discarica (area vasca rifiuti e superficie terreno contaminato) per un totale di circa 4400 mq di superficie trattata.***
- ***configurazione della scarpata mediante attività di movimentazione terre***
- ***realizzazione sistema di drenaggio acque meteoriche superficiali***.
- ***realizzazione di trincee drenanti a monte idrogeologico per intercettare la falda superficiale***
- ***realizzazione pozzi per monitoraggio post operam***
- ***bonifica dei terreni contaminati, ubicati in corrispondenza dei sondaggi S7 e S8, esterni all'area di discarica, mediante scavo, trasporto e smaltimento presso un sito autorizzato .***

Gli interventi sono illustrati nel dettaglio negli elaborati grafici in allegato alla presente (tavole 4-5-6-7)
Al fine di assicurare comunque elevati standard di tutela ambientale, nella redazione del presente progetto si farà riferimento alle normative relative ai sistemi di chiusura delle nuove discariche di rifiuti ed in particolare al D.Lgs. 13 gennaio 2003, n.36 e al D.M. 3 agosto 2005 e alle linee guida ARPAC riportate nell'appendice 2 del Piano regionale di Bonifica di cui alla DGR Campania n. 129 del 27/05/2013.
I criteri utilizzati sono quelli contenuti nell'allegato 3 della parte IV del D.lgs. 152/06 e s.m.i..

In particolare prima di procedere agli interventi di bonifica e messa in sicurezza dopo l'approntamento del cantiere, ***verrà effettuata immediatamente un'estrazione di biogas e di percolato***, al fine mettere in sicurezza, dal punto di vista ambientale l'area circostante il cantiere, intercettando e convogliando le sostanze inquinanti in apposita vasca a tenuta di accumulo per il successivo trasferimento in sicurezza presso apposita azienda per il trattamento e smaltimento. Tali estrazioni contribuiranno in modo considerevole alla stabilizzazione degli invasi e quindi alla riduzione consistente dei rischi di smottamenti e frane, sia per i lavoratori che per l'ambiente circostante, durante le attività di cantiere;

5.1 Incapsulamento area di discarica e terreni contaminati

Nell'ambito del piano di caratterizzazione del sito in esame sono stati prelevati dei campioni di terreno dai sondaggi S4-S5-S6-S7-S8, per l'ubicazione di tali sondaggi si veda la tavola **DOC 085-GEO-021-Tav 3-Indagini caratterizzazione del sito**. Dai risultati delle analisi di laboratorio eseguiti su tali campioni sono emersi valori non accettabili della **CSR per idrocarburi C>12 e**

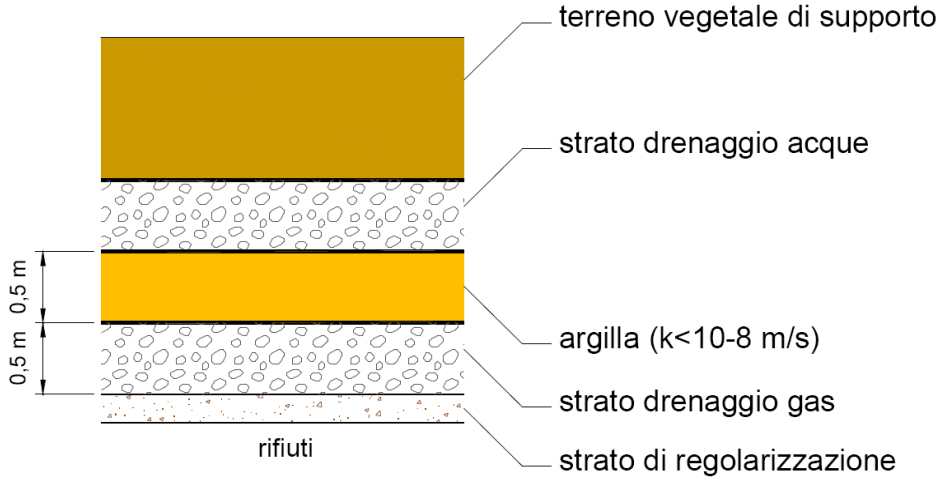
C<12 **per la sola matrice suolo in corrispondenza dei sondaggi S4 S5 S6 S7 e S8 e per uno strato superficiale di terreno (profondità fino a 1 m).**
L'analisi di rischio per il sito in oggetto ha dato invece sempre ***valori accettabili*** per l'acquifero profondo che si attesta alla base dei calcari.
Pertanto fino alla profondità pari a 1m dal piano campagna i terreni limitrofi alla vasca di raccolta dei rifiuti presentano dei valori di alcuni inquinanti superiori ai limiti consentiti dalla norma; per tale motivo si prevede un intervento di bonifica del suolo consistente nel capping di tutta la porzione contaminata, oltre all'area della vasca dei rifiuti. L'area trattata con intervento di capping ha una superficie di circa 4400 mq.
Inoltre per il terreno contaminato in prossimità del sondaggio S8 si procederà alla rimozione e allo smaltimento dello stesso fino ad una profondità di 5 m. In prossimità della vasca di raccolta del percolato in corrispondenza del sondaggio S7 si procederà alla rimozione del terreno contaminato fino alla profondità di 1 m.

Occorre ricordare che dal punto di vista geologico i terreni al di sotto dell'area oggetto di capping sono costituiti da argille aventi un coefficiente di permeabilità compreso tra $9.10\ 10^{-8} \leq K \geq 4.80\ 10^{-8}$ cm/s, pertanto si possono considerare impermeabili sia per gli strati inferiori che per quelli laterali alla vasca di raccolta dei rifiuti. Pertanto si possono considerare impermeabili anche i terreni posti al di sotto di tutta l'area interessata dall'intervento di capping.

L'intervento in oggetto unito alla realizzazione di una trincea drenante a monte idrogeologico della porzione di terreno contaminato impedisce la contaminazione della falda e riduce la produzione di percolato della discarica.

In accordo con quanto indicato nel D.Lgs.36 per una discarica di rifiuti non pericolosi, la tipologia di copertura è rappresentata nella figura sottostante. In particolare sarebbero necessari dal basso:

- uno strato di materiale granulare di spessore 500 mm per il drenaggio del biogas
- una barriera naturale in argilla compattata avente spessore paria a 500mm ed in grado di assicurare una conducibilità idraulica non superiore a 10^{-8} m/s
- uno strato di materiale granulare per il drenaggio delle acque meteoriche
- uno strato di terreno vegetale di supporto

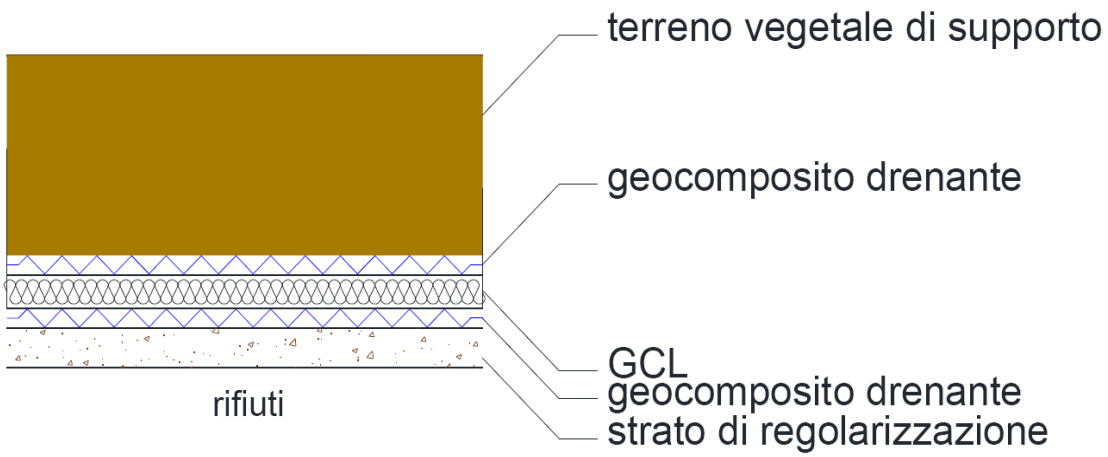


Copertura prevista dal D.Lgs. 36 per discariche di rifiuti non pericolosi

In progetto viene proposta una soluzione alternativa che garantisce prestazioni equivalenti al pacchetto indicato nel DLgs 36/03.
Gli strati di materiale naturale, che costituiscono la strato drenante per il biogas e quello per le acque meteoriche, sono sostituiti, nell'ambito di tale progetto, da materiali sintetici allo scopo di incrementare la tenuta del sistema barriera. Le moderne tecnologie produttive, unitamente con i sempre più stringenti requisiti di controllo qualità fanno sì che al giorno d'oggi un geocomposito dotato di marcatura CE e fornito da un'azienda certificata ISO 9001 possa fornire garanzie di efficienza, durabilità ed affidabilità infinitamente maggiori rispetto a qualunque materiale naturale.
Le ragioni che possono portare a sostituire, sotto specifiche condizioni critiche, i materiali drenanti granulari con materiali sintetici sono molteplici.
Le prime motivazioni sono di ordine strettamente tecnico: la geometria delle sponde rende problematica la posa dello spessore di materiale granulare necessario per la captazione del biogas.
Le difficoltà sopra esposte vengono amplificate laddove le verifiche debbano essere effettuate, tenendo in considerazione le accelerazioni sismiche cui la copertura potrebbe essere sottoposta, ad esempio nelle verifiche di stabilità del pacchetto per il drenaggio delle acque meteoriche.
Le seconde motivazioni sono di tipo economico: i materiali che generalmente vengono utilizzati per lo strato drenante sono rappresentati da ghiaie e sabbie pulite. La necessità di conferire in cantiere ingenti quantitativi di un materiale pregiato e costoso, molto difficilmente reperibile in tale quantità da una singola fonte e, quindi di difficile controllo in cantiere, rendono tale soluzione estremamente costosa. Al contrario, un geocomposito drenante ha caratteristiche misurate e misurabili. L'ultima (ma non i ordine di importanza) valutazione che è possibile fare è legata all'impatto ambientale causato dal rispetto della normativa. In particolari contesti, l'impiego di materiali naturali (argilla ghiaia) comporta costi notevoli anche dal punto di vista ambientale; tali costi sono dovuti alle cavazioni necessarie e dal traffico provocato dal trasporto del materiale con automezzi. I vantaggi tecnici, economici e sociali sono quindi evidenti; è necessario dimostrare che il materiale prospettato soddisfi appieno i requisiti del D.lgs. 36 e possano sostituire con adeguate garanzie gli strati minerali.
Con tale relazione si vogliono fornire indicazioni relative alla scelta dei materiali sintetici che possano essere utilizzati in alternativa ai materiali naturali (strati drenanti), ed in particolare relative ai geocompositi per il drenaggio del biogas e delle acque meteoriche.
La copertura alternativa a quella prevista dalla normativa è rappresentata nella figura sottostante, ed è composta dai seguenti strati partendo dall'alto:

- Terreno vegetale di supporto (spessore di 1 m)
- Geocomposito drenante
- GCL (Geocomposito bentonitico)
- Geocomposito drenante per il biogas
- Strato di regolarizzazione (spessore variabile)

La sostituzione dei materiali naturali con materiali sintetici viene effettuata garantendo, con adeguato fattore di sicurezza, una prestazione equivalente ai materiali che si debbano sostituire.



Copertura alternativa a quella prevista dal D.Lgs. 36 per discariche di rifiuti NON pericolosi

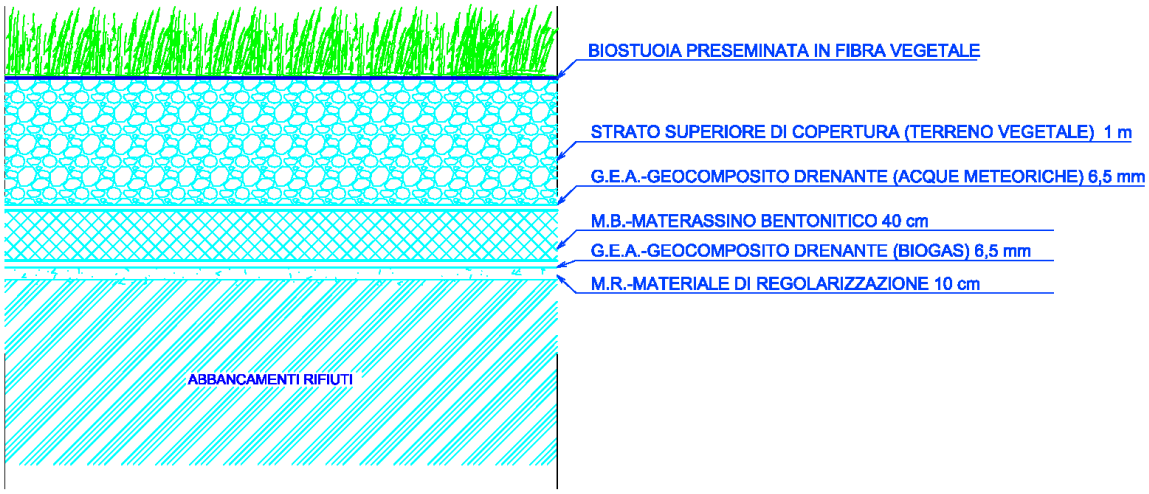
Lo spessore complessivo del pacchetto proposto è di 1,50 cm.
La verifica dell'equivalenza tra il pacchetto impermeabilizzante proposto in progetto e quello previsto dal DLgsl 36/03 viene riportata nella relazione specialistica di dimensionamento del capping documento **DOC_ 085-GEO-005 Relazione di calcolo pacchetto di capping** allegata alla presente.

Il geocomposito individuato, nelle condizioni richieste in copertura, cioè sotto il carico di 100kPa e gradiente i=1, è in grado di assicurare una portata idraulica maggiore di quella richiesta.

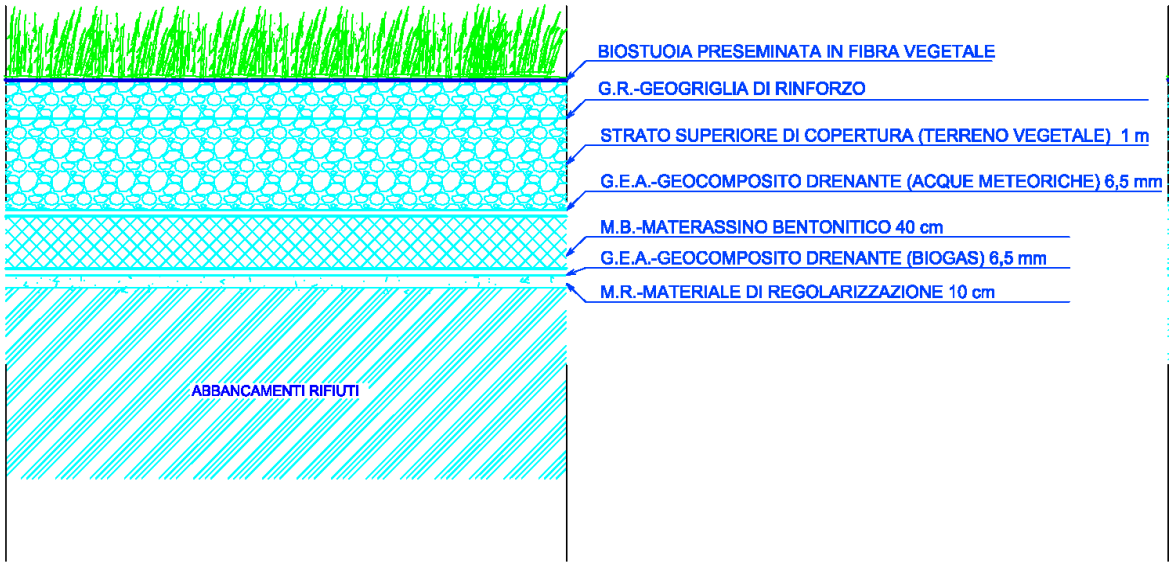
La resistenza a trazione del materiale, pari a 17 kN/m, ne garantisce l'integrità durante le operazioni di stesa e di posa del terreno.

Le operazioni di stesura delle geomebrane dovranno essere effettuate con estrema cura, in modo tale da non danneggiare in alcun modo le geomembrane e soprattutto le giunture delle stesse.

PARTICOLARE STRATIGRAFICO COPERTURA TIPO "a" - "CAPPING"

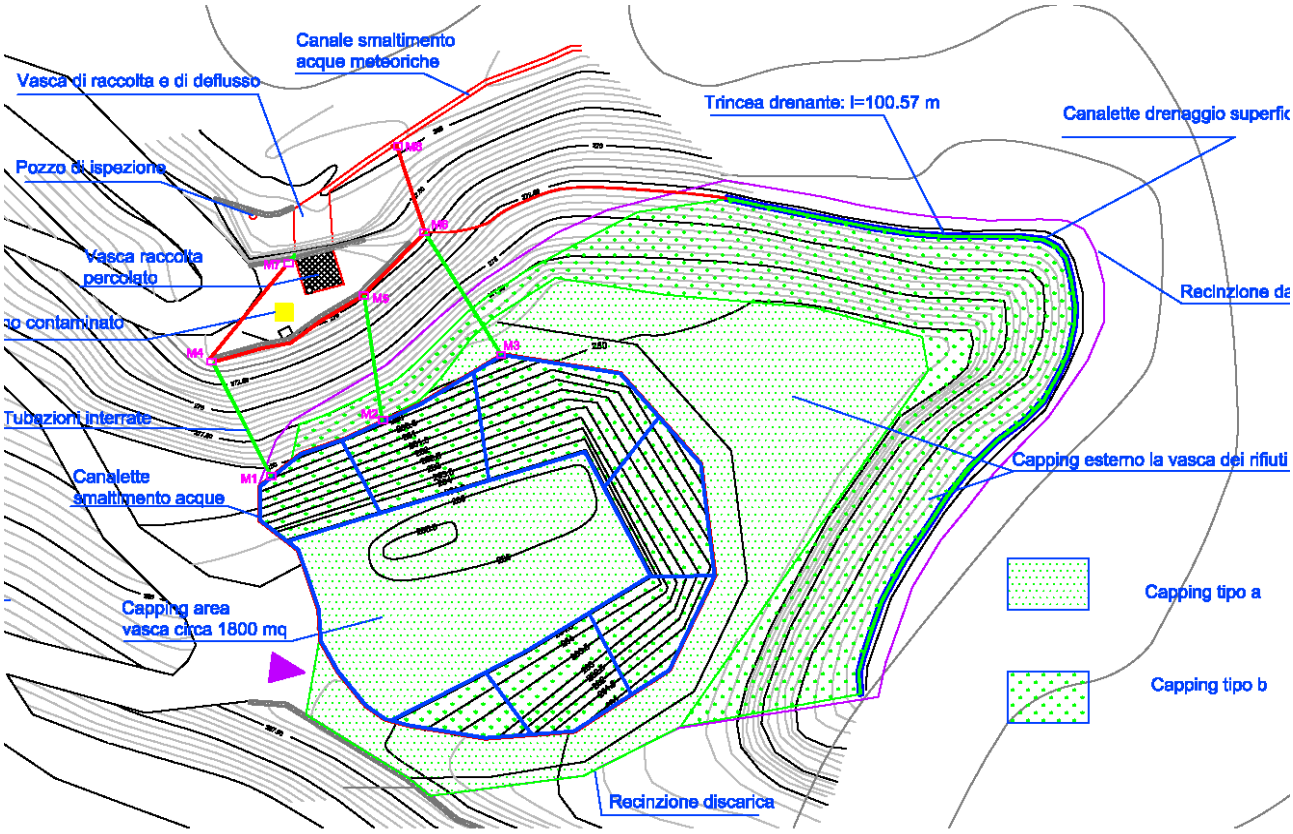


PARTICOLARE STRATIGRAFICO COPERTURA TIPO "b" - "CAPPING"



Sez tipo capping

Di seguito si riporta la planimetria della discarica rappresentante l'estensione del capping. Per dettagli si veda la tavola: **DOC_085-GEO-023-Tav 5**

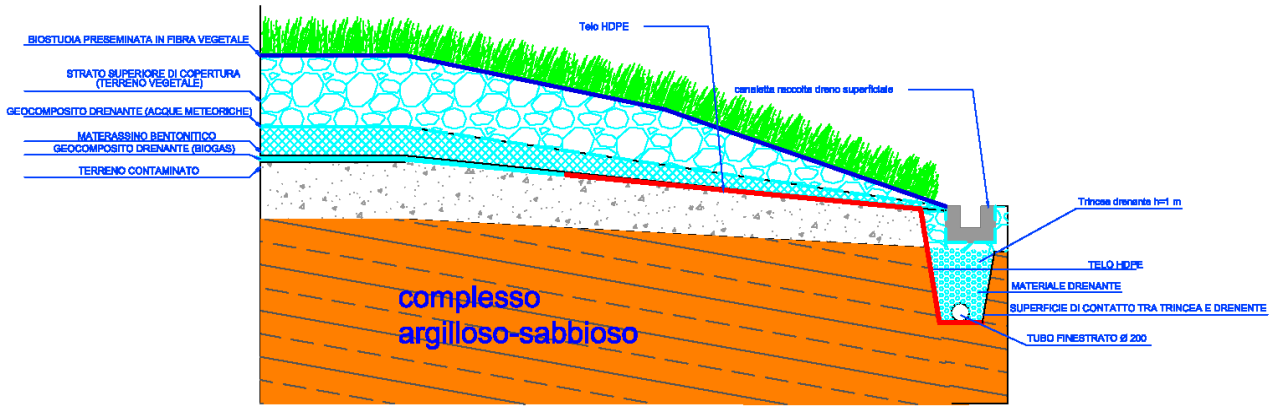


5.2 Trincea drenante

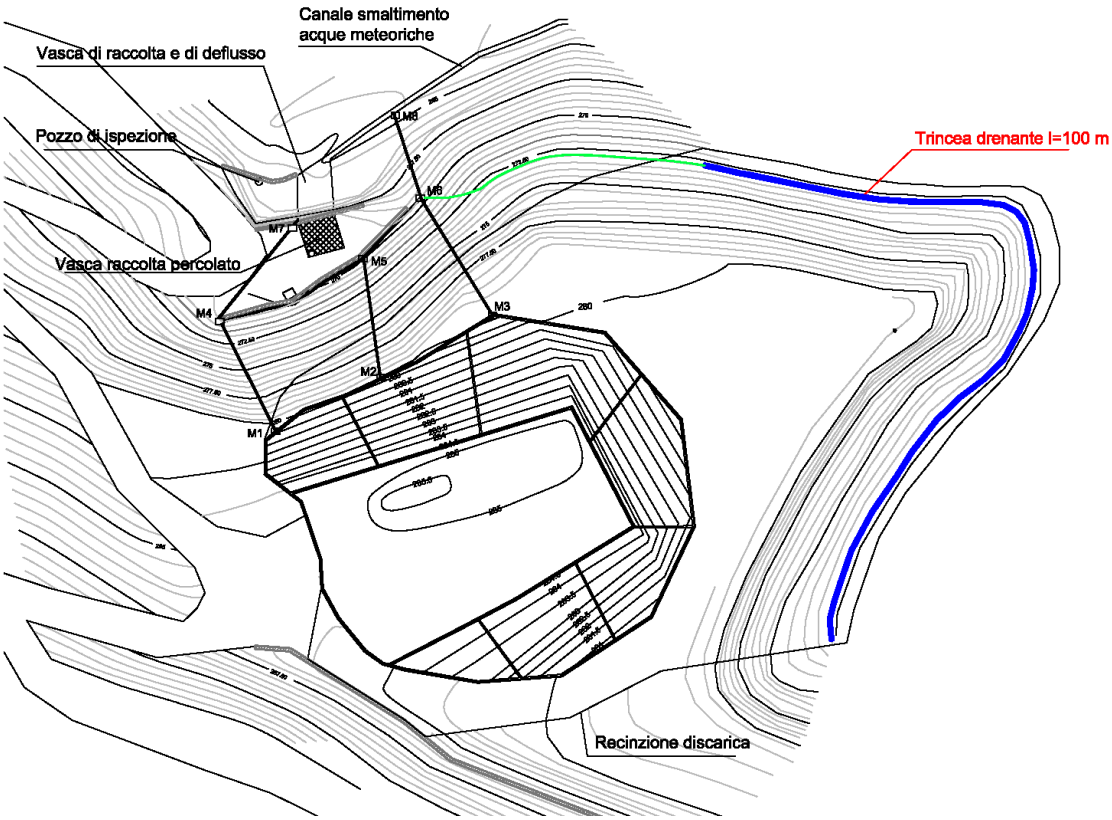
Per evitare che le acque della falda superficiale intercettino i terreni contaminati e transitino in prossimità della vasca di rifiuti, sarà realizzata a monte idrogeologico dell'area contaminata una trincea drenante con fondo scavo che si attesta nello strato di terreni argillosi. La trincea drenante avrà profondità media pari a 1 m e il fondo scavo e la parete lato rifiuti saranno impermeabilizzati mediante l'installazione di un telo HDPE. Il telo sarà opportunamente ancorato allo strato impermeabile del pacchetto di capping (geocomposito bentonitico), con sovrapposizione dei due strati impermeabili per una lunghezza pari a 5 metri.

In tal modo viene realizzata una "barriera idraulica" che, nella area di influenza della discarica, intercetta la falda superficiale a monte e la convoglia, attraverso un sistema di condotte interrate, verso valle idrogeologico fino al recapito finale.

I dettagli costruttivi sono riportati nella tavola: **DOC_085-GEO-023-Tav 5**



Particolare Trincea drenante



Planimetria con Trincea drenante

5.3 Bonifica terreni contaminati

Dai risultati delle analisi di laboratorio eseguiti su tali campioni sono emersi valori non accettabili della CSR per idrocarburi C>12 e C<12 per la sola matrice suolo in corrispondenza dei sondaggi S4 S5 S6 S7 e S8 e per uno strato superficiale di terreno (profondità fino a 1 m).

L'intervento di capping interessa la porzione di suolo all'interno dei confini della discarica (sondaggi S4 S5 S6); Il sondaggio S7 è stato realizzato in prossimità della vasca di raccolta del percolato; il sondaggio S8 interessa una porzione di suolo esterna ai limiti della discarica, Pertanto

per il terreno contaminato in prossimità dei sondaggi S7 e S8 si procederà alla rimozione puntuale e al successivo smaltimento presso sito autorizzato.
Dai certificati di laboratorio risulta che per il sondaggio S7 la contaminazione si spinge fino ad una profondità di 1 m dal piano campagna mentre per il sondaggio S8 si notano tracce di contaminanti fino ad una profondità di 5 m.
In corrispondenza del sondaggio S7 si procederà alla rimozione di terreno fino ad una profondità di 1 m è per una superficie di estensione pari a 2m x 2m. La quantità di terreno rimossa è pari a 4 mc;
In corrispondenza del sondaggio S8 si procederà alla rimozione di terreno fino ad una profondità di 5 m è per una superficie di estensione pari a 3m x 3m. La quantità di terreno rimossa è pari a 45 mc;
Per motivi di sicurezza in quest'ultimo caso lo scavo sarà opportunamente puntellato.
In accordo con ARPAC si procederà al prelievo e all'analisi di campioni di terreno sul fondo scavo e sulle pareti allo scopo di attestare l'avvenuta bonifica.

Piano di collaudo
A seguito della rimozione dei volumi di terreno contaminato, di cui sopra, in accordo con ARPAC, saranno condotte le attività di prelievo di campioni di terreno sul fondo scavo e sulle pareti laterali, a diverse profondità, finalizzate alla verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica prefissati.
Tali campioni prelevati saranno sottoposti ad analisi di contraddittorio (Arpac, Impresa e eventuale contraddittorio).
Si riporta di seguito la tabella contenente gli analiti da ricercare per i quali, nelle precedenti indagini svolte nel 2008, era stato riscontrato il superamento dei limiti imposti per legge, tabellati all'Allegato 5, parte IV, titolo V, del D.Lgs 152/06:

ANALITI		LIMITI	
CADMIO	Cd	20	mg/kg s.s.
RAME	Cu	120	mg/kg s.s.
ZINCO	Zn	150	mg/kg s.s.
IDROCARBURI LEGGERI	C<12	10	mg/kg s.s.
IDROCARBURI PESANTI	C>12	50	mg/kg s.s.

Limiti analiti tabellati all'Allegato 5, parte IV, titolo V, del D.Lgs 152/06

Per ulteriori dettagli del piano di collaudo e relativamente all'ubicazione delle aree oggetto di scavo dei terreni contaminati, si rimanda alla **tavola 4 Interventi in progetto-Planimetria DOC 085 GEO 022** e all'elaborato **Piano di collaudo DOC 085 GEO 018.**

5.4 Regimentazione acque meteoriche

La regimentazione delle acque meteoriche, realizzato il capping e le impermeabilizzazioni necessarie, avverrà mediante configurazione dei versanti secondo le quote di progetto, in modo tale da convogliare le acque meteoriche nelle apposite canalette in calcestruzzo vibrato, localizzate a perimetro dell'invaso, e fossi di guardia alle quote intermedie che scaricheranno le portate nelle predette canalette, in modo tale da convogliarle a valle, dove defluiranno nel vallone del Franco attraverso il canale in cav esistente. Gli interventi in progetto sono illustrati in dettaglio nella **tavola 6** in allegato.

Il proporzionamento del sistema di drenaggio delle acque superficiali, viene effettuato in base all'analisi idrologica desunta dagli annali di pioggia riferiti alla zona così come indicato nella relazione idrologica in allegato al presente progetto.

La determinazione della legge di pioggia, viene effettuata con il metodo dell'interpolazione su scale logaritmiche, e per le durate inferiori e superiori a l'ora, nonché per diversi tempi di ritorno, come riassunto nella tabella nella relazione idrologica allegata

Considerando che il deflusso delle acque meteoriche, convogliate nelle predette canalette, avranno un moto di correnti a pelo libero, dalla predetta legge di pioggia, e dall'analisi del bacino imbrifero insistente su di esse, mediante la formula di Chezy, e con procedimento iterativo, si è pervenuti al dimensionamento delle sezioni delle canalette. Per i bacini 1,2,3, le canalette in terra hanno dimensioni base minore 25cm, base maggiore 50cm, altezza 30cm; per i bacini 4,5,6 le canalette in c.a.v hanno dimensioni base minore 50 cm, base maggiore 60 cm, altezza 40 cm; le canalette tipo Reno di collegamento dei bacini 1-4, 2-6, 3-5 hanno dimensioni base minore 25 cm, base maggiore 50 cm, altezza 30 cm; le canalette di allontanamento delle acque dai bacini individuati hanno dimensioni base minore 25 cm, base maggiore 50 cm, altezza 30 cm infine la canaletta di collegamento con il recettore finale ha dimensioni base minore 70 cm, base maggiore 80cm, altezza 50 cm

5.5 Opere di drenaggio del percolato

Nell'ambito delle indagini di caratterizzazione del sito sono state rilevate le strutture impiantistiche presenti oltre al limite della discarica e l'ambiente circostante. ***In particolare si è rilevata la presenza di strutture per la raccolta del percolato attraverso una opportuna rete di drenaggio posta sul fondo della discarica.***

Il recapito finale è la vasca di raccolta del percolato già presente in discarica.

A seguito dell'incapsulamento della discarica sarà ridotta l'infiltrazione di acqua piovana nell'ammasso di rifiuti con sensibile riduzione della produzione di percolato.

Il livello di percolato nella vasca di raccolta dovrà essere monitorato onde evitare fuoriuscite e sversamenti incontrollati.

Per evitare gli sversamenti nella vasca di raccolta a cielo aperto antistante quella di raccolta del percolato saranno ostruite tutte le aperture di quest'ultima.

Nella vasca di raccolta a cielo aperto confluiranno esclusivamente le acque meteoriche regimentate.

5.6 Impianto di captazione biogas

Nel caso specifico, trattandosi di un sito di ridotte dimensioni caratterizzato da una produzione attesa di biogas molto ridotta, il quantitativo volumetrico di biogas prodotto non risulta sufficiente alla messa in esercizio di un impianto di cogenerazione in grado di compensare, in un dato intervallo temporale pari all'ammortamento delle apparecchiature e macchine elettromeccaniche necessarie, l'investimento necessario per lo sfruttamento energetico del sito.

I fenomeni che danno luogo alla produzione di biogas sono caratterizzati da una elevata complessità dovuta alle tantissime reazioni che avvengono simultaneamente e che sono tra loro variamente dipendenti. Il metodo di calcolo utilizzato per la stima delle produzioni di biogas attendibili nel corso della vita utile dell'impianto è L'EnvironmentalProtection Agency degli Stati Uniti che ha sviluppato un modello matematico chiamato "Landfill Gas Emission Model" (LandGEM).

Le informazioni richieste dal modello sono combinazioni di parametri specifici del sito in oggetto:

- Capacità della discarica;

- Il numero di anni di attività della discarica;
- L'eventuale presenza di rifiuti pericolosi;
- Il tasso di generazione "k" del metano [1/anno] ;
- La generazione potenziale "L_0" di metano per tonnellata di rifiuto [m^3/t].

Il software propone due set di dati di default per "k" e "L_0":

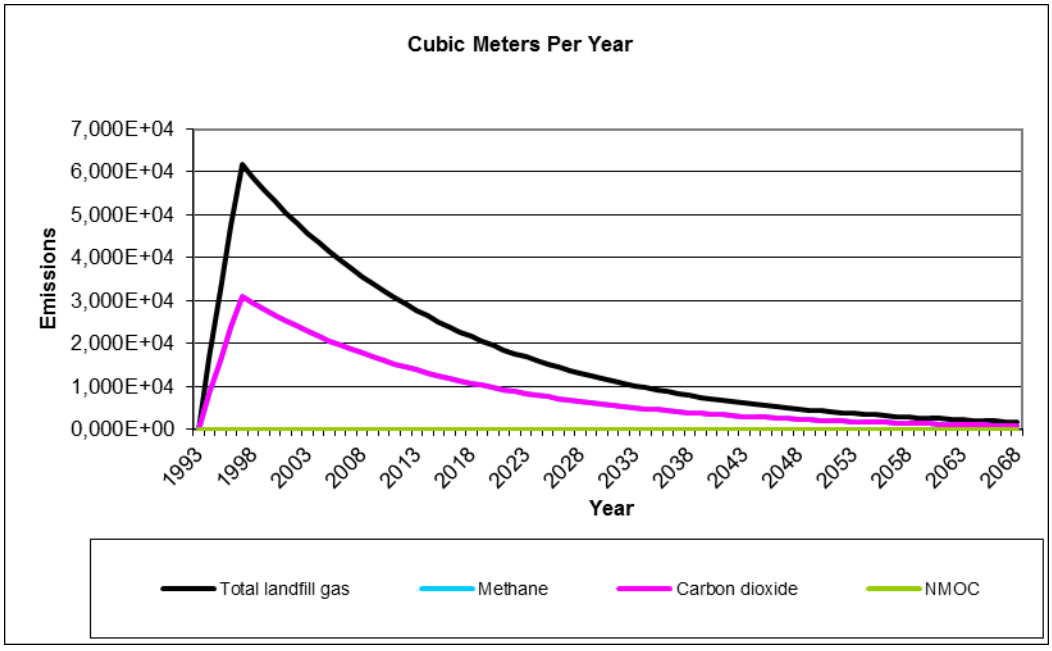
- generalmente L_0 è una funzione della frazione organica del rifiuto e della sua umidità e varia tra 100 m^3 /t e 170 m^3 /t. Nel nostro caso è stato considerati un valore di L_0 pari a 100 m^3/t.
- il tasso generazione del metano "k" di pendente da vari fattori che possono essere la quantità d'acqua nei rifiuti, pH, temperatura, condizioni operative della discarica e condizioni del rifiuto trattato. Nel nostro caso è stato considerato un valore di 0.05/anno.

Il modello LandGEM è basato sull' equazione del primo ordine:

$$\mathbf{Q_{CH4}=L_0*R*(e^{kc}-e^{kt})}$$

- Q_{CH4}= generazione di metano al tempo t [m^3/anno];
- L_0 = generazione potenziale di metano [m^3 CH_4/ton di rifiuto];
- R = la quantità annuale media di rifiuti immessi nella discarica;
- K = tasso di generazione di metano [1/anno];
- C = il numero di anni trascorsi dalla chiusura della discarica;
- t = anni trascorsi dal primo deposito di rifiuti in discarica.

Nel caso in esame la quantità totale di rifiuti è stata conferita in periodi diversi. Nel periodo che va dal 1993 al 1996 sono stati conferiti circa 5000 t di rifiuti solidi urbani; viene stimata una quantità media di rifiuti conferiti annualmente di 1.700 t/anno, mentre il numero di anni trascorsi dalla chiusura è pari a 18 e gli anni trascorsi dal primo deposito di rifiuti sono 21.
Dai risultati ottenuti dal modello si evince che la quantità di biogas prodotto dalla discarica nel 2015 sarà pari a 15.000 m^3 , ossia 1,8 m^3/h.
Di seguito e riportato il diagramma dell'andamento del biogas nel tempo calcolato dal modello sopra citato:



Tale grafico visualizza l'andamento della produzione di biogas nel tempo che a partire dal 15 anno dalla fine dei conferimenti, il quantitativo effettivo risulta estremamente esiguo rispetto ad un'utilizzazione energetica con la relativa impiantistica. Pertanto si può affermare che la produzione di biogas per il sito in esame è trascurabile ai fini anche dell'impatto ambientale.
Per tale motivo non si procederà alla realizzazione di pozzi di captazione ne al monitoraggio delle emissioni gassose nella fase post operam.

5.7 Riqualificazione ambientale

Come già accennato, l'area ricade in zona a vocazione agricola naturalistica.
L'intervento di riqualificazione ambientale non comporta la costruzione di nessun fabbricato e si sviluppa nel pieno rispetto delle norme tecniche di attuazione regolate per questa zona.
Opere a verde
Esauriti tutti gli adempimenti necessari per l'isolamento del materiale inquinante e per la protezione dell'ambiente circostante é possibile procedere al ripristino ed al recupero ambientale dell'area.
Per garantire la copertura vegetale del terreno, verrà realizzata l'idrosemina di graminacee e leguminose. Verranno messi a dimora arbusti scelti fra le specie autoctone, disposti in maniera casuale – evitando geometrismi antropici e che abbiano un apparato radicale tale da non spingersi oltre il terreno vegetale a disposizione, così da non apportare danni alla geomembrana sottostante, collocata secondo indicazioni progettuali fornite dalla messa in sicurezza del sito.
La copertura vegetale nelle opere di ripristino ambientale ha doppia funzione, naturalistica-paesaggistica ed idrogeologico (azione antierosiva). Essa infatti favorisce un migliore inserimento dell'intervanto nell'ambiente naturale circostante migliorandone la percezione visiva, ed anche contribuisce a ridurre l'infiltrazione ed il ruscellamento delle acque meteoriche. La scelta delle specie da piantumare si è basata in primo luogo prediligendo specie coerenti con la flora e la vegetazione autoctona, ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali dell'ambiente circostante, in secondo luogo selezionando tra le varie quelle con le migliori caratteristiche di resistenza, facilità di attecchimento e minore necessità di manutenzione. Medesimi parametri di scelta sono stati adottati anche per la miscela di graminacee e leguminose che verrà utilizzata per coprire quelle aree interessate dall'idrosemina. La presenza della geomembrana ha vincolato la scelta e l'utilizzo quindi delle sole specie arbustive capaci di sviluppare un apparato radicale superficiale che non spingendosi in profondità non vada a danneggiare la geomenbrane compromettendo l'isolamento dei rifiuti. Lungo il è stata prevista la piantumazione di siepe tipo biancospino (Crataegus monogyna) costituite da piante con bacche appetibili agli uccelli, al fine di aumentare la componente animale e rendere più vario l'ecosistema. L'impiego delle specie arboree quali quercia (Quercus ilex),o pino (Pinus halepensis), o carrubo (Ceratoni siliqua). Il periodo di impianto degli alberi andrà scelto scartando i mesi dell'anno più siccitosi. La messa a dimora degli alberi è preceduta dalla realizzazione delle buche che dovranno essere preparate in modo da tener conto del peso notevole della pianta e del naturale assestamento post piantumazione, dovranno presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici dell'albero, indicativamente una larghezza doppia rispetto alla zolla e profondità pari ad una volta e mezza. Dopo il riempimento della buca, è importante compattare, livellare e modellare il terreno per creare la conca di irrigazione, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la più completa adesione delle radici e della zolla alla nuova sede, nonché la ripresa della pianta.
Una pratica consigliata è quella della pacciamatura realizzata alla base degli alberi con materiali quali corteccia di pino, residui di coppatura, in maniera da ridurre l'evaporazione del terreno.

Necessario, per il primo periodo di piantumazione, prevedere un sistema di ancoraggio della pianta al suolo con pali tutori da interrare ad una profondità di circa 50-80 cm (facendo attenzione a non recare danno alla zolla della pianta) e fissare con legacci al tronco. Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, saranno necessari frequenti interventi di irrigazione e successivamente periodiche potature.
Il progetto del verde prevedrà la piantumazione di specie arbustive autoctone da impiantare in vari punti dell'area.
La scelta del e specie da impiantare si è basata sulla valutazione del e caratteristiche del sito, sono state individuate quelle con maggiore adattabilità alle condizioni climatiche locali, maggiormente resistenti e necessitanti di scarsa manutenzione con un apparato radicale che non contrasti con il progetto di messa in sicurezza permanente. Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo. Particolare cura dovrà essere posta sia nell'acquisto del materiale vegetale, verificandone attentamente la provenienza, lo stato sanitario e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi, essiccamenti.
Le buche per la messa a dimora degli arbusti dovranno presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici della pianta e a creare un'opportuna area di terreno drenante, indicativamente con una larghezza circa doppia rispetto alla zolla e una profondità pari a circa una volta e mezza.
Nella preparazione della buca dovrà essere posta particolare attenzione alla eventuale presenza di reti tecnologiche sotterranee. In generale per evitare il ristagno in prossimità delle radici sarà necessario posizionare sul fondo della buca un opportuno strato di materiale drenante (ghiaia, ecc.). Dopo il riempimento della buca, è importante compattare e livellare il terreno e subito irrigare, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la sua più completa adesione alle radici e alla zolla, nonché la ripresa della pianta. Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, sarà necessario effettuare frequenti interventi di irrigazione e potatura.
Nelle restanti zone ove non è prevista la piantumazione di arbusti ed alberi, si procederà con l'inerbimento di specie erbacee con la tecnica dell'idrosemina che consente il rapido e facile rinverdimento di superfici, in particolare quelle ripide o scarsamente accessibili e con scarso terreno vegetale. Essa si effettua con l'ausilio di idroseminatrici dotate di cisterna, nella quale vengono miscelati sementi, col anti, concimi, ammendanti e acqua. La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe a pressione di tipo e caratteristiche (es. dimensione degli ugelli) tali da non danneggiare le sementi stesse e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali. La presenza dei collanti garantisce la protezione delle sementi durante la prima fase della germinazione. Per garantire l'attecchimento l'intervento di idrosemina deve avvenire nel periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esculsione del periodo estivo più arido. Il miscuglio di sementi, di provenienza autoctona idonea alle condizioni locali, sarà composto da graminacee (ad azione radicale superficiale), da leguminose (con capacità di arricchimento in azoto del terreno), quali: Lolium perenne, Festuca arundinacea, Brachypodium spp., Dorycnium hirsutum, Stipa bromoides, Medicago sativa, Trifolium campestre, Vicia sativa. Si userà una quantità di sementi di circa 30 g/m2, addizionata a sostanze colloidali, torba e fertilizzanti, da stabilire in funzione delle caratteristiche dell'area di intervento. La provenienza e la germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, per evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

6 MONITORAGGIO POST OPERAM

Il D.Lgs. 36/03 prevede che l'iter amministrativo di bonifica e messa in sicurezza di una discarica deve contenere un Piano di Monitoraggio anche per la fase post-operativa, redatto secondo i criteri stabiliti al paragrafo 5 dell'Allegato 2 dello stesso decreto legislativo.
Il Piano autorizzato dagli enti di controllo deve prevedere delle notifiche all'autorità competente in caso di eventuali effetti negativi sull'ambiente riscontrati a seguito delle procedure di controllo adottate.
Il controllo e la sorveglianza saranno condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente con riguardo ai parametri ed alle periodicità riportati come esemplificativi nelle Tabelle che seguono per le:

- *Acque di drenaggio superficiale;*
- *Percolato;*
- *Parametri-climatici;*
- *Morfologia della discarica e Stato del corpo della discarica;*
- *Suolo*

Nella relazione specialistica allegata al presente progetto sono riportati nel dettaglio le modalità esecutive di realizzazione del piano di monitoraggio post operam.
Poichè la produzione di biogas per il sito in esame è trascurabile ai fini anche dell'impatto ambientale non si procederà alla realizzazione di pozzi di captazione ne al monitoraggio delle emissioni gassose nella fase post operam.

7 ANALISI DELLE DIVERSE TECNICHE DI BONIFICA APPLICABILI

In questo paragrafo, escludendo l'intervento di rimozione e smaltimento presso altro sito dei terreni contaminati, vengono analizzate le possibili alternative per la bonifica dei terreni al di fuori della vasca di contenimento dei rifiuti. Vengono valutati i costi per l'applicazione delle tecniche individuate e confrontati con i costi da sostenere per l'intervento di capping ipotizzato in progetto.
L'estensione della superficie interessata dalla contaminazione, oltre alla superficie della vasca dei rifiuti, è pari a mq 2600, così come indicato nella **tavola 4**. La profondità della contaminazione è pari a 1m; pertanto il volume di terreno da trattare è pari a 2600 mc.

Si espongono di seguito due soluzioni alternative all'intervento in progetto di cui alla presente bonifica e messa in sicurezza:

La prima soluzione è rappresentata dalla combinazione della tecnologia del **Soil Washing** con quella dell'**Estrazione con solventi**, che chiameremo **"Soluzione A"**

Soil washing (lavaggio del suolo)

Questa tecnica consiste nel far circolare nel suolo contaminato dell'acqua pura o additivata con solventi organici, agenti chelanti, tensioattivi, acidi o basi, allo scopo di desorbire dalla matrice del suolo una parte dell'inquinante in modo che passi in soluzione o sospensione.

La tecnica del soil washing si basa sul principio che i contaminanti vengono veicolati attraverso le particelle più fini presenti nelle frazioni del suolo, e consiste nell'effettuare un vero e proprio lavaggio (washing) con acqua, soluzioni acquose di tensioattivi, biosurfattanti, oppure con solventi organici.

I metodi su cui si basa la rimozione dei contaminanti sono due:

1. Dissoluzione completa dei contaminanti nella soluzione acquosa di estrazione;
2. Concentrazione ed eventuale dispersione dei contaminanti nella soluzione di estrazione, sotto forma di particelle sospese.

Il lavaggio del suolo contaminato avviene scegliendo, in funzione della tipologia di inquinante, tra i seguenti possibili fluidi estraenti:

- Acqua: per contaminanti facilmente solubili (es. solfati e cloruri);
- Acqua con tensioattivi: nel caso di contaminazioni da idrocarburi;
- Solventi organici: per la rimozione di composti altrimenti poco solubili in acqua come gli idrocarburi;
- Soluzioni acide (es. HCl, H_2SO_4 ed HNO_3): per contaminazioni da metalli pesanti; - Soluzioni alcaline (es. NaOH, Na_2CO_3): per contaminazioni da cianuri;
- Agenti complessanti (acido citrico, acetato di ammonio, NTA ed EDTA-acido etilendiamminotetracetico): per contaminazioni da metalli pesanti.

Le principali fasi del processo di Soil Washing sono:

1. Pretrattamento del terreno contaminato, per suddividerne la granulometria;
2. Lavaggio ed estrazione dei contaminanti, che vengono rimossi dal terreno e trasferiti in una fase liquida/acquosa;
3. Separazione delle fasi liquido estraente - terreno;
4. Post-trattamento del terreno.

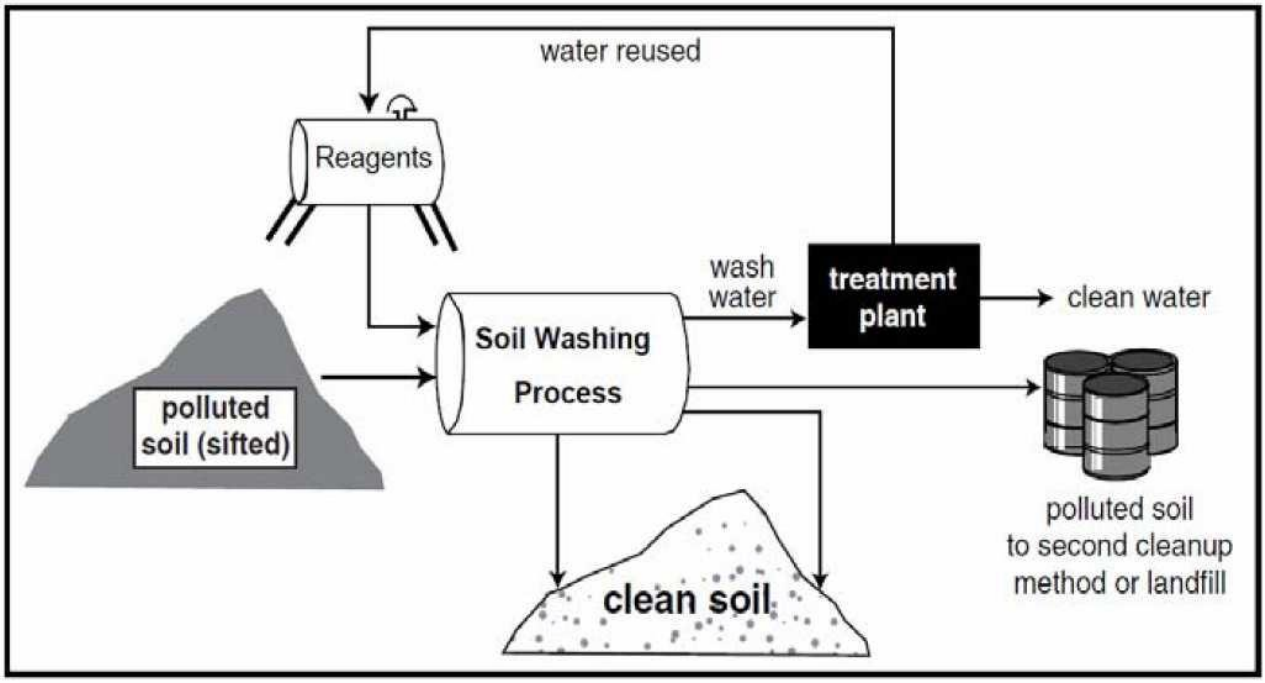


Figura esemplificativa delle fasi principali del "Soil washing"

Nella pratica il terreno contaminato subisce un processo di lavaggio, una selezione granulometrica dei materiali lavati ed in ultimo un trattamento chimico-fisico della parte acquosa/fangosa con recupero delle acque di lavaggio.

Esclusi i casi di dissoluzione completa dell'inquinante all'interno del fluido estraente, il processo consente di separare le frazioni con granulometria maggiore (sabbie e ghiaie), da limo ed argilla concentrando i contaminanti proprio in questa frazione. Le particelle di maggiori dimensioni, dopo il lavaggio, possono essere riutilizzate e riportate nel sito di provenienza. La parte rimanente di

particelle con piccole dimensioni è quella contenente un'alta concentrazione di contaminanti. Tali rifiuti, di dimensioni e peso ridotto, possono essere inviati al riutilizzo in fornace e/o cementerie oppure avviati allo smaltimento definitivo.

La tecnica di Soil washing può essere utilizzata in combinazione con la tecnica ad estrazione con solvente, soprattutto nei terreni in cui si verifichi una contaminazione mista. Il caso specifico è quello in cui, in uscita dall'impianto di soil washing, si ottenga una frazione di suolo a norma per i metalli, ma non per gli organici che possono quindi essere bonificati mediante trattamento di estrazione con solvente.

Il soil washing è impiegato in caso di contaminazione del suolo da parte di metalli pesanti, idrocarburi (inquinamento localizzato) e pesticidi (inquinamento diffuso).

Nello specifico il soil-washing può trattare una grande varietà di contaminanti:

- benzene
- toluene
- xilene
- etilbenzene
- idrocarburi clorurati
- oli minerali, fenoli
- idrocarburi policiclici aromatici
- policlorobifenili
- diossine
- cianuri
- metalli pesanti.

La durata del trattamento di soil washing è in genere breve, da uno a tre mesi.

La tecnologia di Soil Washing necessita di eseguire delle prove per verificarne la fattibilità in relazione alle caratteristiche fisiche del suolo ed alla tipologia di contaminazione. Se nel terreno sono contenute percentuali di limo e argille elevate, esse rendono maggiormente problematica la fase di separazione solido-liquido; nella pratica la capacità totale di trattamento degli impianti (in t/mese) diminuisce su terreni con più alte percentuali di argilla e limo.

La specifica tecnologia di trattamento prevede che il terreno da decontaminare venga trasportato in altro sito, nel quale subisce il processo di "lavaggio" per poi ritrasportare il terreno decontaminato nel sito di destinazione. Pertanto questa tecnologia presuppone l'esistenza di ampi spazi per il trattamento del terreno o altro sito nel quale recapitare il terreno da trattare.

Estrazione con solventi

Descrizione

Vengono disciolti i composti organici nel solvente all'interno di un reattore. Gli inquinanti estratti e il solvente vengono poi immessi in un separatore per poter trattare i fluidi e per poter riutilizzare il solvente.

Applicabilità

E' un processo indicato per trattare suoli, fanghi e sedimenti contaminati da composti organici come PCB, VOC, solventi alogenati e combustibili.

Per i composti inorganici si possono produrre reazioni che portano ad una trasformazione in composti meno tossici e meno lisciviabili.

Limitazioni

I metalli legati ai composti organici possono essere estratti assieme ai composti organici di interesse e ciò restringe le modalità di trattamento dei residui.

La presenza di emulsionanti e detergenti diminuisce l'efficacia del sistema.

Tracce di solventi possono rimanere nel suolo e bisogna poi considerare la loro tossicità.

E' un processo poco efficace con composti organici di elevato peso molecolare e con sostanze idrofile.

Alcune tipologie di suolo e i livelli di umidità possono influenzare le prestazioni del processo.

I costi delle tecniche e tecnologia proposte sono i seguenti: € 495/mc.

Un'altra valida alternativa per la decontaminazione del sito d'interesse è rappresentato dalla combinazione della tecnologia del **Soil flushing** con quella della **Biodegradazione,** che chiameremo **"Soluzione B".**

Lavaggio (Soil Flushing)

Questa tecnica consiste nell'immettere acqua sul suolo o nel sottosuolo con eventuale aggiunta di additivi (per aumentare la solubilità dei contaminanti) al fine di separare i contaminanti dal suolo.

La tecnica prevede l'iniezione di soluzioni acquose nelle zone del suolo interessate dall'inquinamento, i fluidi così immessi nel terreno rimuovono gli inquinanti e li trasportano in zone in cui vengono bloccati ed estratti oppure immobilizzati da elementi appositamente introdotti nel terreno. L'iniezione di soluzioni avviene mediante una serie di pozzi verticali, orizzontali o inclinati, gallerie di infiltrazione o altro. L'estratto viene trasportato in superficie per il successivo trattamento in appositi impianti, ed iniettato nuovamente nel terreno.

Alla fine del processo di separazione solido/liquido si ottiene:

- la frazione di terreno lavata e depurata;
- un fango contaminato costituito da una parte solida, contenente la frazione fine del terreno in cui sono adsorbiti o fissati i contaminanti, e una parte liquida comprendente il fluido estraente, dove si trovano disciolti o in emulsione i contaminanti.

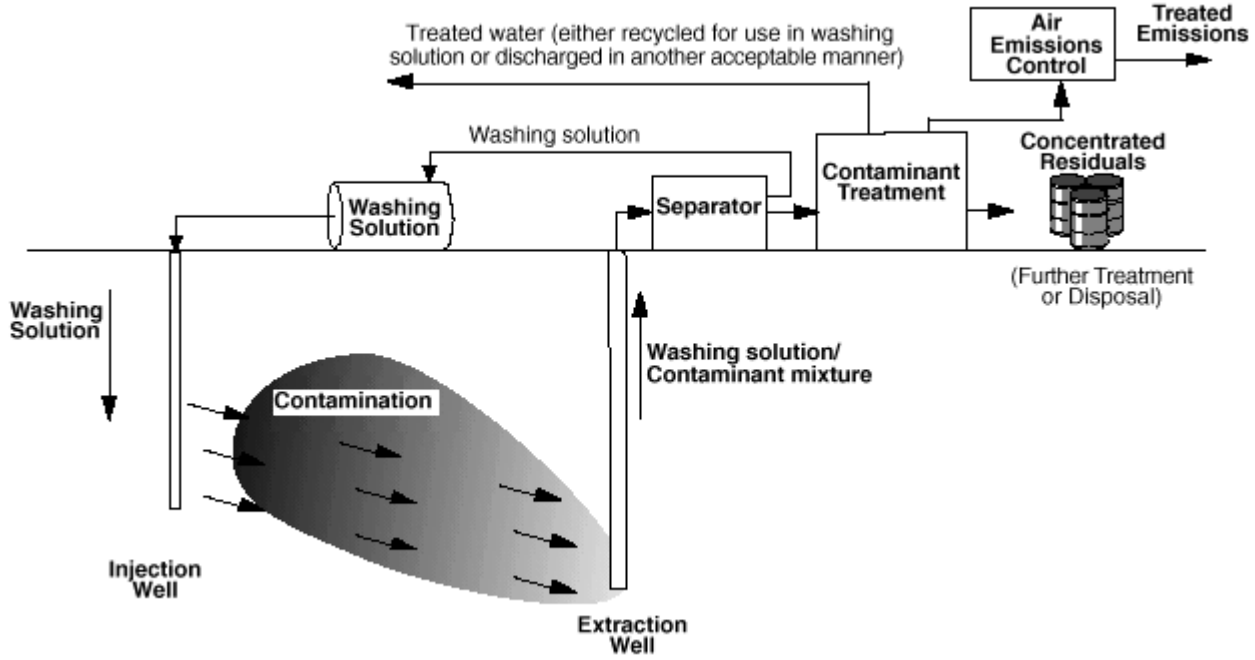


Figura esemplificativa delle fasi principali del "Soil flushing"

Le soluzioni di lavaggio, usate per il flushing, possono essere solo acqua oppure altre sostanze (come gli emulsionanti, co-solventi, chelanti, solventi, acidi e basi) che consentono sia di aumentare la velocità del processo, sia di incrementare la mobilità e la solubilità dei contaminanti. Nella scelta delle sostanze devono essere valutate preventivamente le reazioni possibili fra contaminanti diversi ed agente estrattivo, al fine di evitare la formazione di vapori tossici o di composti ancora più dannosi all'ambiente di quelli originari.

L'uso di queste tecniche di lavaggio è reso difficoltoso quando i terreni sono poco permeabili. In queste condizioni i flussi d'acqua hanno il duplice scopo di aumentare la permeabilità, attraverso un'azione di frammentazione del terreno, e di mobilizzare le particelle più sottili, in cui spesso sono adsorbiti gli elementi inquinanti e trasportarle in superficie per il successivo trattamento in appositi impianti. Un altro possibile utilizzo dei flussi d'acqua è quello di veicolare le iniezione di composti, sostanze o popolazioni batteriche utili per il risanamento del sito.

L'applicazione principale del soil flushing è la riduzione della contaminazione del suolo da parte di metalli pesanti, idrocarburi (inquinamento localizzato) e pesticidi (inquinamento diffuso).

Questa tecnica è usata in genere in associazione con altre, come la **biodegradazione**, in modo tale da rendere accettabile la percentuale di riduzione dell'inquinante.

Se nel terreno sono contenute percentuali di limo e argille elevate, esse rendono maggiormente problematica la fase di separazione solido-liquido. Nella pratica la capacità totale di trattamento degli impianti (in t/mese) diminuisce su terreni con più alte percentuali di argilla e limo.

Svantaggio tipico di queste tecniche è la durata del trattamento di bonifica, che è normalmente piuttosto lungo.

Biodegradazione

Descrizione

Viene stimolata l'attività microbica mediante circolazione di soluzioni acquose nei suoli contaminati. Vengono usati nutrienti, ossigeno o altri ammendanti per incrementare la biodegradazione ed il desorbimento dei contaminanti dalla matrice solida.

Applicabilità

Disinquinamento suoli, sedimenti, fanghi ed acque sotterranee contaminate da combustibili ed in corso di applicazione anche ad altri composti organici.

Efficace nel risanamento di contaminazione di basso livello unitamente alla rimozione della sorgente.

Limitazioni

I livelli di risanamento finali possono non essere raggiunti se la matrice del terreno impedisce il contatto tra contaminanti e microrganismi.

Lo sviluppo di colonie batteriche può creare fenomeni di intasamento, impedendo il flusso dei fluidi iniettati.

Non può essere usato nei sistemi in cui è limitato lo scambio di ossigeno o di altri accettori di elettroni (ad esempio se nel sottosuolo sono presenti argille, terreni stratificati o molto eterogenei).

I percorsi preferenziali nel sottosuolo diminuiscono il contatto tra i fluidi iniettati e i contaminanti all'interno delle zone inquinate.

Alte concentrazioni di metalli pesanti, composti clorurati, idrocarburi a catena lunga o sali inorganici possono essere tossici per i microrganismi.

La biodegradazione è lenta a basse temperature

I costi delle tecniche e tecnologia proposte sono i seguenti: € 238/mc.

Si passerà ora alla comparazione economica delle due soluzioni alternative, Soluzione A e Soluzione B alla soluzione adottata (Capping).

- La decontaminazione delle aree contaminate esterne alla vasca adibita a discarica, attraverso l'uso della tecnica del "Capping" hanno la seguente incidenza economica:

costo al mq.	volume da trattare	costo complessivo dell'intervento
	mq	
€ 69,00	2600	€ 179.400,00

- La decontaminazione attraverso l'utilizzo della **"Soluzione A"** ha la seguente incidenza economica:

costo al mc.	volume da trattare	costo complessivo dell'intervento
	mc	
€ 495,00	2600	€ 1.287.000,00

- La decontaminazione attraverso l'utilizzo della **"Soluzione B"** ha la seguente incidenza economica:

costo al mc.	volume da trattare	costo complessivo dell'intervento
	mc	
€ 238,00	2600	€ 618.800,00

In conclusione e dal raffronto dei costi sopra esposti si evince che la tecnologia di decontaminazione con un'incidenza economica inferiore è rappresentata proprio dalla realizzazione di un "capping" esteso a tutta la superficie interessata.

8 DURATA DEGLI INTERVENTI

L'evoluzione temporale delle attività di progettazione successive, nonché dell'esecuzione delle opere viene stimata in 50gg.
In allegato viene riportato il cronoprogramma delle attività.

9 ASPETTI ECONOMICI

L'importo delle opere è stato determinato attraverso il computo metrico estimativo allegato al presente progetto. I prezzi unitari sono stati desunti dal PREZZIARIO DEI LAVORI PUBBLICI 2014 di cui alla D.G.R.C. n. 713 del 30/12/2014. Per le categorie di lavorazioni non presenti nel suddetto prezziario, sono state redatte apposite analisi prezzo sommando i vari contributi per la manodopera, noli, trasporti e materiali. In particolare per la manodopera i costi orari unitari sono stati desunti dalle tabelle ufficiali.
L'importo dei lavori per la realizzazione del progetto di messa in sicurezza definitiva della discarica è pari a **€ 494.116,54** oltre ad € 22.099,33 per oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza e non soggetti a ribasso.
Si riportano di seguito le categorie di lavorazione con i relativi importi in euro, così come risulta da computo metrico allegato.

n.	*declaratoria*	*categoria*	*importo*	*classifica*	*% sul totale*	*parte di opera*
1	opere di ingegneria naturalistica	OG13	84.790,54	I	17.16	scorporabile

	descrizione	**categoria**	**IMPORTO (€)**	**INCIDENZA (%)**
1	ISOLAMENTO ED IMPERMEABILIZZAZIONI	OG12	136.400,00	27.60
2	OPERE DI SISTEMAZIONE VERSANTI	OG13	153.716,00	31.11
3	REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE	OG12	84.856,00	17.17
4	OPERE VARIE	OG12	34.353,42	6.95
TOTALE euro			**409.325.42**	**82.83**

Le somme a disposizione dell'amministrazione appaltante ammontano a **€ 143.567,59** così come da quadro economico allegato al Progetto Esecutivo.

Il costo totale del progetto è pari a **€ 659.783,46**

Il Progettista
Ing Tommaso Pelella