

COMUNE DI PANNARANO

(Provincia di Benevento)

Oggetto: **Lavori di messa in sicurezza permanente della discarica comunale sita in località "Bosco Caccese". Cod. Sito CSPI 2047 C001.**

PROGETTO ESECUTIVO

CUP: **C24E14000940002**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA, TECNICA ED ECONOMICA

- 1.	PREMESSA
- 2.	INQUADRAMENTO DEL SITO
- 2.1.	Inquadramento territoriale
- 2.2.	Inquadramento geologico ed idrogeologico
- 2.2.1.	<i>Inquadramento morfologico</i>
- 2.2.2.	<i>Inquadramento geolitologico</i>
- 2.2.3.	<i>Inquadramento stratigrafico, idrologico ed idrogeologico</i>
- 2.3.	Stato dei luoghi
- 3.	PIANO DI CARATTERIZZAZIONE ED ANALISI DEL RISCHIO
- 3.1.	Sintesi dei risultati ottenuti
- 3.2.	Analisi del rischio
- 3.3.	Aree contaminate
- 4.	INTERVENTI IN PROGETTO
- 4.1.	Obiettivi di progetto
- 4.2.	Attività preliminari
- 4.2.1.	<i>Perimetrazione delle aree di lavoro</i>
- 4.2.2.	<i>Operazioni di pulizia della vegetazione</i>
- 4.2.3.	<i>Realizzazione viabilità di cantiere</i>
- 4.2.4.	<i>Riprofilatura del versante</i>
- 4.2.5.	<i>Realizzazione piezometri</i>
- 4.3.	Interventi di Bonifica
- 4.3.1.	<i>Tecniche e tecnologie di bonifica</i>
- 4.3.2.	<i>Bonifica delle acque sotterranee. Valutazione delle alternative applicabili</i>
- 4.3.3.	<i>Bonifica delle acque sotterranee contaminate. La Fitostabilizzazione</i>
- 4.3.4.	<i>Attenuazione naturale controllata</i>
- 4.4.	Interventi di messa in sicurezza permanente
- 4.4.1.	<i>Confinamento dell'area contaminata</i>
- 4.4.2.	<i>Sistema di captazione e stoccaggio del percolato inquinato</i>
- 4.4.3.	<i>Camini di estrazione del Biogas</i>
- 4.4.4.	<i>Copertura finale della discarica</i>
- 4.5.	Interventi di sistemazione finale e ripristino ambientale
- 4.5.1.	<i>Sistema di regimazione delle acque meteoriche</i>
- 4.5.2.	<i>Interventi di sistemazione finale</i>
- 5.	VERIFICA FINALE E MONITORAGGIO
- 5.1.	Rete di monitoraggio
- 5.2.	Piano di Sorveglianza e Controllo
- 5.3.	Piano di gestione post-operativa
- 6.	PIANO DI RIPRISTINO AMBIENTALE
- 7.	DURATA DEI LAVORI
- 8.	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
- 9.	SICUREZZA
- 10.	VALUTAZIONE DEI COSTI
- 10.1.	Stima dei costi di bonifica e MSP
- 10.2.	Stima dei costi di gestione e controllo

1. PREMESSA

A seguito dell'inserimento della ex discarica comunale R.S.U. sita in località "Fossa della Neve" nel "Censimento dei Siti Potenzialmente Inquinanti", del piano Regionale di Bonifica delle aree inquinate della Regione Campania, pubblicato sul BURC numero speciale del 9 settembre 2005, il comune di Pannarano ha attivato la procedura di bonifica per poter riqualificare l'area, attraverso interventi di messa in sicurezza permanente del sito, al fine di eliminare i fattori potenzialmente inquinanti.

Con Decreto Dirigenziale della Regione Campania n. 911 del 07.11.2006, a seguito della valutazione dei risultati delle indagini preliminari, il Comune di Pannarano è stato inserito nell'elenco dei Comuni risultati inquinati, per i quali risulta necessario procedere all'attività di caratterizzazione del sito inquinato.

Con Decreto Dirigenziale della Regione Campania sono state approvate le risultanze del Piano di Caratterizzazione e del documento di Analisi del Rischio, da cui si evince che:

- “- per ciò che concerne il suolo abbiamo un superamento delle CSC relativamente al Berillio ancorché i valori risultano inferiori al CSR, come verificato all'analisi di rischio i suoli non risultano contaminati;*
- per le acque sotterranee, sul principio della massima cautela, risultano contaminate per Solfati e Piombo, di cui non risulta validato dall'ARPAC il Piombo.”*

Con nota n. 2623 del 02.10.2013, il Comune di Pannarano ha trasmesso, agli Organi di Controllo, il Progetto Operativo di Bonifica del sito in oggetto, redatto ai sensi dell'Art.242 comma 7 del Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/06.

In sede di Conferenza dei Servizi, svoltasi il 04.02.2014 presso l'Ufficio Ecologia della Regione Campania, sede di Benevento, sono state richieste integrazioni al progetto presentato.

Con nota n. 1123 del 02.05.2014, il Comune di Pannarano ha trasmesso, agli Organi di Controllo, la documentazione tecnica integrativa al Progetto Operativo di Bonifica, redatta con l'obiettivo di assolvere alle richieste ed osservazioni fatte dall'ARPAC in sede di Conferenza dei Servizi.

In data 27.05.2014 si è svolta, presso l'Ufficio Ecologia della Regione Campania, sede di Benevento, una nuova Conferenza dei Servizi in occasione della quale l'ARPAC, con nota Prot. 30701 del 27/05/2014, non ha ritenuto possibile esprimere parere in quanto le integrazioni al progetto di Bonifica presentate non risultavano essere esaustive, pertanto è stato necessario integrare ulteriormente il progetto presentato.

In quella sede, l'ARPAC rilevava che l'area della discarica ricade in una zona SIC, in particolare quella identificata con il codice IT 804006 denominata "Dorsale dei Monti del Partenio". Si rendeva, pertanto necessario, per completare l'iter autorizzativo del progetto,

sottoporre lo stesso alla Verifica di Assoggettabilità a Valutazione di Incidenza. Dai riscontri eseguiti, si è rilevato che in effetti l'area pur essendo posta lungo il margine, rientra nell'area SIC suddetta, pertanto è stata attivata la procedura per la richiesta di Valutazione di Incidenza ambientale del Progetto, che è stata presentata in data 10/07/2014 alla Regione Campania – UOD Valutazione Ambientale Autorità Ambientale (520507).

In data 05.03.2015 la Regione Campania - UOD "Valutazione Ambientale Autorità Ambientale" - con nota Prot. 2015.0154198 ha comunicato a codesto Ufficio Tecnico che dall'esame in commissione della istanza di verifica preliminare di Valutazione di Incidenza ambientale del Progetto di bonifica suddetto, si è escluso l'intervento in questione dalla procedura di Valutazione di Incidenza Appropriata.

In data 16.07.2015 l'UOD "Autorizzazioni Ambientali e Rifiuti" della Regione Campania con Decreto Dirigenziale n.121 del 16/07/2015, approvava il progetto operativo di bonifica e messa in sicurezza permanente dell'ex discarica comunale in località Bosco Caccelle cod.Sito CSPI 2047 C001, il tutto per l'**importo complessivo di € 1.300.000,00** e che la Giunta comunale di Pannarano, con delibera di GM n.56/2015 prendeva atto di tale approvazione;

In data 22.10.2015 la Giunta Municipale di Pannarano con delibera n.66 del 22/10/2015 approvava il **progetto definitivo** della bonifica e messa in sicurezza dell'ex discarica comunale, e dava mandato al Responsabile del Servizio affinché lo stesso, con apposito atto di determina procedesse alla nomina sia del *geologo* così come già disposto al punto 8.b) dell'atto di Giunta n.56/2015, che del *Responsabile della Sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione dei lavori propedeutici alla redazione della progettazione Esecutiva*;

in data 15.12.2015, con Determina n. 169 del Settore tecnico Manutentivo veniva conferito incarico al Dr. Geol. Maurizio Gallo per la redazione dello studio geologico completo di indagini geognostiche e geotecniche a supporto della progettazione esecutiva e con successiva Determina n. 287 RG del 17.12.2015 del Settore tecnico Manutentivo veniva conferito incarico all'Ing. Procaccini Augusto per la redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento in fase di progettazione ed esecuzione dei lavori da porre a base ed a sostegno della progettazione esecutiva.

Nella redazione del progetto esecutivo sono state eseguite le modifiche richieste dall'amministrazione comunale per tener fede a quanto concordato con i proprietari del terreno confinante Germani Pagnozzi. Questi ultimi, infatti, anni addietro hanno citato in giudizio il comune lamentando danni provocati dall'esercizio della discarica. A seguito di tale procedimento il Comune di Pannarano è stato condannato mediante sentenza n. 558/14 del Tribunale di Benevento, a ripristinare, il muretto a secco posto a confine fra la discarica comunale ed il terreno di proprietà dei germani Pagnozzi.

Con una scrittura privata, i germani Pagnozzi si sono impegnati a fronte della corresponsione di un indennizzo, a consentire l'accesso al proprio terreno per la realizzazione

delle opere di bonifica prescritte dall'ARPA Campania; nonché a costituire una servitù pedonale lungo il confine con la discarica comunale per il monitoraggio e la loro manutenzione. E' prevista, inoltre, la realizzazione lungo tutto il confine che delimita la proprietà dei germani Pagnozzi dalla discarica comunale di una gabbionata. Tale intervento differisce rispetto al progetto esecutivo che prevedeva la realizzazione della gabbionata solo per metà del confine mentre per la restante parte prevedeva il ripristino del muretto a secco.

In data 26.05.2016 la Giunta Municipale di Pannarano con delibera n.33 del 26/05/2016 approvava **il progetto esecutivo** della bonifica e messa in sicurezza dell'ex discarica comunale, atto che veniva trasmesso alla Regione Campania - Direzione Generale per l'Ambiente e l'Ecosistema - UOD Bonifiche per procedere all'erogazione del finanziamento dello stesso. Finanziamento che non veniva erogato a causa della contingente mancanza di fondi di finanziamento da parte dell'Ente regionale.

Con l'emanazione, da parte della Giunta Regionale della Campania, del D.D. n 89 del 24/02/2017 avente per oggetto *"FSC 2014/2020 - Patto per lo Sviluppo della Regione Campania del 24/4/2016 – Intervento strategico denominato "Piano Regionale di Bonifica" - Approvazione criteri ed indirizzi regolanti i rapporti tra RUA e soggetti attuatori"*, UOD Bonifiche della Regione Campania ha inviato al comune di Pannarano una ulteriore richiesta di documentazione integrativa, infatti, al punto 1.5 del suddetto DD viene indicata la documentazione necessaria per l'ammissione al finanziamento. Si richiede, ai fini dell'ammissione del progetto a finanziamento, che il progetto esecutivo cantierabile sia **verificato ed aggiornato** secondo quanto disposto dalla normativa attualmente vigente in materia di opere pubbliche e servizi di cui all'art. 26 del D.lgs. n. 50/2016. Si richiede, pertanto, di allegare il provvedimento di approvazione del progetto esecutivo cantierabile aggiornato.

Codesto Ufficio Tecnico ha provveduto pertanto a verificare la conformità al D.lgs. n. 50/2016 del progetto esecutivo precedentemente redatto aggiornandolo laddove necessario e validandolo secondo quanto stabilito all'art. 26 del D.lgs. n. 50/2016.

Nel successivo elenco sono riportati gli elaborati, descrittivi, tecnici ed economici, facenti parte del Progetto Esecutivo:

RELAZIONI:

- R.01 Relazione tecnica, illustrativa, economica.
- R.02 Relazione geologico-tecnica con indagini
- R.03 Relazione di calcolo idraulico
- R.04 Relazione di calcolo strutturale
- R.05 Elenco dei prezzi unitari
- R.06 Analisi dei nuovi prezzi
- R.07 Computo metrico estimativo
- R.08 Stima incidenza della manodopera
- R.09 Quadro economico riepilogativo
- R.10 Cronoprogramma dei lavori.
- R.11 Riano di sorveglianza e controllo
- R.12 Piano di gestione post-operativa
- R.13 Piano di ripristino ambientale
- R.14 Piano di Sicurezza e Coordinamento
- R.15 Capitolato Speciale D'Appalto
- R.16 Schema di contratto

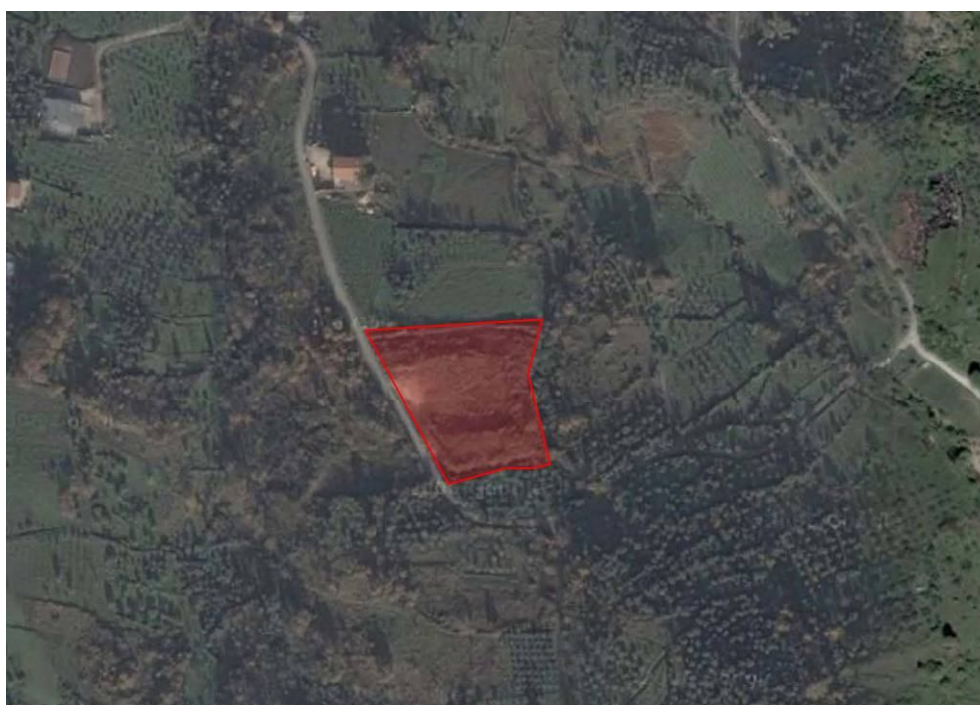
ELABORATI:

- E.01 Quadro di riferimento territoriale
- E.02 Rilievo topografico
- E.03 Analisi dello stato dei luoghi
- E.04 Planimetria generale degli interventi
- E.05 Interventi di Messa in Sicurezza Permanente
- E.06 Interventi di riqualificazione ambientale

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

2.1. Inquadramento territoriale

La discarica comunale già da alcuni anni dismessa, è ubicata in località "Bosco Caccese", ad una quota compresa fra le isoipse 405 e 415 s.l.m, nella parte meridionale del territorio comunale di Pannarano (BN) ad una distanza di circa 800 m dal centro abitato, posto più a valle; essa è inserita in una zona naturalmente e tradizionalmente vocata ad attività agricola ed in particolare a coltivazioni stagionali ed a vigneti all'interno di un paesaggio collinare a bassa pendenza che collega la zona montana alla sottostante valle generata dal Fiume Serretelle, principale corso d'acqua che defluisce nella valle.



L'area, di forma pressoché rettangolare, è completamente di proprietà comunale ed è delimitata ad ovest da una strada comunale, a monte ed a valle confina con delle proprietà private mentre dal lato est è delimitata da un'incisione torrentizia che rappresenta la componente ambientale più esposta ad un potenziale inquinamento provocato dalla discarica.

L'area interessata dalla discarica comunale risulta inserita per intero nel P.R.G. vigente come "Zona Agricola Normale En"; uno spigolo della discarica ricade in una fascia di rispetto a tutela dei corsi d'acqua (D. Lgs. 42/04 art.142).

2.2. Inquadramento geologico ed idrogeologico

2.2.1. Inquadramento morfologico

L'area di interesse, sita alla località "Bosco Caccese", sullo spartiacque fra due corsi d'acqua, è compresa fra le isoipse 405 e 415 s.l.m. ed ha una forma pressoché rettangolare. E' costituita da una vasca artificiale realizzata sagomando il versante e realizzando dei muri in terra, sopraelevati rispetto al versante, sui due lati più a valle. La discarica può essere distinta in due zone con morfologia differente: la parte della discarica a quota topografica inferiore si presenta come un piccolo pianoro subpianeggiante ed è l'ampliamento di una discarica preesistente che si presenta, nella parte più a monte, come un piccolo rilievo.

La struttura si inserisce in un'area prevalentemente collinare con un allineamento delle dorsali nordovest-sudest ossia perpendicolare alle principali linee tettoniche plioceniche (SE-NO) e parallelo alla direzione degli strati.

La continuità delle colline è interrotta da strette e profonde incisioni vallive ed in particolare si osservano due grosse incisioni una ad ovest (valle del torrente Acqualta) ed una a nord est (valle del torrente Serretelle – Corvo). Le creste di suddette colline (poco più alte di 500 m. s.l.m.) coincidono con l'affioramento di terreni più resistenti all'erosione (arenarie friabili e conglomerati) e costituiscono delle antiche paleosuperfici di erosione.

Non vi sono versanti regolarizzati, si osservano frequenti rotture di pendenza e l'evoluzione dei versanti è generalmente lenta, ove si eccettuino locali fenomeni di evoluzione rapida dovuta a frane e ad erosione.

Le dislocazioni neotettoniche (Plioceniche) hanno riattivato i processi di erosione lineare e i movimenti di massa, identificabili con crolli, scorrimenti rotazionali, colate di fango e detrito, colamenti e creep accompagnati dai processi di dilavamento hanno dato al versante le tipiche forme concavo-convesse e le rotture di pendenze.

Il complesso dei fenomeni descritti, è, ovviamente condizionato dalla litologia dei sedimenti affioranti: dove affiorano terreni più resistenti all'erosione si osservano versanti con pendenze elevate e scarpate subverticali e dove affiorano terreni più teneri (argille) si osservano pendenze più dolci.

I movimenti gravitativi sono molto diffusi specialmente nel termine argilloso al contatto con il complesso arenaceo marnoso o con un olistolite calcareo di grosse dimensioni (vedi carta geolitologica). Questo perché dai due termini litologici suddetti viene rilasciata acqua che rammollisce le argille e diminuisce la loro resistenza al taglio.

2.2.2 Inquadramento geolitologico

Le informazioni sulla geologia dell'area sono state tratte dalla cartografia disponibile (Tavoletta topografica 1:25000, aerofotogrammetria 1:5000 del comune di Pannarano e dalla Carta Geologica D'Italia F. 173 (BN) edita dal Servizio Geologico), dagli studi geologici allegati al piano regolatore generale del comune di Pannarano.

Come in tutto l'Appennino meridionale, le attuali unità stratigrafico-strutturali derivano da unità tettoniche la cui genesi è legata alla deformazione di preesistenti unità paleogeografiche di domini pelagici e di piattaforma carbonatica.

Le fasi tettoniche mioceniche hanno determinato sradicamenti, traslazioni e sovrascorrimenti delle unità tettoniche verso l'avampaese apulo con l'emersione della catena appenninica. Contemporaneamente si sono formati dei bacini di piggy-back nei quali continuava la sedimentazione. In uno di questi bacini, dal messiniano superiore fino alla parte bassa del Pliocene inferiore (Zancleano inferiore) si è depositata l'Unità di Tufo-Altavilla. La sedimentazione, con materiale proveniente dallo smantellamento sia delle unità terrigene pre-orogenetiche che carbonatiche mesozoiche, si è interrotta in seguito ad ulteriori traslazioni e surrezione. E' ripresa fino al pliocene medio, con materiale proveniente principalmente dalle unità terrigene preorogenetiche, in seguito a fasi tettoniche prevalentemente distensive che hanno permesso la formazione del Bacino di Benevento-Potenza.

Nel pliocene medio ulteriori fasi tettoniche hanno causato ulteriori traslazioni verso l'avampaese apulo e la completa emersione dell'area di Benevento con le zone più elevate dei rilievi carbonatici e quelle più depresse delle unità terrigene.

L'edificio appenninico è, pertanto, configurabile come una struttura embriciata, a vergenza adriatica, nella quale si alternano sedimenti carbonatici e sedimenti terrigeni, a luoghi ricoperti dai depositi quaternari.

2.2.3 Inquadramento stratigrafico, idrologico ed idrogeologico

La formazione stratigrafico-strutturale riconosciuta nell'area in esame è data dai depositi terrigeni del miocene superiore (formazione di Castelvetro - Serravalliano, Tortonianiano inf.) spesso mascherata da coperture quaternarie piroclastiche (ignimbrite e piroclastiti), limo argilloso e sabbioso (depositi colluviali ed eluviali) e alluvionali (sabbie e ghiaie). Tale formazione poggia in discordanza angolare sul complesso argilloso-marnoso del miocene medio inferiore.

- Formazione di Castelvetro. Sono alternanze di arenarie ben stratificate con sottili intercalazioni, spesso lentiformi, d'argille ed argille siltose passanti a conglomerati, siltiti ed arenarie siltose, puddinghe poligeniche a matrice arenacea e argille marnose e siltose; le arenarie arcoscolitiche sono il termine litologico più tipico e arealmente più diffuso. In questa formazione sono riconoscibili a più altezze stratigrafiche intercalazioni di materiale caotico alloctono (Argille Varicolori s.l.), ossia argille caotiche dal grigio verdastro al rossastro, brecce calcaree e blocchi

di dimensioni, variabili sino a molte migliaia di metri cubi appartenenti alla serie carbonatica di piattaforma. In particolare nella zona si osserva che la continuità del complesso arenaceo marnoso è interrotto da un esteso affioramento di argille varicolori che si estendono anche al di sotto del suddetto complesso

- Tufo Grigio Campano. Sono depositi ignimbritici che a volte superano i 20 metri di spessore e che si presenta con una caratteristica fessurazione colonnare
- Piroclastiti di caduta. Sono residui più o meno estesi e potenti delle coltri piroclastiche che a più riprese hanno ricoperto la regione. Sono Cineriti ocracee o grigio scure, sottilmente stratificate e con frequenti processi di argillificazione, alternate a livelli di pomici grigiastre. In esse si possono osservare paleosuoli e, al piede dei pendii, livelli e lenti detritiche
- Depositi colluviali. sono costituiti dal materiale proveniente dalla degradazione del rilievo ed è costituito da elementi, sciolti e di piccole dimensioni, inglobati in una matrice che può essere limosa o argillosa. Esso ricopre gli affioramenti arenaceo argillosi e, dove l'accumulo è stato più veloce o dove vi sono pendenze più dolci, ha formato potenze considerevoli.
- Depositi alluvionali e di fondo valle. Lungo il Torrente Serretelle e quello Acqualta affiorano, con spessori massimi di 3 m, depositi alluvionali (blocchi, ghiaie e sabbie) e colluviali (limi argillosi). Tali depositi hanno un'estensione limitata e testimoniano la passata attività deposizionale dei Torrenti. Attualmente i torrenti sono in una fase di erosione.

Dai dati raccolti dal servizio idrografico, si evince una piovosità di 1577 mm/annua, svolta in media in 99 giorni piovosi: le precipitazioni si svolgono essenzialmente nel periodo Ottobre-Aprile. Tali acque meteo, vanno ad alimentare corpi idrici esigui alla base della coltre superficiale alterata o dell'eluvium, al tetto di uno strato argilloso o arenaceo oppure al contatto tra i due litotipi nei periodi di maggior piovosità.

Anche il temine arenaceo-marnoso e gli olistoliti, tamponati dal complesso argilloso, costituiscono degli acquiferi di limitata estensione che danno origine a delle falde che risentono molto delle condizioni meteo. Nella zona la piezometrica, infatti, affiora al contatto fra i due litotipi alla quota di circa 410 m s.l.m in tre zone dando origine a delle sorgenti che risentono molto delle condizioni meteo. Nel complesso argilloso, non si è rinvenuta una falda idrica vera e propria, ma una debole circolazione nella sua parte superficiale più alterata. Infatti sono state eseguite varie misure piezometriche nei fori dei sondaggi e nei pozzi adiacenti alla discarica che indicano una profondità media della falda a circa 1.80 m di profondità nella parte più alterata del complesso argilloso marnoso. Questa falda risente molto degli afflussi meteorici, per cui quella misurata nel periodo delle indagini è la massima escursione, mentre nel periodo estivo si abbassa fino a 4-5 m dal P.c..

Al di sotto della discarica, con la geoelettrica, si è rilevata una piccola circolazione idrica ostacolata dai materiali della discarica e dalla discarica stessa, per cui l'acqua passa lateralmente alla discarica e sotto.

L'idrografia superficiale con numerosi corsi d'acqua è influenzata dai terreni affioranti a scarsa permeabilità: nella zona a breve distanza l'uno dall'altro si osservano diversi affluenti del Torrente Serretelle.

2.3. Stato dei luoghi

La discarica comunale è stata utilizzata nel corso degli ultimi decenni a più riprese in funzione delle frequenti situazioni di emergenza venutesi a creare per lo smaltimento dei rifiuti.

Tale area, delimitata mediante una recinzione con rete metallica in più punti divelta, ha un invaso con una superficie di circa 4.500 mq e, pur essendo unica, va distinta in due zone: una parte più vecchia di monte, di circa 1.500 mq, attiva fin dagli anni '80, che si presume priva di qualsiasi impermeabilizzazione, ed un bacino di valle di circa 3.000 mq, attivo nel periodo 1998-2002, che ha il fondo protetto con telo impermeabile della cui integrità non si è sicuri soprattutto a causa di uno smottamento che ha interessato il terrapieno di contenimento dell'invaso ed ha coinvolto anche il telo impermeabilizzante su cui poggiano i rifiuti.

In relazione ai materiali conferiti in discarica le notizie raccolte presso fonti ufficiali indicano del conferimento di RR.SS.UU. oltre che di occasionali apporti di materiali provenienti da demolizioni e da scavi. L'impianto, di proprietà comunale è stato sempre gestito direttamente dallo stesso ente che lo ha utilizzato esclusivamente per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani prodotti nell'ambito del comune; durante i sopralluoghi effettuati nel sito non è stata rilevata la presenza di fusti o altri tipi di rifiuti speciali.

Allo stato attuale, gli spessori che ivi sono stati accumulati non sono facilmente definibili perché abbastanza compattati; inoltre, considerato il completo stato di abbandono, negli ultimi anni si è sviluppata in loco una vegetazione selvaggia di notevoli dimensioni che è divenuta ricettacolo di ogni specie di animali; ne risulta un paesaggio fortemente alterato e degradato nei suoi aspetti morfologici ed ambientali ciò espone l'area ad un rischio elevato per la sua vulnerabilità sia di tipo idrologico che ambientale dell'intero sito.

Il fronte a valle della discarica è interessato da un fenomeno franoso che ha coinvolto parte del terrapieno di contenimento del bacino a valle.

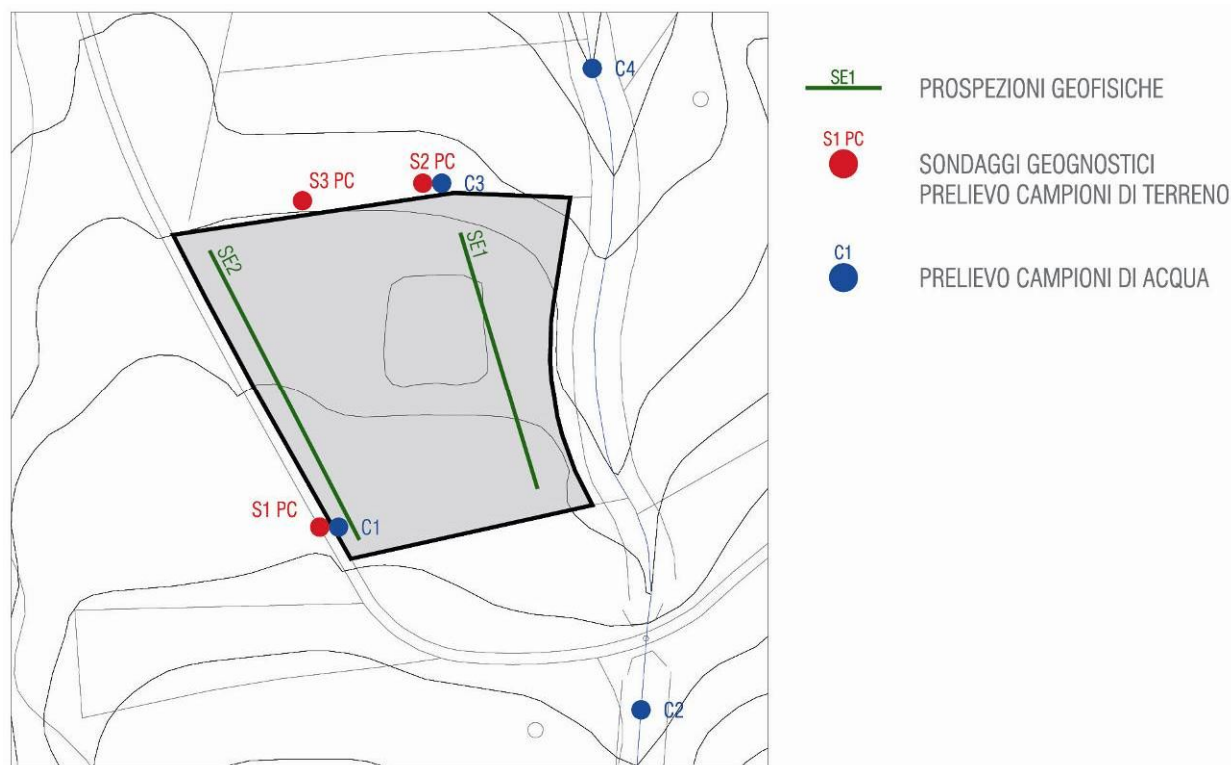
La totale mancanza di manutenzione e gestione post chiusura della discarica ha contribuito alla contaminazione dell'area; mancanza, questa, ben rappresentata dallo sversamento, dalla vasca di stoccaggio, di percolato non smaltito, nei terreni a valle della discarica.

3. PIANO DI CARATTERIZZAZIONE ED ANALISI DEL RISCHIO

Con il bando di cui al "POR CAMPANIA 2000-2006 Misura 1.8 D.G.R. n. 400 del 28.03.2006, D.D. n. 208 del 03.04.2006 e D.D. n. 911 del 07.11.2006" si è avviato l' articolato complesso del Piano di Caratterizzazione, successivo alle indagini preliminari della discarica comunale.

In data 07.08.2008 la ditta Tecnogeo srl, con sede in Paolisi (BN), affidataria del servizio, ha dato avvio alle attività di caratterizzazione, consistenti in:

- *esecuzione di n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo all'esterno della discarica, tutti condizionati per misure piezometriche.*
- *prelievo di n. 10 campioni di terreno e n. 4 campioni di acqua di cui due superficiali, lungo il torrente a valle della discarica, e due di acque sotterranee in corrispondenza dei sondaggi.*
- *esecuzione di analisi di laboratorio sui campioni di terreno e di acque prelevati.*
- *esecuzione di tomografie geoelettriche.*



3.1. Sintesi dei risultati ottenuti

Tomografie elettriche

Dall'analisi delle Tomografie Elettrica si è riscontrato che:

- *la discarica è esaurita; il corpo dei rifiuti, di spessore massimo m. 6, poggia a valle su una guaina di protezione che risulta in più punti lacerata e a monte sembra poggiare direttamente sul terreno senza protezione.*
- *i processi di mineralizzazione appaiono pressoché terminati e sacche di percolato risultano intrappolate al di sotto della discarica; solo in alcuni punti è presente il percolato nei rifiuti e quindi i processi di mineralizzazione sono attivi solo in alcune zone della discarica.*

- la circolazione idrica sotterranea risulta estremamente limitata e l'assetto stratigrafico fa sì che le lenti ghiaiose, allorquando risultino impregnate, formino falde sospese di scarsa portata non interferenti con falde profonde.

Indagini geognostiche

Il sondaggio "PC S1", eseguito esterno alla discarica, sul lato Ovest, ha evidenziato:

"la presenza di materiale di riporto per circa m. 0,60 di profondità, per poi incontrare un deposito argilloso-sabbioso fino alla profondità di circa m. 6,20; al di sotto di detto materiale sono presenti alternanze di sedimenti argillosi."

Il sondaggio "PC S2", eseguito a valle della discarica, sul lato Sud, ha evidenziato:

"la presenza di depositi argillosi in superficie per circa m. 4,00, per poi incontrare la formazione di argille grigio-azzurre, fino a m. 15,50, dove il sondaggio è stato terminato."

Il sondaggio "PC S3", eseguito a valle della discarica, sul lato Sud, ha evidenziato:

"la presenza di materiale litoide calcareo-marnoso inglobato all'interno dei sedimenti argillosi sabbiosi presenti fino alla profondità di circa m. 5,20; a letto di tale deposito sono presenti le argille con presenza di livelli litoidi calcareo-marnosi."

Indagini ambientali

Analisi sui campioni di suolo

Suolo						
Campione n°	Sigla	Ubicazione rispetto discarica	Profondità (m)		Conforme / Non conforme	Inquinanti (mg/Kg)
1	P1	valle	0.40	1.00	Conforme	
2	S1 Pc 1C	monte	2.50	3.50	Conforme	
3	S1 Pc 2C	monte	7.00	8.00	Conforme	
4	S1 Pc 3C	monte	13.00	14.00	Conforme	
5	S2 Pc 1C	valle	2.50	3.50	Conforme	
6	S2 Pc 2C	valle	8.00	9.00	Conforme	
7	S2 Pc 3C	valle	14.00	15.00	Conforme	
8	S3 Pc 1C	valle	2.80	3.80	Non Conforme	Berillio (3,7); Limite A=2; B=10
9	S3 Pc 2C	valle	5.50	8.50	Conforme	
10	S3 Pc 3C	valle	11.50	13.00	Conforme	

Analisi sui campioni d'acqua di falda

Acqua						
Campione n°	Sigla	Ubicazione rispetto discarica	Profondità (m)		Conforme / Non conforme	Inquinanti
1	S1 Pc	monte	circa 10		Conforme	
2	torrente a monte	monte			Conforme	
3	S2 Pc	valle	circa 10		Non Conforme	Solfati (1390); Piombo (86)
4	torrente a valle	valle			Conforme	

3.2. Analisi del rischio

Si riportano, di seguito, le considerazioni conclusive del Piano di Caratterizzazione:

"a seguito dell'analisi di rischio effettuata, è stata rilevata la presenza, nel campione di suolo prelevato immediatamente a valle della discarica, di una concentrazione di Berillio in concentrazioni maggiori rispetto a quelle consentite dalla normativa in materi. Tale elemento generalmente lo si ritrova in prodotti quali le leghe rame-berillio, i tubi catodici dei televisori, nei monitor dei computer e nelle pile.

Per quanto riguarda il rischio per la salute degli essere umani, esso è un metallo che può essere molto nocivo se respirato perché può danneggiare i polmoni e causare polmonite e può anche causare reazioni allergiche nelle persone ipersensibili a tale elemento chimico.

Per quanto riguarda i campioni di acqua prelevati, nel campione prelevato immediatamente a valle della discarica è risultato un inquinamento dovuto alla presenza di Solfati e di Piombo in concentrazioni maggiori a quelle consentite.

Nelle acque a monte della discarica, così come nel torrente a valle, tali elementi non sono stati rilevati, il che fa presupporre che è proprio la discarica a produrre tali inquinanti.

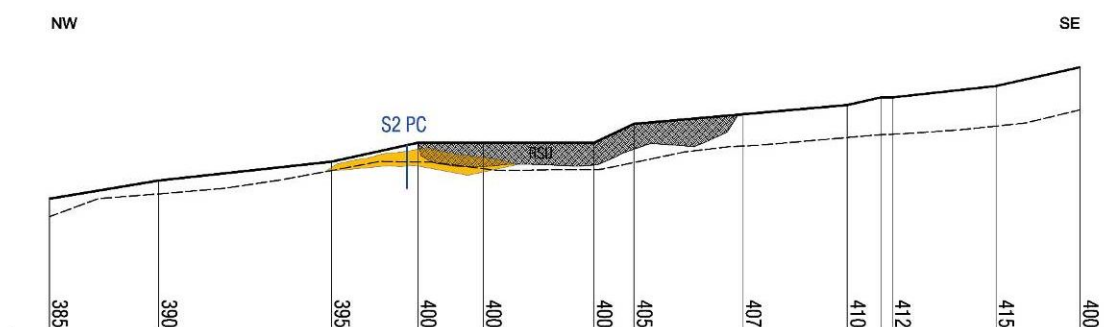
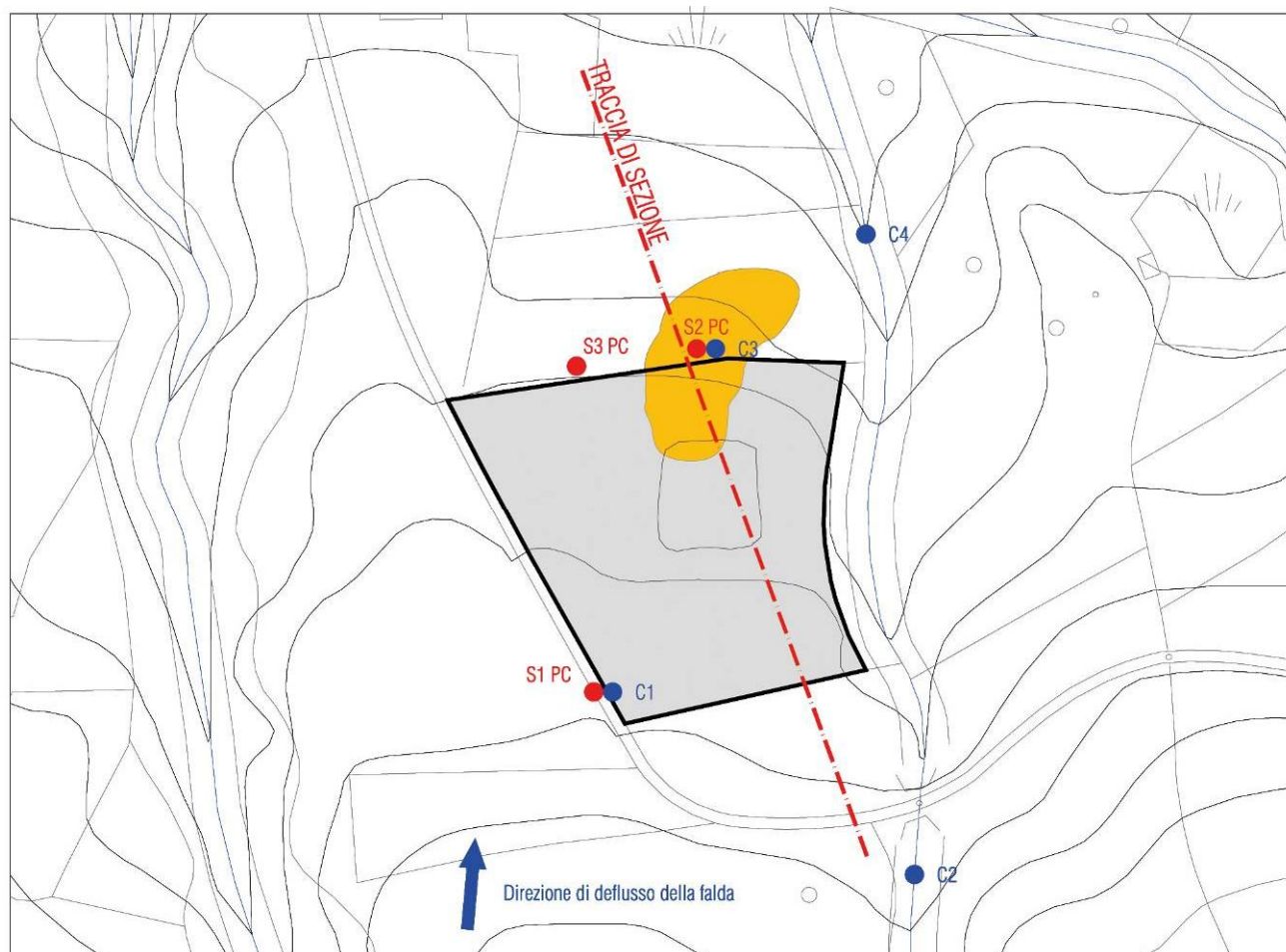
Detto ciò, appare evidente come la presenza del contaminante in questione nei suoli circostanti la discarica comunale (specie quelli a valle) non deve essere sottovalutata e che andrebbero realizzati interventi di bonifica per ridurre la concentrazione di questi elementi.

Dallo studio è emerso che già di per sé, la presenza della discarica ricade in una zona che dal punto di vista ambientale andrebbe maggiormente tutelata in quanto ricade in zona pedemontana, vincolata parzialmente sotto l'aspetto idrogeologico, attraversata da diversi torrenti che, partendo dai rilievi calcarei del Partenio, sfociano nei principali corsi d'acqua della zona; lateralmente alla discarica è presente un corso d'acqua e la vasca di raccolta del percolato si trova a brevissima distanza da esso, per cui è facile immaginare come in occasione di eventi piovosi importanti si possa produrre una quantità significativa di percolato con eventuale sversamento diretto verso il detto canale.

Inoltre, anche dal punto di vista geomorfologico l'area non è completamente stabile e la coltre di terreno superficiale tende lentamente a muoversi verso valle; ciò è dovuto anche alla presenza di una falda superficiale nei terreni maggiormente areati e al contatto con i terreni sottostanti formati prevalentemente da termini argillosi."

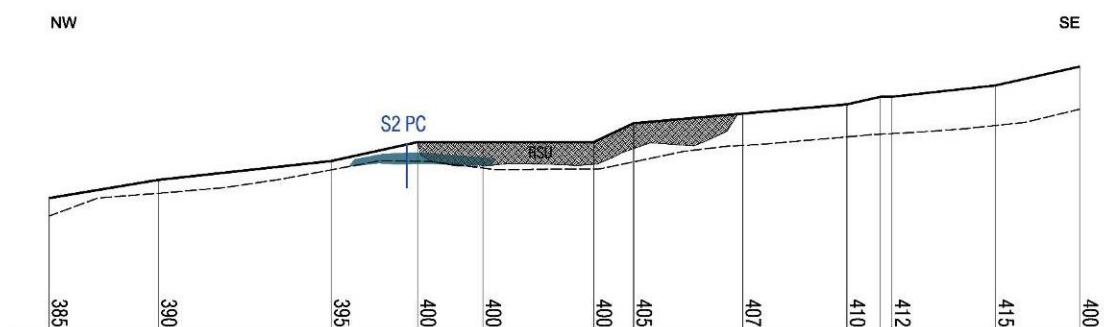
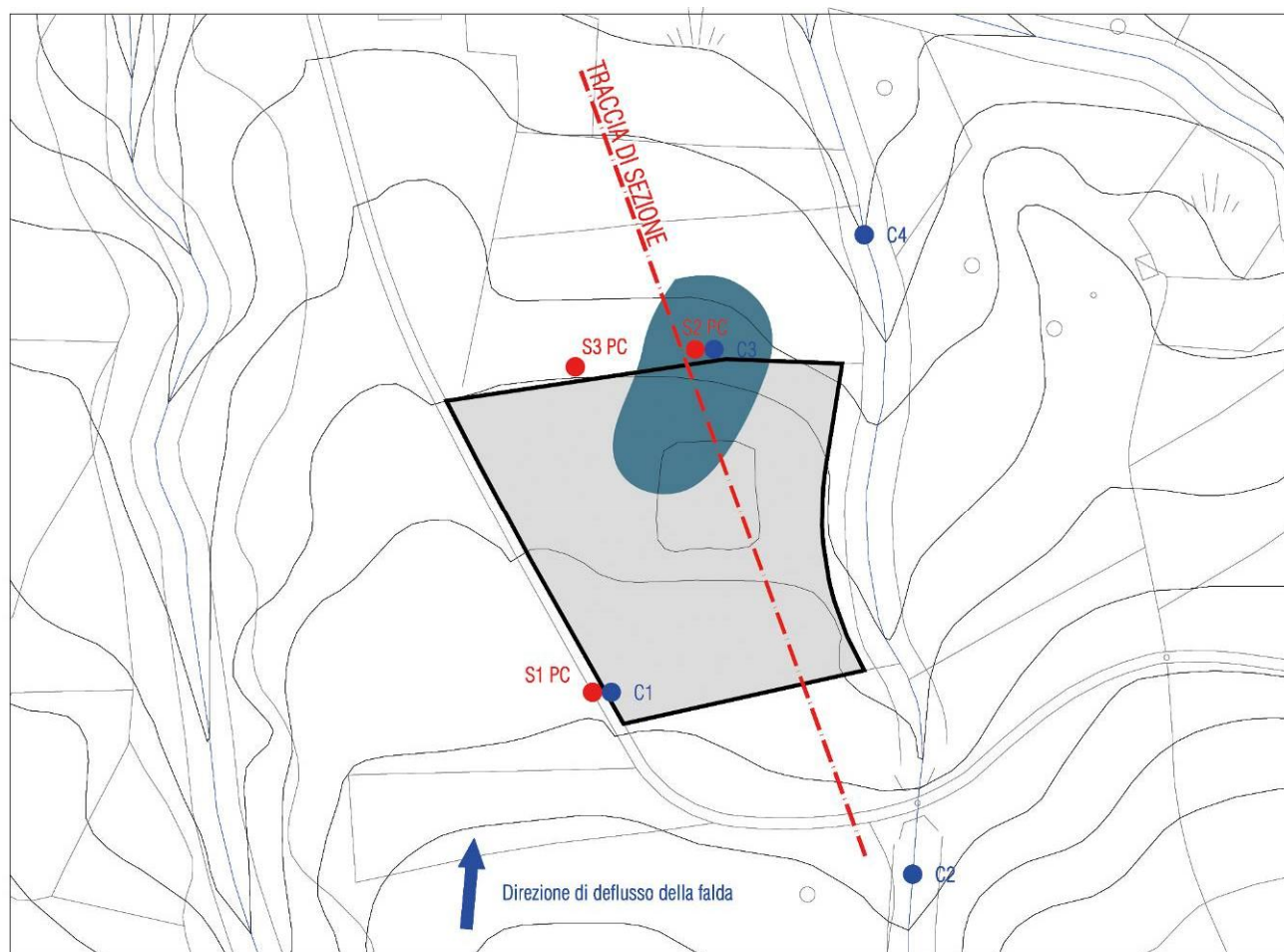
3.3. Aree contaminate

Si riportano, di seguito, le cartografie del sito con l'indicazione delle aree di



contaminazione delle acque sotterranee, così come emerso dal Piano di Caratterizzazione:

contaminante: **SOLFATI**



contaminante: **PIOMBO**

4. INTERVENTI IN PROGETTO

4.1. Obiettivi di progetto

Nell'ambito degli studi propedeutici al progetto, in considerazione della contaminazione delle acque sotterranee dovute essenzialmente alla fuoriuscita di percolato dal corpo dei rifiuti e dalla vasca di stoccaggio dello stesso, sono stati individuati interventi di bonifica dei contaminanti presenti nella falda sotterranea e di Messa in Sicurezza Permanente (MSP) dell'area al fine di garantire sia il risanamento che un'adeguata protezione della falda sotterranea utilizzata per scopi irrigui.

La soluzione progettuale scelta, quale alternativa più idonea in termini di costi-benefici, perché l'opzione "zero", consisterebbe nel non mettere in sicurezza la discarica e nel non eliminare le potenziali fonti di inquinamento della falda acquifera, prevede quindi interventi mirati a:

- *realizzare un intervento di bonifica delle acque sotterranee intercettate nei terreni a valle della discarica, trattate con la tecnica della fitostabilizzazione, utilizzandole per l'irrigazione delle specie erbacee iperaccumulatrici.*
- *confinare l'area di stoccaggio dei rifiuti, in modo da ridurre le infiltrazioni all'interno del corpo rifiuti, e favorire, così, il processo di inertizzazione degli stessi.*
- *estrarre dal corpo dei rifiuti il percolato ed il Biogas residui.*
- *ottimizzare la gestione delle acque meteoriche attraverso un sistema di canalette lungo il coronamento della copertura e alla base delle scarpate in modo da garantire il corretto allontanamento di tale apporto idrico dall'area di interesse.*

Gli interventi così previsti, di bonifica e Messa in Sicurezza Permanente del sito contaminato, contribuiscono, insieme ad un processo di attenuazione naturale degli agenti inquinanti, alla bonifica delle acque sotterranee, rappresentando, una alternativa tecnologica di bonifica preferibile in termini di costi - benefici.

4.2. Attività preliminari

4.2.1. Perimetrazione delle aree di lavoro.

Tutti gli interventi saranno ricompresi in un'unica area di cantiere che sarà integralmente perimetrata e recintata. L'area di cantiere comprende l'intera area della discarica peraltro già recintata procedendo alla rimozione della recinzione nel caso essa sia di ostacolo alle attività di movimentazione dei mezzi.

L'accesso al cantiere avverrà attraverso l'attuale ingresso all'area.

4.2.2. Operazioni di pulizia della vegetazione.

Essendo le aree oggetto di intervento attualmente abbandonate, si prevede all'inizio delle attività di eliminare vegetazione infestante presente provvedendo al suo allontanamento quale rifiuto ad impianti autorizzati. In aggiunta si eseguiranno alcune operazioni di taglio localizzato di piante esistenti al fine di consentire l'accesso e la movimentazione dei mezzi di cantiere.

4.2.3. Realizzazione viabilità di cantiere.

Nell'ambito dell'intervento si prevede la realizzazione di una pista di cantiere realizzata con materiale idoneo, e ne consentirà l'utilizzo da parte di autocarri omologati per il transito su strada. La movimentazione dei terreni nelle altre aree avverrà utilizzando esclusivamente mezzi di cantiere in grado di muoversi sull'attuale piano campagna senza eseguire ulteriori modifiche morfologiche.

4.2.4 Riprofilatura del versante.

Poiché nell'area sono stati sversati, successivamente alla chiusura della discarica, grossi volumi di rocce da scavo e materiali edili di risulta che allo stato attuale formano dei cumuli sparsi su gran parte dell'area della discarica, si renderà opportuna una sistemazione di tali materiali inerti riutilizzando tali materiali, previa loro certificazione di legge, con l'obiettivo di addolcire la pendenza del rilievo a beneficio della stabilità complessiva del versante.

Le operazioni di risagomatura delle scarpate saranno realizzate allo scopo di ottenere fronti regolarizzati per la successiva posa dei componenti la copertura definitiva.

La rimodellazione avverrà scavando le zone poste in quota e colmando e compattando quelle di maggior depressione, compensando scavi e riporti, nel rispetto delle curve di livello previste in progetto.

A seguito delle operazioni di rimodellamento nelle varie zone, le superfici del corpo discarica verranno adeguatamente compattate con mezzi idonei al fine di ottenere piani di posa non comprimibili ed adeguati ad assicurare la stabilità dei differenti strati che compongono la copertura definitiva da porre in opera.

Si precisa che tale intervento non interesserà, ovviamente, i rifiuti e nemmeno la coltre di terreno di copertura che è stata disposta su di essi a seguito della chiusura della discarica. Esso sarà limitato esclusivamente ai materiali che sono stati accumulati nel sito successivamente alla chiusura della discarica

4.2.5. Realizzazione piezometri.

I piezometri raggiungeranno una profondità tale da garantire il monitoraggio della falda presente nella fascia di alterazione dei terreni del substrato. Verranno quindi spinti fino alla profondità di affioramento del substrato che nell'area è stimata essere mediamente di 6-8 m. Sarà inserito il tubo piezometrico in PVC atossico in spezzoni filettati da 1,00 o 2,00 m/cad a seconda delle esigenze, di diametro pari a 4 pollici giuntando i diversi spezzoni a bocca foro. Il condizionamento del piezometro sarà eseguito attraverso il riempimento dell'intercapedine perforo-tubazione in corrispondenza dei tratti filtrati con materiale di drenaggio costituito da ghiaia silicea calibrata. Il condizionamento dell'intercapedine continuerà mediante immissione dapprima di argilla bentonitica in palline per uno spessore di 0,50 metri e poi, in corrispondenza del tratto di tubo cieco fino ad arrivare al piano di campagna, l'intercapedine sarà sigillata immettendo miscela cementizia (boiacca) dalla superficie.

A seguito dell'installazione dei piezometri, com'è consuetudine, sarà effettuata la verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti testimone di dimensioni comparabili agli strumenti da utilizzare in seguito per il campionamento delle acque.

4.3. Interventi di Bonifica

4.3.1. Tecniche e tecnologie di bonifica

Per quanto concerne la nozione di "bonifica" essa è definita dall'art. 240, Titolo V, parte IV, del D.Lgs. n. 152/2006 ("Testo Unico Ambientale"), come: *"l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti od a ridurre le concentrazioni delle stesse presenti nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee ad un livello uguale od inferiore ai valori delle concentrazioni soglia di rischio"*.

La scelta della tecnologia più appropriata per l'intervento di bonifica sarà valutata sulla base dei seguenti principi:

- **raggiungimento degli obiettivi di bonifica:**
la tecnologia deve far prevedere il raggiungimento degli obiettivi prefissati desunti dalla normativa o, nel caso tali obiettivi non risultassero raggiungibili, mediante l'applicazione della migliore tecnologia a costi sostenibili.
- **efficacia a lungo e breve termine:**
la tecnologia scelta deve consentire l'ottenimento di risultati duraturi e verificabili. Oltre a consentire effetti duraturi al termine delle operazioni, la tecnologia di bonifica deve anche fornire un'apprezzabile riduzione del rischio per i potenziali ricettori già nelle fasi iniziali dell'applicazione.
- **facilità di realizzazione e gestione:**
la fattibilità tecnica, la disponibilità di materiali e servizi e la semplicità gestionale sono criteri sostanziali nella scelta della tecnologia di intervento. Questo si traduce nella possibilità di minimizzare i costi realizzativi e operativi ed i rischi di mal funzionamento della tecnologia.
- **protezione dell'ambiente fisico e dell'uomo:**
questo criterio si concretizza eliminando o riducendo i rischi di esposizione; oltre a ciò, la tecnologia da adottare non deve determinare impatti diretti o indiretti su matrici diverse da quelle oggetto del risanamento.
- **minimo impatto ambientale:**
si traduce nella scelta di una tecnologia che riduce al minimo il contatto tra l'uomo e le matrici contaminate, l'impatto visivo e sonoro, la produzione di rifiuti secondari, il consumo di risorse energetiche.

Le tecniche disponibili per la bonifica dei siti contaminati possono essere suddivise in due macrocategorie in base a dove ha luogo l'azione di bonifica:

1. *tecniche di bonifica in-situ*
2. *tecniche di bonifica ex-situ*

Inoltre, a seconda della natura del processo, le tecniche in-situ ed ex-situ possono essere:

1. *tecniche Fisico-Chimiche,*
2. *tecniche Termiche,*
3. *tecniche Biologiche.*

4.3.2. Bonifica delle acque sotterranee.

In relazione alla contaminazione delle acque sotterranee, benché i campioni prelevati risultino non conformi ai valori di concentrazione limite di contaminazione nelle acque sotterranee (tab. 2, allegato 5 parte 4 del D Lgs. 152/06), i parametri analizzati rientrano comunque entro i valori limiti di emissione in acque superficiali (tab. 3, allegato 5 parte 3 del D Lgs. 152/06).

In particolare, il campione risultato non conforme, è quello prelevato in corrispondenza del sondaggio S2PC ubicato a valle della vasca di stoccaggio del percolato. Per esso si sono riscontrati valori di alcuni parametri superiori ai limiti stabiliti dalla suindicata tabella 2 e, precisamente:

CAMPIONE	PARAMETRO	VALORE RILEVATO	VALORE LIMITE tab. 2 - all. 5 - p. 4 D Lgs. 152/06	VALORE LIMITE tab. 3 - all. 5 - p. 4 D Lgs. 152/06
S2PC	Solfati	1390 µg/l	250 µg/l	1000 mg/l
S2PC	Piombo	86 µg/l	10 µg/l	0,3 mg/l

Poiché tale campione contaminato è relativo ad un prelievo effettuato a valle della discarica e, precisamente, a ridosso della vasca di stoccaggio del percolato, mentre i campioni prelevati a monte della stessa non risultano contaminati, si presume che la sorgente d'inquinamento delle acque sotterranee sia rappresentata proprio dalla discarica.

A tal proposito si premette che con il presente progetto operativo verranno realizzati interventi di messa in sicurezza permanente (realizzazione del capping di copertura e trincea drenante perimetrale) che porteranno al confinamento della sorgente di contaminazione.

Valutazione delle alternative applicabili

Per la bonifica delle acque sotterranee contaminate, con riferimento alla matrice di screening delle tecnologie di bonifica, messa a punto dall'ISPRA, si è proceduto ad una valutazione di massima delle possibili tecnologie di bonifica applicabili, in relazione alle caratteristiche del sito e dei contaminanti presenti nella falda sotterranea (*Piombo - Solfati*), valutandone gli aspetti positivi e negativi da un punto di vista tecnico ed economico di massima. In particolare sono stati presi in considerazione:

- Pump & Treat, con la captazione delle acque attraverso pozzi barriera o trincee drenanti e trattamento delle stesse con diversi mezzi filtranti.
- Scambio Ionico, in cui gli ioni mobili di una matrice solida sono scambiati con gli ioni aventi simile carica elettrica presenti in soluzione; le matrici di scambio sono in genere solidi porosi costituiti da molecole complesse formate da ioni di una determinata carica. Gli ioni presenti in soluzione possono prendere il posto di questi e fissarsi alle resine, per poi essere recuperati in un secondo tempo.
- Attenuazione Naturale, finalizzata ad un controllo dell'evoluzione delle concentrazioni residue per le quali ci si attende una riduzione consistente in tempi brevi alla luce degli interventi sulle fonti dell'inquinamento previsti nel progetto operativo.

- Phytoremediation

con la captazione delle acque attraverso pozzi barriera o trincee drenanti e l'assorbimento e l'accumulo degli inquinanti in essenze erbacee o arboree iperaccumulatrici.

 ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale		Matrice di screening delle tecnologie di bonifica																									
Composti Inorganici								Composti Organici																			
Arsenico Cadmio Cromo Plombo Mercurio Zinco Altri metalli e composti inorganici								Idrocarburi Aromatici Idrocarburi Policiclici Aromatici Idrocarburi Alifatici clorurati cancerogeni Idrocarburi Alifatici clorurati non cancer. Idrocarburi Alifatici alogenati cancer. Nitrobenzeni Clorobenzeni Fenoli non clorurati Fenoli clorurati Ammine aromatiche Fitofarmaci Diossine e furani Tempi Necessità di manutenzione/ monitoraggio a lungo termine Impatti a breve e lungo termine sulle risorse naturali												Applicabilità e limiti		Casi Studio					
Suolo, sedimenti																											
- trattamento biologico in situ																											
- Bioventing		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Bioremediation		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Phytoremediation		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento chimico-fisico in situ																											
- Ossidazione chimica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Ossidazione elettrochimica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Separazione elettrocinetica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Soil Flushing		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Soil Vapour Extraction		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Solidificazione/Stabilizzazione		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento termico in situ																											
- Trattamento termico		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento biologico ex situ (con escavazione)																											
- Biopile		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Compostaggio		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Landfarming		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Bioreattori		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento chimico-fisico ex situ (con escavazione)																											
- Estrazione chimica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Ossidazione/riduzione chimica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Soil Washing		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Solidificazione/Stabilizzazione		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento termico ex situ (con escavazione)																											
- Incenerimento/Pirolisi		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Desorbimento termico		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- altro																											
- Copertura superficiale (Capping)		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Scavo e smaltimento in discarica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
Acque sotterranee, acque superficiali																											
- trattamento biologico in situ																											
- Bioremediation		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Attenuazione naturale monitorata		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Phytoremediation		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento chimico-fisico in situ																											
- Air Sparging		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Ossidazione chimica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Ossidazione elettrochimica		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- In-Well Air Stripping		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Dual/Multi Phase Extraction		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Barriere permeabili reattive		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento biologico ex situ																											
- Bioreattori		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Lagunaggi		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- trattamento chimico-fisico ex situ (con estrazione delle acque e conferimento in idoneo impianto)																											
- Processi di ossidazione avanzata		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Air Stripping		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Carboni attivi		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Pump and treat		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		
- Scambio ionico		U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	txt	html		

Per l'intervento di bonifica in questione si è optato per la tecnica della **fitostabilizzazione** che si fonda sulla capacità delle piante di immobilizzare gli inquinanti presenti nel suolo e nella falda

acquifera (prevalentemente metalli pesanti) attraverso meccanismi di assorbimento e accumulo all'interno delle radici, adsorbimento sulla superficie radicale e precipitazione nella rizosfera.

4.3.3. Bonifica delle acque sotterranee contaminate. La Fitostabilizzazione

La *phytoremediation* si applica principalmente al trattamento in situ di acque e suoli contaminati; le acque sotterranee e superficiali possono essere pompate e raccolte, e successivamente trasportate in sistemi depurativi che utilizzano le piante (rizofiltrazione), o disperse sul sito di trattamento come acque di irrigazione.

La *phytoremediation* risulta efficace per il trattamento di vaste aree caratterizzate da un livello di inquinamento da basso a moderato, nei casi in cui l'applicazione di tecnologie convenzionali richiederebbe costi troppo elevati.

Nella tabella seguente sono riportati dati raccolti dall'E.P.A. riguardanti le caratteristiche, i meccanismi depurativi coinvolti, le matrici ambientali interessate, i contaminanti trattati, e le piante utilizzate nelle principali fitotecnologie sperimentate:

Fitotecnologia	Meccanismo	Matrice	Contaminanti	Piante
Fitoestrazione	estrazione ed accumulo contaminanti	suolo sedimenti fanghi	metalli (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) radionuclidi (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{239}Pu , $^{238,234}\text{U}$)	<i>Brassica juncea</i> <i>Thlaspi caerulescens</i> <i>Helianthus annuus</i> <i>Alyssum sp.</i> Pioppo ibrido
Rizofiltrazione	estrazione ed accumulo contaminanti	acque superficiali acque sotterranee	metalli radionuclidi	<i>Brassica juncea</i>, <i>Helianthus annuus</i> <i>Eichornia crassipes</i>
Fitostabilizzazione	contenimento contaminanti	suolo sedimenti fanghi	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn	<i>Brassica juncea</i> pioppo ibrido piante erbacee
Rizodegradazione	degradazione contaminanti	suolo sedimenti fanghi acque sotterranee	TPH IPA pesticidi solventi clorurati PCB	<i>Morus rubra</i> <i>Oryza sativa</i> <i>Typha latifolia</i> piante erbacee pioppo ibrido
Fitodegradazione	degradazione contaminanti	suolo sedimenti fanghi acque superficiali acque sotterranee	composti organici solventi clorurati fenoli, erbicidi, esplosivi	Alghe pioppo ibrido <i>Salix nigra</i> <i>Taxodium distichum</i>
Fitovolatilizzazione	estrazione e volatilizzazione contaminanti	acque sotterranee suolo sedimenti fanghi	solventi clorurati Se, Hg, As	<i>Populus sp.</i> <i>Medicago sativa</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Brassica juncea</i>
Barriere idrauliche	degradazione o contenimento contaminanti	acque superficiali acque sotterranee	composti organici e inorganici solubili in acqua	<i>Populus sp.</i> pioppo ibrido <i>Salix sp.</i>
Coperture vegetative	contenimento e degradazione contaminanti, prevenzione erosione	suolo sedimenti fanghi	composti organici e inorganici	<i>Populus sp.</i> piante erbacee
Zone tampone	degradazione contaminanti	acque superficiali acque sotterranee	composti organici e inorganici solubili in acqua	<i>Populus sp.</i>

La **fitostabilizzazione** è una tecnica che si fonda sulla capacità delle piante di immobilizzare gli inquinanti presenti nel suolo e nella falda acquifera: questo avviene attraverso meccanismi di assorbimento e accumulo all'interno delle radici, adsorbimento sulla superficie radicale, precipitazione nella rizosfera, e stabilizzazione fisica del suolo.

La sua applicazione è particolarmente indicata per i contaminanti inorganici, metalli (**Pb**, Cd, As, Cr, Cu, Zn, Se) e radionuclidi (Sr, U, U), ma risulta efficace anche per composti organici idrofobici.

Per garantire l'azione decontaminante delle specie vegetali prescelte e quindi l'efficacia della tecnologia di bonifica scelta, sono previste una serie di attività in campo, quali:

- I. *Controllo delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e l'eventuale modifica delle stesse in termini di pH, concentrazione di sodio, tessitura, in modo da favorire l'attecchimento e il successivo mantenimento delle specie prescelte.*
- II. *Preparazione iniziale del terreno e mantenimento delle condizioni per l'esercizio ottimale dell'impianto mediante una corretta fertilizzazione; le specie previste non richiedono trattamenti fitosanitari e sono state scelte nell'ottica del minor impatto ambientale possibile.*
- III. *Installazione di una serie di pozzi freatici, che sfrutteranno la falda presente nel sottosuolo per l'irrigazione delle piante, previa analisi chimica e idrogeologica della stessa che ne garantiscano l'idoneità d'uso.*

Per garantire la buona riuscita di un intervento di fitobonifica è indispensabile individuare le specie vegetali adatte alla crescita sul particolare sito e al raggiungimento di determinati obiettivi depurativi.

Di seguito si riporta un elenco delle principali caratteristiche delle piante, richieste dalla tecnica di fitostabilizzazione:

- capacità di rimuovere metalli;
- assenza di traslocazione dei metalli dalle radici agli organi aerei (fusti, foglie);
- rapido sviluppo del sistema radicale.

Elemento	Pianta	Origine	Concentrazione (mg/kg di sostanza secca)
Al	<i>Solidago hispida</i>	Canada	6820
As	<i>Agrostis tenuis (capillaris)</i>	Coltivata	2000
Cd	<i>Vallisneria spiralis</i>	India	6242
Co	<i>Haumanistrum robertii</i>	Africa	10200
Cr	<i>Medicago sativa</i>	Coltivata	7700
Cs	<i>Helianthus annuus</i>	Coltivata	alta assorbanza
Cu	<i>Larrea tridentata</i>	USA	23700
Hg	<i>Pistia stratiotes</i>	Pantropicale	1100
Mn	<i>Macdemia neurophylla</i>	Nuova Caledonia	51800
Mo	<i>Thlasi caerulea</i>	Europa	1500-1800
Pb	Brassica juncea	Coltivata	26200

Elenco di piante, appartenenti al database PHYTOREM, con i maggiori valori di accumulo di elementi metallici (modificato da McIntyre, 2003).

La sperimentazione ha permesso di verificare che la **Brassica juncea** (senape indiana) è, perlomeno al momento, la pianta più indicata per un sistema di fitoestrazione.

Nella tabella seguente è riportato un elenco delle varie fasi che caratterizzano la realizzazione di un intervento di *phytoremediation* e che ne determinano il costo totale:

COSTI DI INSTALLAZIONE	COSTI OPERATIVI
▪ preparazione del sito - rimozione di infrastrutture - rimozione di detriti ▪ preparazione del suolo - modificazioni di tipo fisico (aratura) - aggiunta di chelanti - controllo del pH - operazioni di drenaggio ▪ infrastrutture - sistema di irrigazione - sistema di recinzione ▪ piante - semina - manodopera - sistemi di protezione	▪ mantenimento - irrigazione - fertilizzazione - controllo del pH - agenti chelanti - pesticidi - semine successive ▪ monitoraggio - nutrienti nel suolo - pH del suolo - livello di umidità del suolo - stato di nutrizione delle piante - livello di contaminazione delle piante (radici, fusti) - monitoraggio condizioni climatiche ▪ operazioni finali - smaltimento acque di drenaggio/percolato - smaltimento biomasse vegetali

Costi e tempi richiesti da un intervento di fitoestrazione di metalli a confronto con altre tecnologie

Tipo di trattamento	Costi (\$/m ³)	Tempo richiesto (mesi)	Fattori/Costi aggiuntivi	Misure di sicurezza
Fissazione chimica	90-200	6-9	escavazione e trasporto; tempi lunghi di monitoraggio	percolato
Conferimento in discarica	100-400	6-9	tempi lunghi di monitoraggio	percolato
Estrazione chimica	250-500	8-12	minimo 5.000 m ³ , riciclo agenti chimici	Smaltimento residui di processo
Fitoestrazione - Fitostabilizzazione	15-40	18-60	tempi lunghi di gestione dell'area	Smaltimento residui di processo

Dai risultati dei primi studi sulla phytoremediation, è emerso che l'applicazione di questa tecnica avrebbe comportato un notevole vantaggio economico: i costi, infatti, risultano il 40% inferiori rispetto alle tecnologie in situ e il 90% rispetto a quelle ex situ e le spese iniziali per l'avviamento e il mantenimento del sistema sono infatti molto basse, poiché la phytoremediation si basa su processi naturali che non necessitano dell'impiego di macchinari; inoltre, essa si applica principalmente in situ, con l'eliminazione di trasporto del materiale contaminato.

Le operazioni di monitoraggio comportano, invece, costi maggiori rispetto alle altre tecnologie, poiché devono essere eseguite per tempi più lunghi: un intervento di fitobonifica può richiedere anche diversi anni. Infine, un costo aggiuntivo è rappresentato dallo smaltimento delle biomasse vegetali che, al termine del trattamento, presentano alte concentrazioni di contaminanti.

Costi per la caratterizzazione e decontaminazione di un sito di 100 m2.

1	Caratterizzazione dell'inquinamento	600 euro	Una tantum	Totale 600 euro
2	Caratterizzazione nutrizionale del suolo	100 euro	Una tantum	Totale 100 euro
3	Semina	220 euro	Annuale x 10 anni	Totale 2200 euro
4	Monitoraggio	540 euro	Annuale x 10 anni	Totale 5400 euro
5	Raccolta, incenerimento e smaltimento	350 euro	Annuale x 10 anni	Totale 3500 euro

In definitiva, la phytoremediation presenta alcuni vantaggi che la rendono competitiva nel settore delle tecnologie di bonifica, ma allo stesso tempo possiede aspetti di criticità che ne limitano il campo di applicazione:

Vantaggi

- è un sistema a basso costo, ad azione passiva, che funziona ad energia solare e si autoregola;
- è potenzialmente applicabile in località remote e difficilmente raggiungibili;
- oltre all'azione depurativa contribuisce a prevenire i fenomeni di erosione del suolo, di scorrimento delle acque superficiali e di infiltrazione;
- una volta completata la bonifica offre la possibilità di ricostituire un habitat;
- ha un ottimo impatto sull'opinione pubblica, poiché non è una tecnica invasiva ed è particolarmente apprezzata dal punto di vista estetico.

Limiti:

- può essere applicata solo in presenza di livelli di contaminazione da bassi a moderati, che non rappresentino fenomeni di tossicità per le piante;
- richiede lunghi tempi di applicazione, generalmente anni;;
- la profondità che può raggiungere l'azione depurativa delle piante è limitata dall'estensione del sistema radicale;
- condizioni climatiche e idrogeologiche possono restringere il campo di scelta del tipo di pianta che può essere utilizzata;
- sussiste il pericolo di contaminazione della catena alimentare;
- al termine della bonifica, il materiale vegetale eventualmente asportato, deve essere sottoposto a procedure di smaltimento.

Articolazione dell'intervento di bonifica

L'intervento avrà come obiettivo quello di bonificare le acque della falda sotterranea presenti nei terreni immediatamente a valle della discarica. L'areale in cui la falda sotterranea risente degli effetti dell'inquinamento prodotto dalla discarica è, pertanto, limitato ad un'area di circa 5000 m² e perdurerà finché la discarica verrà messa in sicurezza.

La falda che si forma in questi terreni, date le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche degli stessi costituiti da terreni flyschoidi prevalentemente argillosi, è confinata ad uno strato superficiale di alterazione ed allentamento; è una falda a regime temporaneo, alimentata

esclusivamente dalle acque di precipitazione meteorica che si infiltrano nella fascia di alterazione dei terreni quindi assente durante la stagione secca (maggio-settembre).

Tale falda ha una ridotta portata a causa anche della bassa aliquota di infiltrazione delle acque di pioggia viste le caratteristiche di permeabilità dei terreni ($K \approx 10^{-6} \text{ m/sec}$).

Le acque di falda contaminate verranno intercettate mediante una trincea drenante spinta ad una profondità media di circa 6,00 m in modo da attestarla nello strato impermeabile soggiacente la falda. Il dreno verrà ubicato nel terreno a valle della discarica e disposto trasversalmente, secondo la linea di massima pendenza in modo da poter intercettare il maggior volume possibile di acqua sotterranea. La trincea verrà coperta, nella parte superficiale da uno strato di terreno di spessore di almeno 100 cm mentre alla base verrà disposto una tubazione flessibile drenante che avrà lo scopo di convogliare le acque raccolte ad un pozzo di raccolta da realizzare a valle della trincea. La trincea ed il pozzo di raccolta hanno dimensioni e caratteristiche simili a quelle da realizzare perimetralmente alla discarica in quanto proporzionate sulla base degli stessi parametri ricavati dalla relazione di calcolo idraulico **R.03** presente in allegato.

In corrispondenza del pozzo di raccolta e di emungimento, le acque di falda drenate potranno essere campionate ed analizzate per verificarne la compatibilità con i valori limite previsti dalla normativa per lo scarico in acque superficiali; qualora persistano superamenti dei valori di concentrazione limite dei metalli ed in particolar modo del piombo, le acque contaminate verranno emunte ed inviate all'area destinata al trattamento per fitostabilizzazione come acque di irrigazione delle essenze erbacee iperaccumulatrici.

Le essenze erbacee fitostabilizzanti verranno messe a dimora su parte dell'area della discarica, intervento che verrà eseguito nel corso della sistemazione finale dell'area con la messa a dimora di essenze erbacee ed arboree. In questa fase, una superficie di circa 1000 m², definita anche in base ai volumi di acqua di falda raccolti per essere "trattati" mediante l'irrigazione, verrà destinata alla messa a dimora delle essenze iperaccumulatrici. Ciò avverrà previa preparazione iniziale del terreno e successivo mantenimento delle condizioni per l'esercizio ottimale dell'impianto, le specie verranno coltivate per poi essere periodicamente sottoposte a taglio e smaltimento delle biomasse vegetali che presentano alte concentrazioni di contaminanti.

Tale tecnica è stata prescelta per i costi contenuti dell'interventi, per la possibilità di procedere in situ al trattamento e per il suo limitato impatto ambientale, di contro bisogna tener conto che essa porta a buoni risultati se applicata nel medio lungo periodo.

4.3.4 Attenuazione naturale controllata

Oltre all'intervento previsto per la bonifica della falda sotterranea, bisogna tener conto che ai fini del ripristino delle condizioni originarie di qualità delle acque sotterranee, si beneficerà anche di un

intervento meno invasivo di attenuazione naturale controllata (MNA), da intendersi non come un "non intervento", ma piuttosto come una tecnologia compatibile dal punto di vista ambientale, finalizzata ad un controllo dell'evoluzione delle concentrazioni residue per le quali ci si attende una riduzione consistente in tempi brevi alla luce degli interventi sulle fonti dell'inquinamento previsti nel progetto operativo.

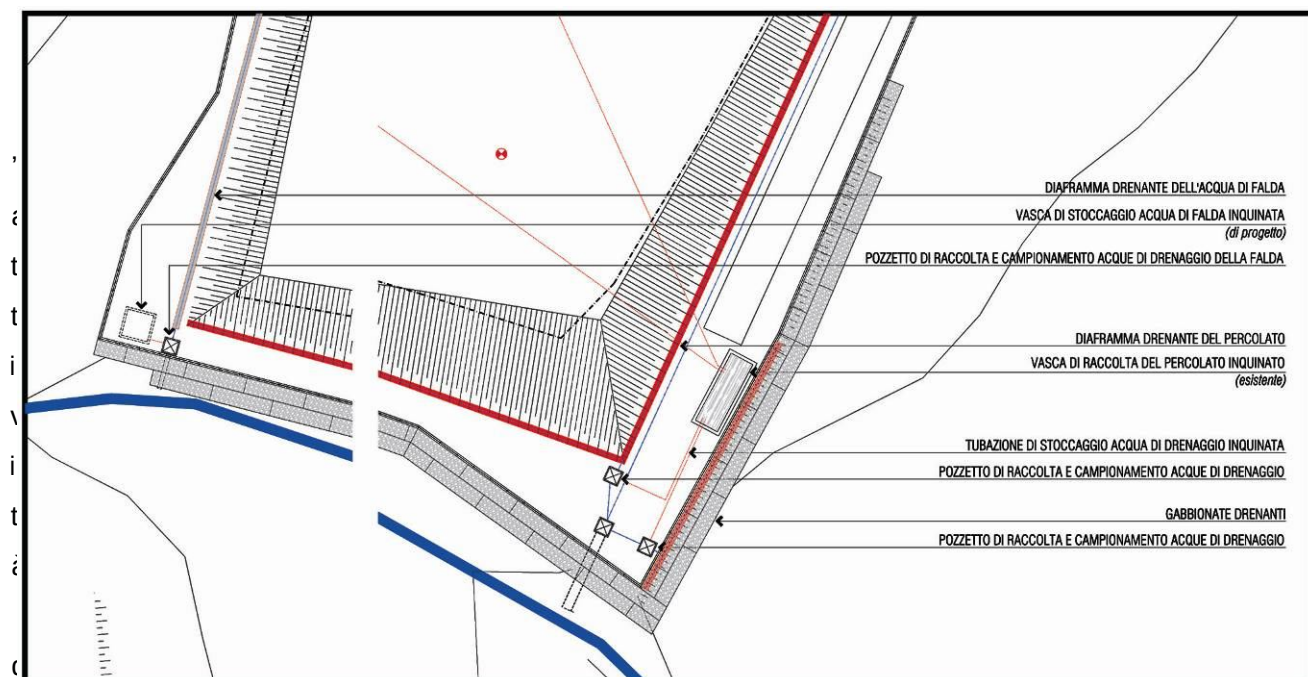
A tal proposito si anticipa che con nell'ambito del progetto operativo verranno realizzati interventi di messa in sicurezza permanente (realizzazione del capping di copertura e trincea drenante perimetrale) che porteranno al confinamento della sorgente di contaminazione.

Alla luce di tali considerazioni, è logico ritenere che i processi di attenuazione naturale, ossia i fenomeni di dispersione, adsorbimento e biodegradazione, determinerebbero comunque una variazione del contaminante in termini di massa, concentrazioni, mobilità ed eventualmente tossicità; azione, questa, che andrà ad incrementare il processo di risanamento della matrice acque sotterranee alla luce dell'intervento di bonifica previsto; pertanto, si associerà alla bonifica anche un'attività di monitoraggio delle matrici ambientali interessate o potenzialmente interessate dalla contaminazione.

A tale scopo è prevista la realizzazione, a perimetro della discarica di un sistema di cintura drenante che ha la funzione di intercettare e drenare le acque della falda sotterranea convogliandole a dei pozzi di raccolta. Qui le acque potranno essere monitorate mediante prelievo periodico di campioni di acqua da sottoporre ad analisi di laboratorio. Se i campioni risulteranno particolarmente contaminati (per superamento delle soglie critiche definite dalla suindicata tabella 3 del D. Lgs. 152/06) esse verranno prelevate ed inviate, mediante impianto di sollevamento, a vasche di raccolta temporanea, appositamente previste, dove saranno stoccate e successivamente inviate ad un impianto di trattamento autorizzato. Nel caso in cui i valori risultassero idonei per lo scarico in corpi idrici superficiali (tab. 3, allegato 5 parte 3 del D. Lgs. 152/06) saranno convogliate per caduta e previa richiesta di autorizzazione allo scarico, al torrente che lambisce il piede della discarica.

Tale sistema drenante, di cui si parlerà nel dettaglio nel paragrafo successivo, sarà suddiviso in sezioni con funzioni differenti:

- una trincea drenante profonda circa m. 6,00, a monte della discarica, avrà la funzione di intercettare e drenare le acque di falda sotterranea;
- una trincea drenante profonda circa m. 5,00, a valle del corpo dei rifiuti, avrà la funzione di intercettare e drenare eventuali perdite di percolato;
- una gabbionata drenante, lungo il confine Nord dell'area, ed a valle della vasca di raccolta del percolato, avrà la funzione di intercettare e drenare il percolato sversato dalla suddetta vasca, qualora si verificherà un malfunzionamento del sistema di estrazione o un mancato smaltimento del percolato stoccato.



Il monitoraggio, in questo intervento ricopre un ruolo rilevante, essa dovrà essere eseguita con adeguata frequenza e ciò comporterà, ovviamente, un maggiore onere rispetto ad un monitoraggio di routine. Inoltre, il monitoraggio deve continuare almeno fino a quando non sono stati raggiunti gli obiettivi della bonifica rispondendo alle seguenti richieste:

- dimostrare che l'attenuazione naturale sta avvenendo in accordo con le aspettative;
- individuare i cambiamenti nelle condizioni ambientali che possono ridurre l'efficacia dei processi di mitigazione;
- identificare i prodotti di trasformazione potenzialmente tossici o più mobili;
- controllare la situazione in prossimità dei recettori e che non vi sia un potenziale impatto su di essi;
- identificare nuovi rilasci di inquinante;
- verificare il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

Il programma di bonifica deve inoltre prevedere un piano di emergenza da applicare qualora si ravvisasse l'inefficacia dei processi di attenuazione naturale o comunque una divergenza dalle aspettative, tale da poter comportare un rischio per l'uomo e l'ambiente.

4.4. Interventi di messa in sicurezza permanente

4.4.1. Confinamento dell'area contaminata

Come accennato al precedente paragrafo, per confinare il corpo rifiuti, impedendo alle acque di infiltrazione sotterranea di venire a contatto con il corpo dei rifiuti, verrà realizzata, lungo il perimetro della discarica, una cintura drenante, di ampiezza minima di cm. 60, riempita

con materiale arido, alla cui base verrà collocato un tubo drenante sfenestrato che convoglierà le eventuali acque accumulatisi sul fondo verso i pozzetti di raccolta posti a valle.

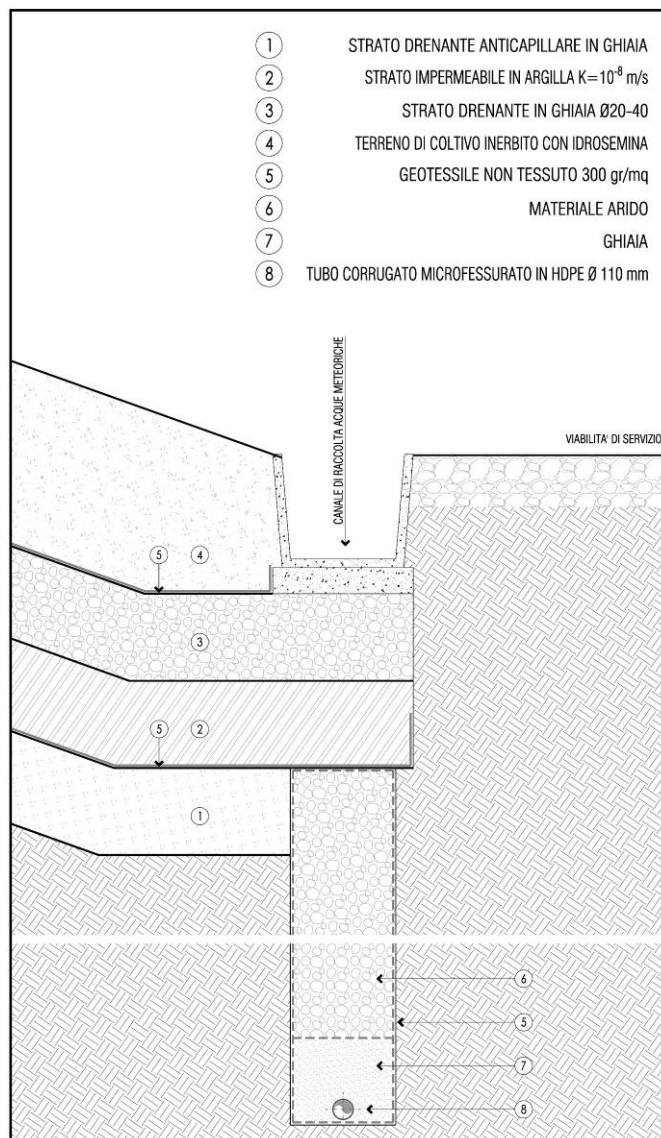
Tale diaframma sarà suddiviso in due sezioni con funzioni differenti:

- a monte della discarica, lungo i lati Sud ed Ovest del corpo dei rifiuti, verrà realizzata una trincea drenante con una profondità media di circa m. 6,00, tale da innestarsi nello strato impermeabile posto al di sotto della falda; tale sezione avrà la funzione di intercettare e drenare le acque di falda sotterranea impedendo, in questo modo, che le stesse attraversino il corpo della discarica; il tracciato di tale trincea sarà posizionato ad una distanza, dal corpo dei rifiuti, tale da evitare che venga drenato anche eventuale percolato.
- a valle della discarica, lungo i lati Nord ed Est del corpo dei rifiuti, ed in prossimità dello stesso, verrà realizzata una trincea drenante con una profondità media di circa m. 5,00 tale da innestarsi nello strato impermeabile posto al di sotto della discarica; tale sezione avrà la funzione di intercettare e drenare eventuali sversamenti di percolato dal corpo rifiuti.

In tal modo, si realizzerà una barriera impermeabile che isolerà il corpo dei rifiuti dal terreno circostante.

Ogni singolo tratto di diaframma drenante si concluderà con pozzetti di raccolta, dove le acque di falda drenate potranno essere campionate ed analizzate per verificare la compatibilità con i valori limite previsti dalla normativa per lo scarico in acque superficiali; qualora tali valori non siano conformi, attraverso un adeguato sistema di emungimento e convogliamento, l'acqua contaminata verrà pompata e stoccata, per le acque di falda drenate, nelle vasche di stoccaggio interrate previste, e per le acque di discarica, nella esistente vasca di raccolta del percolato di discarica.

Considerate le caratteristiche dell'area e la quota d'imposta dello scavo, si prevede che le trincee possano essere realizzate con scavo tradizionale (escavatore a braccio rovescio)



eventualmente realizzando un piano di lavoro ribassato per ridurre l'altezza delle pareti in scavo e renderle compatibili con la stabilità; nella realizzazione di ogni singolo ramo di trincea, sarà opportuno cominciare dalla quota inferiore, in corrispondenza del pozzetto di raccordo ed ispezione, procedendo verso monte; in questo modo, si potrà allontanare l'acqua drenata senza ulteriori interventi e la funzione drenante si potrà esplicare già in fase di costruzione.

Lungo le pareti dello scavo verrà posto un geotessile, di adeguata porosità, in modo da impedire alle particelle più fini del materiale di rinterro di riempire i vuoti presenti nel materiale incoerente della trincea, che così perderebbe la sua funzione drenante; sul fondo dello scavo verrà posto un tubo drenante sfinestrato in HPDE del diametro di 250 mm, che convoglierà le acque drenate nel pozzetto di raccordo ed ispezione; lo scavo verrà poi riempito fino ad una quota di 2 m. dal piano di campagna con materiale arido drenante costituito da pietrisco con pezzatura variabile da 40 a 70 mm.; al di sopra dello strato drenante verrà realizzato un tappo di argilla dello spessore di 1 m. a protezione dello stesso ed infine si procederà alla chiusura dello scavo con terreno vegetale di riporto a ricostituire il profilo topografico del terreno.

All'estremità inferiore di ogni ramo verrà posizionato un pozzetto di raccordo ed ispezione, del diametro di 120 cm, dove sarà possibile procedere con le operazioni di campionatura delle acque drenate e controllo dell'efficacia del sistema.

Ciascun pozzetto sarà collegato ad una vasca di stoccaggio temporaneo, di m. 3,00x3,00x3,00, con struttura in c.a. con soletta di copertura carrabile verificata per carichi di 1ª categoria antisismica e chiusino classe D400, e rivestita internamente con una geomembrana impermeabile in HDPE, dove sarà possibile, attraverso un adeguato sistema di emungimento, convogliare le acque drenate per le quali i parametri analizzati non risultino conformi ai limiti stabiliti dalla normativa.

Il materiale derivante dallo scavo, come già detto, verrà analizzato, e se risulta non contaminato, concorrerà alla riprofilatura del piano topografico del sito.

L'esecuzione della trincea presenta diverse criticità, che dovranno essere prese in conto e risolte nella fase progettuale esecutiva.

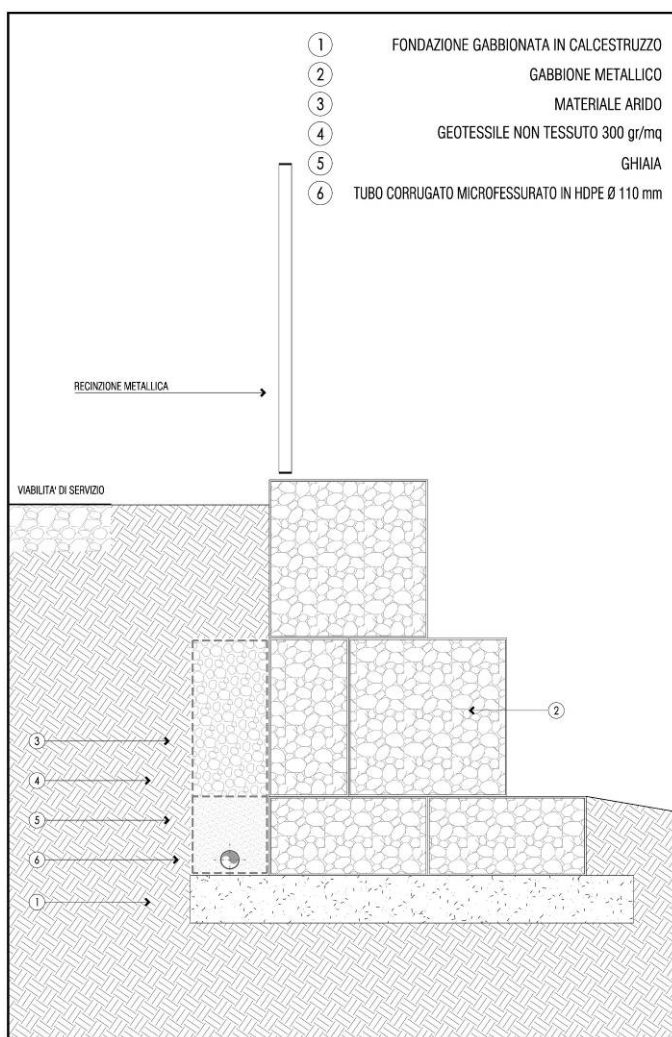
In primo luogo occorre evidenziare come le operazioni di scavo, a causa del tracciato che necessariamente la trincea dovrà avere, potrebbe peggiorare le condizioni di stabilità del versante nel periodo in cui lo scavo rimarrà aperto; per questo motivo, sarà indispensabile che lo scavo resti aperto solo per il tempo strettamente necessario alla realizzazione dell'opera e che la presenza di persone all'interno della trincea durante le lavorazioni sia possibilmente evitata. In questo senso, la tecnica di scavo e le modalità di realizzazione dell'opera dovranno essere valutate attentamente in fase esecutiva.

In secondo luogo, la presenza di acqua, oltre a costituire intralcio allo svolgimento dei lavori, riduce la stabilità dei fronti di scavo; è quindi essenziale che i lavori siano effettuati nel periodo asciutto con riferimento al regime pluviometrico dell'area.

Infine, le pendenze massime compatibili con la stabilità dei fronti di scavo potrebbero comportare volumi in sterro molto superiori rispetto alla sezione teorica dell'opera, anch'essi da valutare attentamente nella progettazione esecutiva dell'opera.

Un ulteriore intervento di confinamento della discarica prevede la realizzazione, lungo il confine Nord dell'area, in prossimità della esistente vasca di stoccaggio del percolato, di una gabbionata drenante, che intercetterà e drenerà il percolato sversato dalla suddetta vasca, qualora si verificherà un malfunzionamento del sistema di estrazione o un mancato smaltimento del percolato stoccato.

Tale trincea sarà formata da alcune file di gabbioni che, interrati fino alla quota del fondo del corpo dei rifiuti, ed avrà la funzione di intercettare e drenare acque contaminate da eventuali perdite di percolato; l'acqua drenata verrà convogliata, attraverso una condotta in HPDE microfessurata del diametro di 110 mm, posta a tergo della gabbionata, in un pozzetto di raccolta ed ispezione dove la stessa potrà essere campionata ed analizzata per verificare la compatibilità con i valori limite previsti dalla normativa per lo scarico in acque superficiali; qualora tali valori non siano conformi l'acqua contaminata verrà pompata e stoccata nella vasca di raccolta del percolato di discarica.



4.4.2. Sistema di captazione e stoccaggio del percolato inquinato

Come già specificato in precedenza, la discarica di Pannarano va distinta in due zone: una, a monte, più vecchia, realizzata senza alcuna vasca impermeabile e senza sistemi di captazione del percolato, ed un ampliamento, a valle, dotato invece di telo impermeabile sul

fondo, ancorché lacerato in più punti, come risulta dal Piano di Caratterizzazione, e di sistema drenante del percolato, collegato direttamente con la vasca di stoccaggio posta lungo il confine Nord dell'area.

In merito alla presenza, attuale, di percolato in corrispondenza dei cavi di stoccaggio dei rifiuti, dall'esame dei dati disponibili si può ipotizzare che non vi sia percolato nei due cumuli di rifiuti.

Per la vecchia discarica tale ipotesi si basa sul fatto che essa è sprovvista di telo di impermeabilizzazione alla base dei rifiuti in quanto all'epoca dell'inizio delle attività di sversamento non ne è stata prevista la realizzazione. Inoltre, la probabilità che questi rifiuti possano originare ancora percolato è molto remota in quanto lo sversamento è terminato da oltre 30 anni per cui i processi di mineralizzazione dei rifiuti si presume siano esauriti.

Nel bacino più recente, realizzato nei primi anni 80' si riscontra la presenza di un telo di impermeabilizzazione della vasca che, come evinto anche dai risultati delle indagini geofisiche eseguite in fase di caratterizzazione, risulta essere lacerato in più punti. Ciò non assicura più la tenuta di eventuali liquami che si formano all'interno della vasca.

La mancata tenuta del telo impermeabile non permette la formazione di accumuli di percolato nel bacino della discarica, le acque di precipitazione che si infiltrano nello strato di terreno di copertura, attraversano i rifiuti e si disperdono nei terreni sottiacenti la discarica. Va tenuto conto, comunque, che lo strato di terreno di copertura pur non essendo stato realizzato in conformità a quanto disposto dalla normativa (DLgs 152/2006) è comunque costituito da terreno argilloso ed ha uno spessore di circa 1,00 metro. La scarsa permeabilità dei terreni utilizzati per la copertura dei rifiuti (Coefficiente di permeabilità $K \approx 10^{-7}$), limita in modo consistente la quantità di acqua che si infiltra ed attraversa i rifiuti.

Una ulteriore considerazione va fatta sulla capacità residua della discarica di produrre ancora percolato. La discarica, infatti, è chiusa da circa 15 anni (2002) pertanto i processi di mineralizzazione dei rifiuti sono già in fase avanzata e la capacità residua di produzione di percolato è limitata.

Nella valutazione dell'impatto del percolato sul sottosuolo ed in particolare sulle risorse idriche sotterranee, bisogna notare che un percolato giovane si presenta con un carico inquinante notevolmente maggiore di uno vecchio. Infatti, non solo al procedere del processo di biostabilizzazione avviene una diminuzione del carico organico presente nel percolato, altresì diminuisce la concentrazione dei metalli pesanti in soluzione, che precipitano sotto forma d'idrossidi e carbonati a seguito dell'aumentare del valore di pH e del decremento del potenziale redox.

Alla luce dello stato di fatto innanzi illustrato, si ritiene che gli interventi da realizzare per eliminare il percolato e ridurre la produzione consistono innanzitutto nell'allontanare il percolato residuo attualmente presente nell'area costituito essenzialmente da quello rilevato nella vasca di stoccaggio posta a valle della vasca.

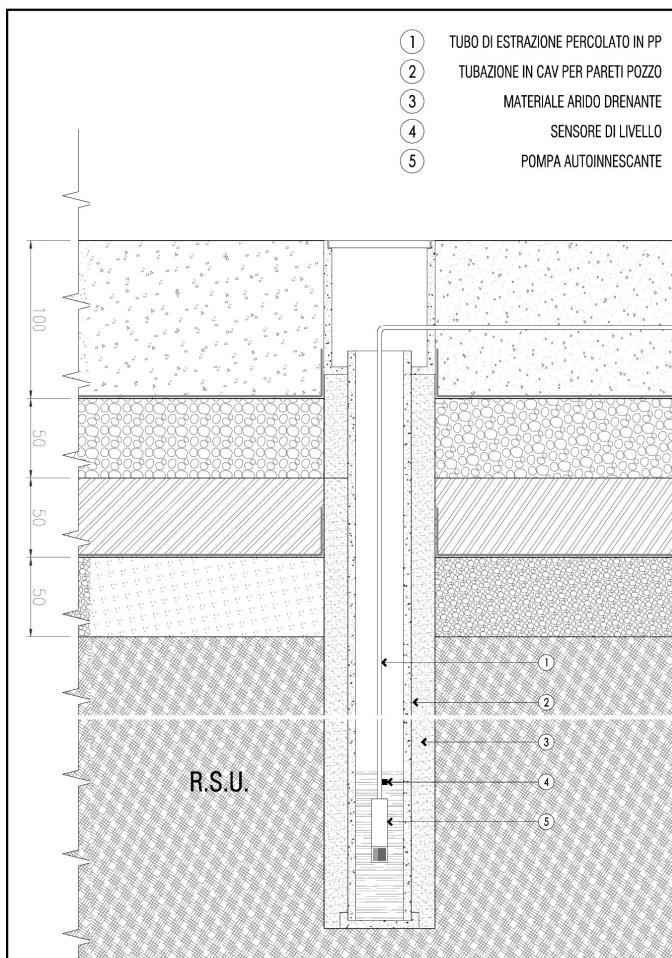
Nella vasca di stoccaggio del percolato, che in parte è interrata ed in parte fuori terra, si riscontra sul fondo, per uno spessore di circa 2,00 m, la presenza di un liquame nerastro che probabilmente è percolato. Il quantitativo complessivo di percolato da smaltire si stima, approssimativamente per eccesso, in circa 50 m³. All'interno dei rifiuti non si prevede di estrarre percolato in quanto non sono stati individuati degli accumuli.

Successivamente bisogna realizzare delle opere che abbiano la funzione di estrarre il quantitativo residuo di percolato che si formerà nella fase di cantiere nel corso della realizzazione degli interventi di bonifica (circa 1 anno) e quello residuale che la discarica produrrà successivamente all'ultimazione delle opere di bonifica e messa in sicurezza. Si presume che i quantitativi di percolato prodotti dopo la realizzazione degli interventi di bonifica saranno molto ridotti in quanto essi risultano direttamente proporzionali ai volumi di acqua disponibile nel sistema poichè i processi fisici e biochimici che si verificano nel corpo della discarica esigono quantità di acqua notevoli. Questa acqua è costituita dal contenuto di umidità dei rifiuti, dagli apporti esterni (meteorici e infiltrazione laterale) e quale prodotto dei processi stessi (idrolisi, acidificazione, acetogenesi e metanogenesi). Gli interventi di bonifica e messa in sicurezza impediranno che i rifiuti possano venire a contatto con le acque superficiali e sotterranee, conducendo ad un rapido esaurimento della quantità di percolato prodotta.

Il dimensionamento delle opere di captazione del percolato è proporzionato alla limitata presenza di percolato nella discarica nonché alle dimensioni areali delle due vasche contenenti i R.S.U., che da una stima approssimativa ammonta complessivamente a circa 4.500 mq.

La distanza fra i pozzi di estrazione del percolato non deve essere superiore ai 50-60 m. La rete di captazione di percolato va dimensionata in base alla produzione specifica di percolato e al volume di influenza dei manufatti di captazione. In base a tali ipotesi, si ritiene che un numero di camini complessivo pari a **2** (ripartiti per ciascuna vasca) sia congruo con l'estensione areale del sito. Essi potranno essere accoppiati ai pozzi di estrazione del biogas, infatti, la tipologia di pozzo precedentemente illustrata consente di svolgere la duplice funzione con conseguente ottimizzazione dei costi di esecuzione. Inoltre si evidenzia che la rete di drenaggio del percolato non è proporzionata ad una ipotesi di produzione di percolato a regime, ma alla luce del fatto che lo sversamento in discarica si è concluso circa 15 anni si tiene conto che la produzione di percolato sia abbastanza esigua e tenda ad un progressivo esaurimento.

Il sistema di drenaggio e captazione del percolato verrà realizzato, quindi, con una serie di **2** pozzi verticali spinti fino alla profondità di circa 6,0 m, costituiti da una gabbia cilindrica di acciaio zincato Φ 6 con maglia 5 x 5 cm, del diametro di circa 300 mm, riempiti di ghiaia grossolana nella quale viene immerso un tubo in polietilene rigido microfessurato del diametro Φ 100 mm. I pozzi dovranno avere la funzione di drenare il percolato all'interno del banco dei rifiuti, in particolare alla base dell'accumulo. Dai pozzi il percolato dovrà essere allontanato per pompaggio e convogliato alla vasca di stoccaggio del percolato per poi essere avviato allo smaltimento.



4.4.3. Camini di estrazione del Biogas

La rete di captazione di biogas va dimensionata in base alla produzione specifica di biogas e al volume di influenza dei manufatti di captazione.

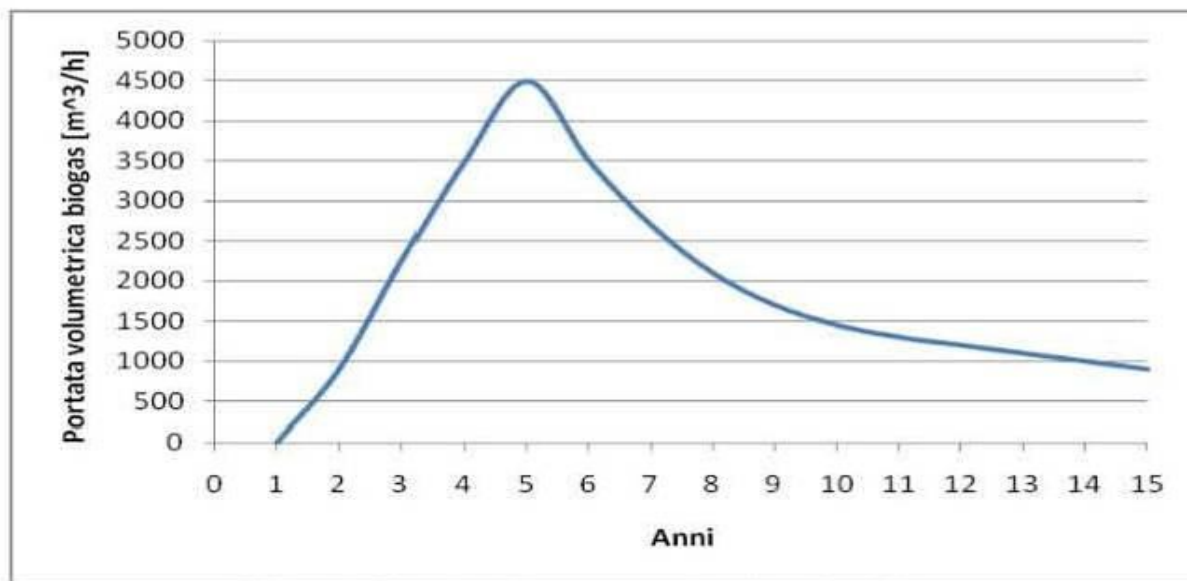
La produzione di biogas, dovuta ai processi biodegradativi del rifiuto, è funzione di una serie di parametri quali:

- la caratterizzazione merceologica dei rifiuti;
- tipologia costruttiva della discarica;
- la tipologia di gestione della discarica;
- percentuale di frazione organica presente nei rifiuti;
- condizioni metereologiche, (piovosità);
- età della discarica.

In realtà non è possibile, sulla base delle conoscenze attuali circa le condizioni al contorno della discarica, formulare ipotesi precise circa la presenza di biogas ed il suo tasso di produzione; infatti, nel contesto di una discarica priva di sistemi di captazione del biogas e di sistemi di contenimento/isolamento della massa di rifiuto abbancato, caratterizzata da emissioni

incontrollate e diffuse, i processi degradativi avvengono in modo disomogeneo risentendo delle influenze esterne in maniera più sensibile rispetto a discariche opportunamente isolate (discariche controllate). Inoltre non si hanno dati certi circa la tipologia ed i volumi di rifiuti conferiti.

Tuttavia, per una valutazione dei volumi di biogas residui, eventualmente presenti nel corpo della discarica, si può fare riferimento a studi effettuati circa la produzione di biogas per discariche R.S.U., la cui composizione merceologica del rifiuto stoccato può essere assimilata a quella riportata nella seguente tabella:



Fonte: Enrico Magnano - *Biogas da discarica* - EPC Libri - Roma

MERCEOLOGIA RIFIUTI		%	Ci	fb	u
MR1	organico - residui alimentari	30,00%	55,00%	70,00%	45,00%
MR2	residui giardino	5,00%	50,00%	70,00%	45,00%
MR3	carta e cartone	20,00%	50,00%	60,00%	8,00%
MR4	tessili e cuoio	2,00%	50,00%	20,00%	10,00%
MR5	legno	4,00%	50,00%	50,00%	20,00%
MR6	plastica e gomma	20,00%	70,00%	0,00%	2,00%
MR7	vetro e inerti	14,00%	0,00%	0,00%	3,00%
MR8	metalli	5,00%	0,00%	0,00%	3,00%

Ci: porzione percentuale di carbonio organico su base secca della porzione di rifiuto;

fb: frazione biodegradabile del Carbonio organico (Ci);

u: contenuto d'acqua della porzione di rifiuto.

fonti: 1) Ing. L. Lombardi, Ing. I. Pecorini - "Elementi di realizzazione di discariche" - Università degli Studi di Firenze
2) E. Magnano - "Biogas da discarica" - EPC Libri Roma

Dati di letteratura indicano che, in genere, la massima produzione di biogas si ha dopo circa 1 anno dalla chiusura e tende a ridursi drasticamente dopo circa 8 anni, quando la componente

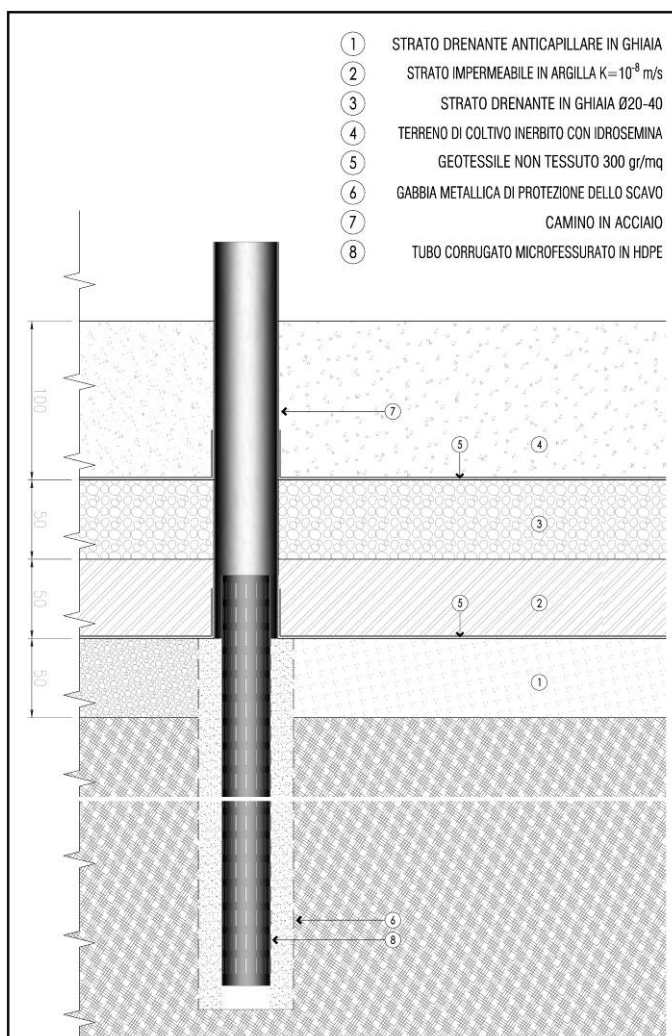
organica a rapida biodegradazione tende ad un progressivo esaurimento asintotico fino alla completa degradazione del materiale presente, così come evidenziato dal grafico seguente:

Nel caso della discarica in esame, il sistema di captazione del biogas sarà realizzato dopo molti anni dalla chiusura (>10 anni), ed alla luce delle considerazioni effettuate le residue quantità di biogas non saranno recuperate a scopo energetico, ma verranno semplicemente estratte ed evacuate attraverso camini, ognuno trattato come singolo sfiato indipendente; in corrispondenza di ciascun camino verranno effettuati i campionamenti previsti dal D. Lgs. 36/2003 e meglio descritti nel Piano di Sorveglianza e Controllo (*elaborato R.09*).

Il fattore determinante nel dimensionamento della rete di captazione è il raggio d'influenza dei pozzi di captazione, che andranno disposti in maniera tale da coprire tutto il volume della discarica, anche se la sua determinazione risulta un esercizio empirico che potrà essere verificato solo in fase sperimentale.

Tuttavia, poiché nelle "Linee guida per le discariche controllate di rifiuti solidi urbani" (Comitato Tecnico Discariche, Cagliari 1997), viene indicato un raggio di influenza "non superiore a 25 m", parametro applicabile anche a discariche per R.S.U. tal quali, con caratteristiche medie, i pozzi di captazione saranno posizionati con una distanza intermedia tra di loro di circa 50 m, e spinti fino alla base del corpo dei rifiuti.

Alla luce delle considerazioni suddette, saranno realizzati n. 4 camini per l'estrazione del Biogas secondo lo schema indicato negli elaborati grafici di progetto. Ciascun pozzo di captazione sarà costituito da tubo filtrante in H.D.P.E. PN 6 (sonda di captazione), posato in opera ben centrato nel foro di trivellazione mediante l'ausilio di appositi distanziatori. La sonda di captazione dovrà essere dotata di fenditure su tutta la parete. Il tubo sonda dovrà essere posato in opera con sistema di giunzione realizzato a mezzo di saldatura di testa o di manicotto filettato, oppure a manicotto flangiato con bulloni in acciaio

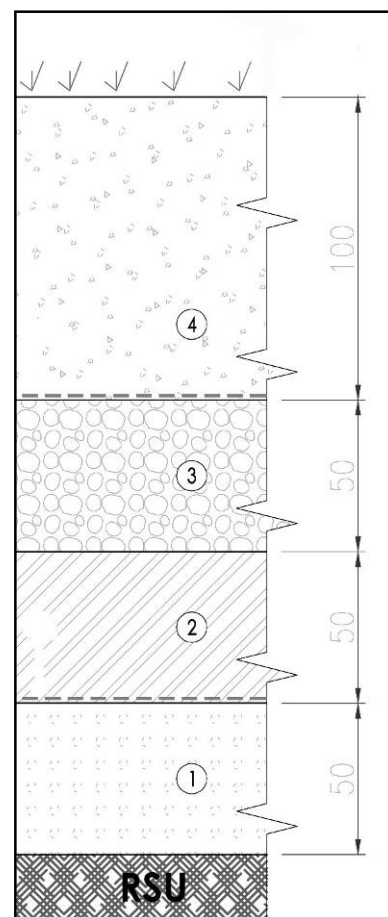


INOX AISI 304. La sonda di captazione sarà inserita in un filtro drenante realizzato con ghiaia di pezzatura 50-100 mm, di tipo non calcareo al fine di evitare l'intasamento del dreno per effetto del verificarsi di pellicole calcaree. Sul fondo del pozzo di trivellazione, ai piedi del tubo sonda, verrà collocato uno strato di ghiaia 16/32 di cm 50 di spessore.

4.4.4. Copertura finale della discarica

Sull'area di stoccaggio dei R.S.U., si prevede una copertura definitiva impermeabile attraverso l'esecuzione di un pacchetto stratigrafico di materiali naturali, così come previsto dal D. Lgs. N. 36/2003, e che, procedendo dal basso verso l'alto, presenta la seguente struttura:

- Preparazione della superficie di posa: la superficie di appoggio sarà livellata tramite limitati interventi di scavo e riporto, fino al raggiungimento delle geometria di progetto; i riporti saranno realizzati con materiale argilloso di risulta degli scavi di cantiere, compattato in modo da eliminare solchi e materiale sciolto in precario equilibrio; saranno rimossi gli elementi sporgenti quali sassi, radici o asperità di qualunque genere.
1. strato di rottura capillare e drenaggio del biogas,
di spessore 50 cm, composto da pietrisco avente granulometria tra 20 e 40 mm.
 2. strato impermeabile di argilla compattata,
di spessore di 50 cm, con conducibilità idraulica $K = 10^{-8}$ m/s; il materiale argilloso verrà disposto in strati non superiori a 15 cm., e compattato fino al raggiungimento del valore di permeabilità stabilito.
 3. strato drenante,
protetto da eventuali intasamenti, di spessore 50 cm, per impedire la formazione di battente idraulico sugli strati sottostanti, anch'esso composto da pietrisco avente granulometria tra 20 e 40 mm.
 4. strato superficiale di terreno vegetale
di spessore 100 cm, idoneo allo sviluppo di specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e che fornisca una protezione adeguata contro l'erosione e protegga le barriere sottostanti dalle escursioni termiche.



Per la protezione antierosiva delle scarpate, si provvederà alla posa di una geostuoia, ancorata in una apposita trincea secondo le dimensioni di progetto e quindi successivo fissaggio. Prima della posa delle bioreti sarà effettuata la idrosemina della superficie.

4.5. Interventi di sistemazione finale e ripristino ambientale

4.5.1. Sistema di regimazione delle acque meteoriche

Il sistema di regimazione delle acque meteoriche sarà realizzato in modo tale da captare tutte le acque di ruscellamento presenti sulla superficie della discarica e recapitarle all'interno di un pozzetto di raccolta, posto a valle della discarica, presso cui sarà possibile verificarne le caratteristiche chimiche e la compatibilità delle stesse con i limiti previsti dal D.Lgs. 152/06 per lo scarico nel reticolo superficiale. Dal pozzetto sopra indicato, le acque meteoriche canalizzate verranno scaricate nel torrente a valle della discarica.

Il sistema di raccolta, in particolare, sarà costituito da un canale sommitale posto lungo i bordi delle scarpate, previsto nel dimensionamento come un canale a sezione semicircolare avente diametro interno pari a 30 cm.; le acque raccolte da tale canale sommitale saranno trasferite tramite una serie di canalette ad embrici verso il canale di guardia posto al piede delle scarpate, lungo il perimetro della discarica. Esso avrà dimensioni variabili in relazione all'estensione delle superfici che dovrà drenare e sarà costituito da due linee in progetto che, perimetrando l'intero corpo discarica, saranno in grado di convogliare le acque al pozzetto di raccolta sopra citato.

4.5.2. Interventi di sistemazione finale

- **Gabbionate.** A valle della discarica lungo il torrente posto ad Est e parzialmente lungo il confine a Nord, si prevede la realizzazione di gabbionate in pietrame rinverdite realizzate con gabbioni del tipo a scatola di dimensioni m. 1 x 2 x 1, realizzati in rete metallica zincata a doppia torsione a maglia esagonale 8x10 cm - filo di acciaio zincato $\varnothing$ 3,0 mm, riempiti in loco con pietrisco di pezzatura minima 15 cm, disposti su due file parallele sovrapposte e sfalsate di 50 cm. Per garantire il buon comportamento strutturale è necessaria un'accurata esecuzione del riempimento in pietrame, pietrame con un elevato peso specifico, non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.
- **Cortina arborea.** Per garantire un adeguato reinserimento ambientale dell'area oggetto di bonifica e mascherare le installazioni impiantistiche esistenti, è previsto da progetto l'inserimento di una cortina arborea da realizzare con specie vegetali autoctone lungo tutto il perimetro della discarica.
- **Recinzione.** Gli interventi di messa in sicurezza permanente della discarica prevedono anche la realizzazione di una nuova recinzione, previa rimozione di quella esistente. Essa sarà realizzata mediante una rete elettrosaldata plastificata, sostenuta da pali in acciaio. L'accesso principale rimarrà ubicato nell'attuale posizione e sarà regolato da un cancello, anch'esso in progetto e previsto di luce pari a 4 m, che normalmente rimarrà chiuso.
- **Pista di servizio.** Nell'ambito di tale progetto è prevista la realizzazione di una pista di servizio, di larghezza pari a 4 m, in grado di consentire agli operatori di effettuare le periodiche attività di manutenzione. Si prevede che tale pista venga realizzata con una massiciata in misto granulare stabilizzato con legante naturale di 30 cm, posata in opera in due strati di 15 cm, successivamente compattati.

5. VERIFICA FINALE E MONITORAGGIO

Per verificare l'efficacia degli interventi di messa in sicurezza permanente, al loro termine sarà avviato un piano di monitoraggio e controllo. Essendo tali interventi finalizzati all'interruzione dei fenomeni di migrazione degli inquinanti dal suolo alle acque sotterranee, la verifica avverrà mediante il monitoraggio della concentrazione dei relativi parametri nelle acque di falda, per la durata imposta dalla normativa vigente (30 anni dalla chiusura definitiva della discarica).

5.1. Rete di monitoraggio

Le campagne di monitoraggio interesseranno i piezometri realizzati appositamente per seguire l'evolversi del fenomeno fino al totale annullamento dell'inquinamento; è inoltre prevista l'installazione di una centralina per il monitoraggio dei parametri meteo climatici, e la installazione di capisaldi topografici per il monitoraggio della stabilità del corpo della discarica; sono, infine, previsti punti di campionamento delle acque superficiali e di drenaggio, del percolato e del biogas di discarica, come specificato nell'allegato 1 del Piano di Sorveglianza e Controllo (*elaborato R.10*).

5.2. Piano di Monitoraggio e Controllo

Il controllo e la sorveglianza saranno condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente con riguardo ai parametri ed alle periodicità individuate, in relazione ai seguenti elementi:

- *percolato;*
- *acque superficiali di drenaggio;*
- *qualità dell'aria;*
- *gas di discarica;*
- *acque sotterranee;*
- *parametri meteorologici;*
- *stato del corpo della discarica.*

Le frequenze e le tipologie dei monitoraggi da eseguire, in fase di gestione post-operativa, sono quelle definite nell'allegato 2 del D.Lgs. n. 36/2003.

Per una più dettagliata descrizione del piano si rimanda al relativo elaborato.

5.3. Piano di Gestione post-operativa

Nel piano di gestione operativa è riportata la descrizione delle manutenzioni da effettuare finalizzate a garantire che anche in questa fase il processo evolutivo della discarica, nei suoi vari aspetti, prosegua sotto controllo, in modo da condurre in sicurezza la discarica alla fase ultima, in cui si può considerare praticamente inesistente l'impatto dell'impianto sull'ambiente.

Vengono pertanto individuate in particolare le operazioni relative a mantenere in buona efficienza:

- *recinzione e cancelli di accesso;*
- *rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche;*
- *viabilità di servizio;*
- *sistema di drenaggio del percolato;*
- *sistema di captazione del biogas;*
- *sistema di impermeabilizzazione sommitale;*
- *copertura vegetale*

Inoltre, per la tipologia di bonifica prevista per le acque sotterranee contaminate, riveste particolare importanza la gestione del processo di trattamento per tutto il periodo di bonifica stimato.

La gestione del sistema prevede tutti gli interventi necessari ad effettuare il ciclo di trattamento delle acque contaminate,

Nel corso del trattamento il terreno sarà concimato, fertilizzato e irrigato secondo le esigenze, e sottoposto a trattamenti di mobilitazione dei contaminanti con EDTA. L'andamento e l'efficacia del trattamento di fitodepurazione verranno monitorati attraverso l'esecuzione di analisi di laboratorio condotte su campioni di biomassa, di terreno e di acqua di irrigazione.

Il programma di coltivazione prevede che la raccolta verrà eseguita nel periodo di massima produzione di biomassa verde per impedire la possibile interazione fra la fauna presente nella zona e le colture utilizzate per il trattamento; la biomassa asportata sarà smaltita adeguatamente.

Una volta raggiunte nel terreno le concentrazioni obiettivo di contaminanti, il terreno stesso sarà vagliato per separare e rimuovere gli apparati radicali che saranno conferiti in discarica. Infine, il terreno bonificato sarà prelevato e ricollocato in area di stabilimento.

Le manutenzioni in fase di gestione post-operativa del sistema di fitostabilizzazione, riguarderanno essenzialmente tutte le sezioni dell'impianto di sollevamento e di irrigazione accessibili dall'esterno.

Per una più dettagliata descrizione del piano si rimanda al relativo elaborato.

6. PIANO DI RIPRISTINO AMBIENTALE

L'aspetto più importante da prendere in considerazione nell'intervento di riqualificazione della discarica, è l'inserimento paesaggistico nel contesto ambientale.

L'obiettivo primario è dunque quello di conferire all'area un'immediata stabilità ambientale e di migliorare le condizioni ecologiche in modo da rendere possibile tale inserimento.

Il secondo obiettivo consiste invece nel rendere le scelte progettuali coerenti con l'ambiente circostante.

I lavori comprendono sia interventi di miglioramento del terreno, fondamentali in una situazione ambientale critica come questa, sia operazioni di rinverdimento vero e proprio con semine e impianti arbustivi e arborei.

Il ripristino ambientale avverrà gradualmente; la ripartizione degli interventi nel tempo consentirà l'assestamento del terreno e il miglioramento della fertilità preparando il campo alle specie più esigenti.

All'inerbimento si provvederà con l'idrosemina e seguirà un'irrigazione volta ad ottenere una pronta risposta da parte della vegetazione; si procederà anche ad un intervento di piantumazione di essenze arboree.

Per una più dettagliata descrizione del piano si rimanda al relativo elaborato.

7. DURATA DEI LAVORI

Il tempo utile per l'ultimazione dei lavori, come si evince dal Cronoprogramma dei Lavori allegato al presente progetto, tenendo conto dei tempi contrattuali ed in considerazione dei luoghi facilmente accessibili e delle categorie di lavoro da eseguire, è fissato in 150 (centocinquanta) giorni naturali e consecutivi.

Dal quadro di incidenza percentuale della manodopera risulta un importo relativo a tale voce pari ad € 86.100,71 pari ad una incidenza del 18,87% dell'importo dei lavori

8. CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Al presente progetto è allegato il Capitolato Speciale d'Appalto, al quale si rimanda, oltre che al Capitolato Generale ed alla normativa vigente, riguardo le modalità di presentazione e di approvazione dei componenti da utilizzare, le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, le norme per la misurazione e valutazione dei lavori e gli aspetti contrattuali.

9. SICUREZZA

Il presente progetto è completo del Piano di Sicurezza e Coordinamento, ai sensi del D. Lgs n. 81/08, e dal Piano di Manutenzione delle opere realizzate.

I costi per l'attuazione delle misure di sicurezza (diretti ed indiretti) risultano inseriti nel quadro economico che segue tra le somme per lavori non soggetti a ribasso d'asta.

10. VALUTAZIONE DEI COSTI

In questo paragrafo si valutano i costi di bonifica e messa in sicurezza permanente del sito e gli oneri di gestione e controllo nella fase post-operativa della discarica, così come specificato nei relativi elaborati.

10.1. Stima dei costi di bonifica e MSP

Il costo dell'intervento stimato tiene conto dei lavori occorrenti per assicurare la funzionalità della parte di struttura progettata, con computo metrico preventivo di stima, in cui i prezzi unitari applicati alle varie categorie di lavori da eseguire sono stati desunti dal Tariffario vigente delle Opere Pubbliche della Regione Campania approvato con Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 25 del 29.01.2013; per le categorie di lavoro, i cui prezzi di riferimento non sono compresi nel Prezzario citato, si è fatto riferimento a Tariffari ufficiali di altre Regioni o si è proceduto ad elaborare apposite Analisi dei Prezzi i cui prezzi elementari sono stati dedotti da listini ufficiali o dai listini delle locali camere di commercio ovvero dai prezzi correnti di mercato, il tutto ai sensi dell'art. 27 del D.lgs. 50/2016.

Il totale dei lavori così come da computo metrico estimativo è da appaltarsi a corpo secondo le categorie indicate nello schema di seguito riportato:

importo complessivo di ogni categoria di lavoro				
N	categorie di lavori ed oneri	LAVORI COMPENSATI		
		a corpo	a misura	%
001	demolizioni - rimozioni - preparazione dell'area		€ 68.551,60	7,23
002	sistema di captazione ed estrazione del percolato		€ 90.461,76	9,53
003	sistema di captazione del Biogas di discarica		€ 7.638,96	0,78
004	interventi di messa in sicurezza permanente		€ 437.977,95	46,18
005	Interventi di bonifica delle acque di falda contaminate		€ 62.796,87	6,62
006	rete di monitoraggio e controllo		€ 11.880,34	1,25
007	sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche		€ 76.062,44	8,02
008	interventi di riqualificazione ambientale		€ 192.884,01	20,34
totale lavori			€ 948.253,93	100,00
oneri per Piano di Sicurezza e Coordinamento (non soggetti a ribasso)			€ 15.000,00	
totale importo contrattuale			€ 963.253,93	

In base all'importo dei lavori desunto dal computo metrico estimativo, e alle voci di spesa da considerare per le somme a disposizione, è stato redatto, in conformità all'art. 23 del d.lgs. n. 50 del 2016 ed alla D.G.R. n.1304/07, il seguente quadro economico dell'intervento:

A LAVORI	
- Importo dei lavori	€ 948.253,93
- oneri indiretti per l'attuazione dei Piani di Sicurezza e Coordinamento	€ 15.000,00
IMPORTO COMPLESSIVO LAVORI € 963.253,93	
B SOMME A DISPOSIZIONE DELL' AMMINISTRAZIONE	
- rimborsi su fattura per oneri di smaltimento	€ 19.265,10
- allacciamenti ai pubblici servizi	€ 5.000,00
- imprevisti	€ 48.162,79
- acquisizione di aree o immobili (<i>occupazione di suolo</i>)	€ 10.000,00
- accantonamento di cui all'art. 23 del d.lgs. n. 50 del 2016	€ 14.000,00
- spese tecniche:	€ 95.000,00
- spese per gara d'appalto	€ 17.500,00
- I.V.A ed eventuali altre imposte :	€ 127.818,18
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE € 336.746,07	
IMPORTO TOTALE DEL PROGETTO	€ 1.300 .000,00

10.2. Stima dei costi di gestione e controllo

- 1-) per l'attuazione del Piano di Sorveglianza, si stimano un costo di realizzazione della rete di monitoraggio di € 11.458,44, ed un costo annuo per controlli, analisi e sopralluoghi, di € 42.323,32, per l'intera durata della gestione post-operativa.
- 2-) per le attività di manutenzione e gestione, si stima un costo annuo di € 25.000,00, per l'intera durata della gestione post-operativa .

PANNARANO, giugno 2017

Per l'Ufficio Tecnico