

COMUNE DI TORRE ORSAIA

PROVINCIA DI SALERNO



POR CAMPANIA FESR 2007 - 2013 Ob. 1.2
PIANO REGIONALE DI BONIFICA DGR n.175/2013 E n. 601/2013

**INTERVENTI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DEFINITIVA DELLA
EX DISCARICA COMUNALE IN LOCALITA' "SAN BIASE", COMUNE DI TORRE
ORSAIA(SA)**

**PROGETTO ESECUTIVO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA
PERMANENTE**



Via Antica Consolare Campana,
48/b
80016 Marano di Napoli (NA)
tel.: +39 081.576.29.95 -
fax: +39 081.576.08.36
email: info@geomappe.com

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Progettisti:

Dott. Geol. A. Di Nardo,

Ing. T. Pelella

Codice documento: DOC-RT-002

0	Emissione				16/10/2015
REV	OGGETTO	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

PROGETTO ESECUTIVO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

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

**EX DISCARICA COMUNALE TORRE ORSAIA (SA)
LOCALITA' "SAN BIASE"**

Relazione Tecnica Generale

INDICE

1	OBIETTIVI	5
2	RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI DISPONIBILI	6
2.1	DESCRIZIONE DEL SITO	6
2.2	EVOLUZIONE STORICA.....	7
2.3	DESTINAZIONE URBANISTICA E VINCOLI INSISTENTI SULL'AREA	8
2.4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	10
2.4.1	Assetto geologico	10
2.4.2	Assetto geomorfologico.....	11
2.4.3	Assetto strutturale	12
2.4.4	Caratteristiche idrologiche e idrogeologiche	12
2.5	RACCOLTA DEI DATI AMBIENTALI.....	15
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	21
3.1	NORMATIVA IN MATERIA DI BONIFICA DEI SUOLI CONTAMINATI	21
3.2	NORMATIVA IN MATERIA DI DISCARICHE DI RIFIUTI	22
4	INTERVENTI IN PROGETTO	24
4.1	ATTIVITÀ PRELIMINARI.....	24
4.1.1	Rimozione del massetto in cls e dello sversatoio	25
4.1.2	Pulizia delle aree di lavoro	25
4.1.3	Allestimento e Installazione della Piattaforma di Decontaminazione	25
4.1.4	Installazione delle Strutture Temporanee di Servizio	26
4.2	INCAPSULAMENTO.....	27
4.3	REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE E DI FALDA	30
4.4	OPERE DI DRENAGGIO DEL PERCOLATO	31
4.5	RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE	32
4.6	CRONOPROGRAMMA.....	33

4.7	MONITORAGGIO POST OPERAM.....	34
5	ANALISI DELLE TECNICHE DI BONIFICA.....	34
5.1	PUMP & TREAT.....	34
5.2	BARRIERE REATTIVE PERMEABILI (PRB)	36
5.3	STABILIZZAZIONE E VETRIFICAZIONE	41
5.4	BARRIERE FISICHE IMPERMEABILI	43
5.5	CONFRONTO	48
6	QUADRO ECONOMICO	49

RELAZIONI SPECIALISTICHE

- Documento 01 – Elenco degli elaborati**
- Documento 02 – Relazione Tecnica Generale**
- Documento 03 – Relazione Paesaggistica**
- Documento 04 – Relazione di compatibilità Geologica**
- Documento 05 – Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica**
- Documento 06 – Studio di impatto ambientale e di fattibilità ambientale**
- Documento 07 – Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici**
- Documento 08 – Piano di sicurezza e coordinamento**
- Documento 09 – Piano di manutenzione e gestione dell'opera**
- Documento 10 – Piano di monitoraggio post-operam**
- Documento 11 – Relazione sulla gestione delle materie**
- Documento 12 – Cronoprogramma**
- Documento 13 – Elenco prezzi unitari e Analisi Nuovi Prezzi**
- Documento 14 – Computo metrico**
- Documento 15 – quadro economico**
- Documento 16 – capitolato speciale d'appalto**
- Documento 17 – Schema di contratto**

TAVOLE GRAFICHE ALLEGATE

- Tavola 01 – Rilievo fotografico**
- Tavola 02 – Rilievo topografico di dettaglio**
- Tavola 03 – Configurazione stato attuale della discarica**
- Tavola 04 – Piano di attuazione del PSC**
- Tavola 05 – Configurazione stato finale della discarica**
- Tavola 06 – Capping**
- Tavola 07 – Rete di drenaggio**
- Tavola 08 – Piano di monitoraggio**

1 OBIETTIVI

La presente Relazione Tecnica Generale, con relative Relazioni Specialistiche e Tavole Grafiche, è finalizzata alla descrizione delle modalità operative relative alle attività di bonifica e messa in sicurezza permanente della ex discarica comunale di Torre Orsaia, ubicata in località “San Biase”, ai sensi dell’ex art 242 D.Lgs n 152/06 e s.m.i. L’attività rientra nella Programmazione degli interventi a valere sull’Obiettivo Operativo 1.2 – POR Campania FESR 2007/13 di cui al D.G.R. n.175 del 03.06.2013 e D.G.R. n. 601 del 20.12.2013.

Le attività da svolgersi dovranno attenersi a quanto indicato nella presente Relazione Tecnica Generale, relative Relazioni Specialistiche e Tavole Grafiche: eventuali modifiche potranno essere suggerite dal Fornitore sulla base dell’esperienza professionale, e andranno comunque discusse e concordate preventivamente con la Stazione Appaltante

Il Fornitore sarà responsabile della fornitura di tutta l’attrezzatura e dei materiali necessari per svolgere i lavori di seguito descritti, nonché della dovuta forza lavoro.

I materiali da impiegarsi e le modalità d’esecuzione dei lavori in oggetto dovranno essere in ogni dettaglio conformi ai regolamenti, alle normative, agli standard ed ai criteri di sicurezza richiesti sul territorio nazionale.

Dovranno essere rispettate, inoltre, le norme e le procedure di sicurezza in vigore presso il sito.

2 RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI DISPONIBILI

In questa sezione si riportano tutti i dati raccolti per descrivere in dettaglio il sito e l'area al contorno oggetto dell'intervento di bonifica e messa in sicurezza permanente. Per avere un quadro esauriente sulle caratteristiche della discarica e del contesto in cui è inserita, sono stati consultati diversi documenti acquisiti presso Enti Territoriali di riferimento, ai documenti del piano d'indagini preliminare, del piano di caratterizzazione e dell'analisi del rischio approvati per il sito in oggetto.

2.1 Descrizione del sito

La discarica di proprietà comunale è ubicata immediatamente a valle della SS 18 Tirrena Inferiore, Km 195, in località "San Biase".

L'area ospitante il bacino di discarica si trova ad una quota media di circa 220m.s.l.m. ed ha una estensione complessiva di 10.000 mq, dei quali il bacino della discarica ne occupa 4.500 mq.

Il comprensorio comunale confina con i comuni di Rofrano e Caselle in Pittari, a Nord, con il Comune di Morigerati ad Est, con il Comune di Santa Marina a Sud-Est, con il Comune di San Giovanni a Piro a Sud e, infine, il Comune di Roccagloriosa ad Ovest.

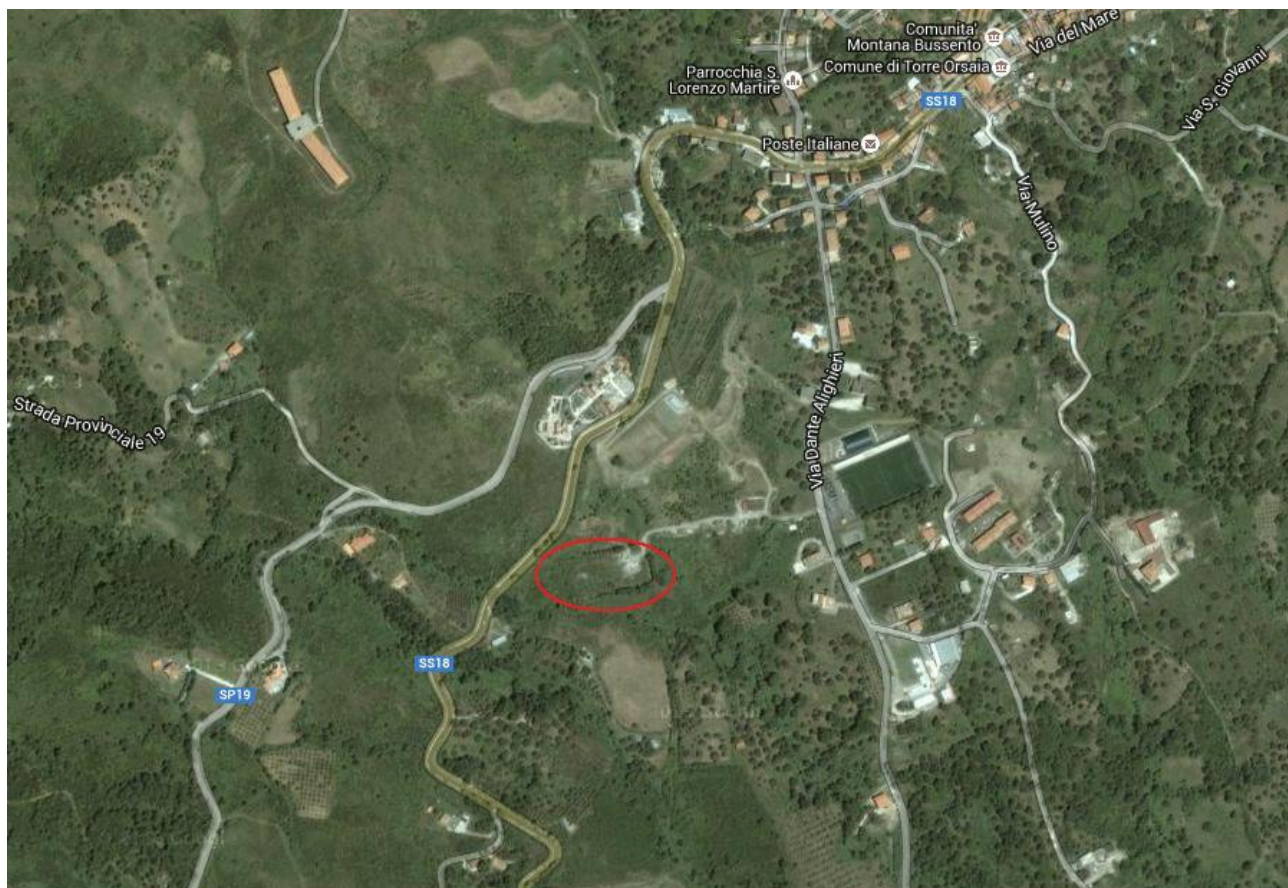


Figura 2.1 - Inquadramento dell'area

2.2 Evoluzione storica

Le attività di conferimento dei rifiuti nella discarica del Comune di Torre Orsaia hanno avuto inizio a far data dal dicembre 1993 a seguito dell'autorizzazione del Presidente della Regione Campania n. 16058 del 17.12.1993.

L'autorizzazione aveva validità fino ad esaurimento dell'invaso di circa 12.000 mc, come indicata nel progetto approvato con delibera di Giunta Regionale n.3277 del 29.07.1988 in conformità e con le modalità di conferimento e coltivazione della discarica per R.S.U. previste dal D.P.R. 915/1982, dalla Deliberazione del Comitato Interministeriale del 27.07.1984. L'autorizzazione, inoltre, disciplinava anche le modalità di chiusura definitiva della discarica.

A seguito di accertamento da parte della autorità giudiziaria, il sito in oggetto veniva sottoposto a sequestro in data 15.07.2002 a causa del superamento delle quantità massime di rifiuti abbancabili in discarica.

Il 24.07.2002 parte dell'area della discarica veniva dissequestrata per il deposito di cassoni scarrabili per la raccolta degli R.S.U..

Il Censimento dei siti Potenzialmente Inquinati (CSPI), effettuato dalla Regione Campania, ha inserito la discarica, oggetto del presente progetto, nell'elenco di cui all'allegato B del Decreto Regionale n. 208 del 03/04/2006 (Codice sito: 5149C001).

Il POR Campania 2000/2006 – Misura 1.8– DGR n. 400 del 28.03.2006 e DD n. 208 del 03.04.2006, ha previsto la realizzazione di attività di indagini preliminari delle discariche comunali e consortili inserite nel Censimento Siti Potenzialmente Inquinanti (CSPI) del Piano Regionale di Bonifica, pubblicato sul BURC n. speciale del 09.09.2005.

La suddetta Delibera di Giunta Regionale 400/06 approvava i criteri e indirizzi per la definizione del "Piano delle Investigazioni Preliminari" redatto dal Gruppo Tecnico nominato con Ordinanze Commissariali numeri 248/03 e 328/03.

A seguito di tali attività preliminari, l' ARPAC ha comunicato che sono risultati inquinati, ai sensi della normativa vigente, numero 151 siti.

Per tali siti si rendeva necessario procedere alla successiva fase di caratterizzazione ad integrazione delle indagini già svolte. A tal fine la Regione Campania AGC 05 Settore Tutela Ambientale con D.D. n. 911 del 07/11/2006, ha determinato che tutti i Comuni riportati nell'Allegato A del medesimo decreto dirigenziale, potessero procedere all'avvio delle attività di caratterizzazione ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006, stabilendo il finanziamento per tali attività in Euro 20.000,00 ad ettaro di discarica indagata.

Allo stesso tempo si è incaricato l' ARPAC, in quanto Ente Strumentale della Regione con esperienza specifica nel settore dei siti inquinati, per l'attività di coordinamento degli interventi di caratterizzazione, successiva validazione dei risultati e conseguente aggiornamento dell'Anagrafe dei Siti Inquinati.

Il Comune di Torre Orsaia ha puntualmente eseguito quanto previsto dal D.D.911/06, punto 1, e ha proceduto all'affidamento dei servizi di caratterizzazione della discarica comunale in Loc. "San Biase".

Il piano di caratterizzazione è stato approvato ed eseguito nel Settembre del 2008, concludendosi con l'accertamento del superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), e dunque con la necessità di procedere alla redazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica ai sensi del D.lgs 152/06 e s.m.i. L'Analisi di Rischio sito-specifica è stata redatta e successivamente approvata nell'Ottobre del 2009. Nel caso in esame l'indice di pericolosità per la falda derivante dalla stessa matrice ambientale "falda" ovvero dalla migrazione verso il punto di conformità della contaminazione dissolta in acqua in corrispondenza della zona sorgente, è risultato "non accettabile".

La discarica in oggetto è da ritenersi, dunque, **un sito contaminato** ai sensi dell'art. 240 del Titolo V "Bonifica siti contaminati" del D. Lgs. 152/2006.

E' necessario per tale motivo procedere alla bonifica e messa in sicurezza del sito in questione.

Allo stato attuale il comune di Torre Orsaia dispone della sola autorizzazione allo stoccaggio provvisorio dei R.S.U. in cassoni scarrabili posizionati a margine della discarica esistente a seguito del decreto di dissequestro n. 947/2002 del 17.07.2002 della Procura della Repubblica presso il tribunale di Vallo della Lucania (SA).

Il sito è inserito nell'ALLEGATO 2, Tabella 2.3 "Elenco delle discariche inserite in Anagrafe (VCR II)" nel nuovo piano regionale di Bonifica della Regione Campania, approvato con Delibera della Giunta Regionale n. 129 del 27/05/2013.

2.3 Destinazione Urbanistica e vincoli insistenti sull'area

L'area occupata dalla ex discarica comunale del Comune di Torre Orsaia, in località "San Biase" catastalmente è individuata sul foglio n.7 p.lla n.113 e rientra nelle aree esterne al centro abitato a destinazione agricola.

L'area in questione, e in particolare la discarica comunale, è soggetta ai seguenti vincoli: "Usi Civici: giusto decreto del R. Commissario per la liquidazione degli usi civici di Napoli datato 5 Agosto 1935".

Il territorio comunale rientra interamente tra quelli appartenenti all'ex Bacino idrografico Regionale in Sinistra Sele - per cui l'utilizzo del suolo è vincolato dalle Norme di attuazione e prescrizioni contenute nel "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" approvato ai sensi del D.L. 11/06/1998, n° 180, e della Legge 11712/2000, n° 365. Lo stesso rientra, altresì, tra quelli da consolidare a cura e spese dello Stato, ai sensi e per effetto del R.D. 445/1908 e del D.L. 22/12/1918, n° 2206.



Tabella 2.1 - Scheda riepilogativa caratteristiche del sito in esame:

9

2.4 Inquadramento Geologico e Idrogeologico

2.4.1 Assetto geologico

Gran parte del territorio di Torre Orsaia è composto da successioni prevalentemente terrigene e carbonatiche.

La Cartografia Ufficiale (Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 210 "Lauria") fa riferimento alla presenza di due differenti unità: Unità di Roccagloriosa e Unità del Flysch del Cilento.

Attraverso studi dettagliati di geologia regionale, si è avuta la reinterpretazione delle successioni sopra dette permettendo il riconoscimento in Cilento della Formazione del Saraceno che, insieme alla Formazione delle Crete Nere, costituisce la falda alloctona di origine interna denominata Unità Nord-Calabrese.

La successione di Roccagloriosa, costituisce l'ossatura della dorsale, prevalentemente calcarea, che si allunga in direzione SE-NW.

Si tratta di una successione corrispondente ad un apparato di conoide sottomarina carbonatica con termini di transizione a bacino.

Il substrato dell'area oggetto di studio è costituito da:

UNITÀ DI ROCCAGLORIOSA

Formazione di Boccaladrone: alternanza di strati argillo-marnosi rossi, verdastri e grigio-scuri con strati lenticolari calcarenitici e calcilutitici. Questa formazione affiora nella parte orientale dell'area discarica.

UNITÀ INTERNE

Successioni ad Affinità Sicilide - Membro Pelitico: strati argillosi varicolori, da grigio-chiaro a verdastre e rosse, inglobanti blocchi calcarenitici fratturati.

Il corpo discarica è stato realizzato su depositi quaternari e più precisamente su **Colluvioni Limo-Argillose**: si tratta di accumuli di versanti montagnosi e collinari sia in forma di "talus" che di vallette a fondo concavo. Sono costituiti da uno scheletro ghiaioso eterometrico con prevalente matrice limo-argillosa.

Tutta l'area intorno è caratterizzata da **Detriti di Frana**: si tratta di depositi di frana antichi, recenti ed attuali. Ricoprono il versante collinare, alternati agli accumuli colluviali che colmano le depressioni topografiche sul substrato e sui detriti calcarei cementati e sciolti. La maggior parte di tali accumuli deriva dal rimaneggiamento dei depositi di copertura e di porzioni del bedrock allentato, alterato ed ammorbidito, allorquando si concretizzano congiuntamente sfavorevoli condizioni idrogeologiche e morfologiche.

Le aree interessate sono, quindi, soprattutto quelle caratterizzate dall'affioramento di substrato di natura flyschoidale, ossia depositi attribuibili alla Formazione di Boccaladrone e, soprattutto, alle Successioni ad Affinità Sicilide. La consistenza varia da plastica a soffice in dipendenza del contenuto stagionale in acqua.

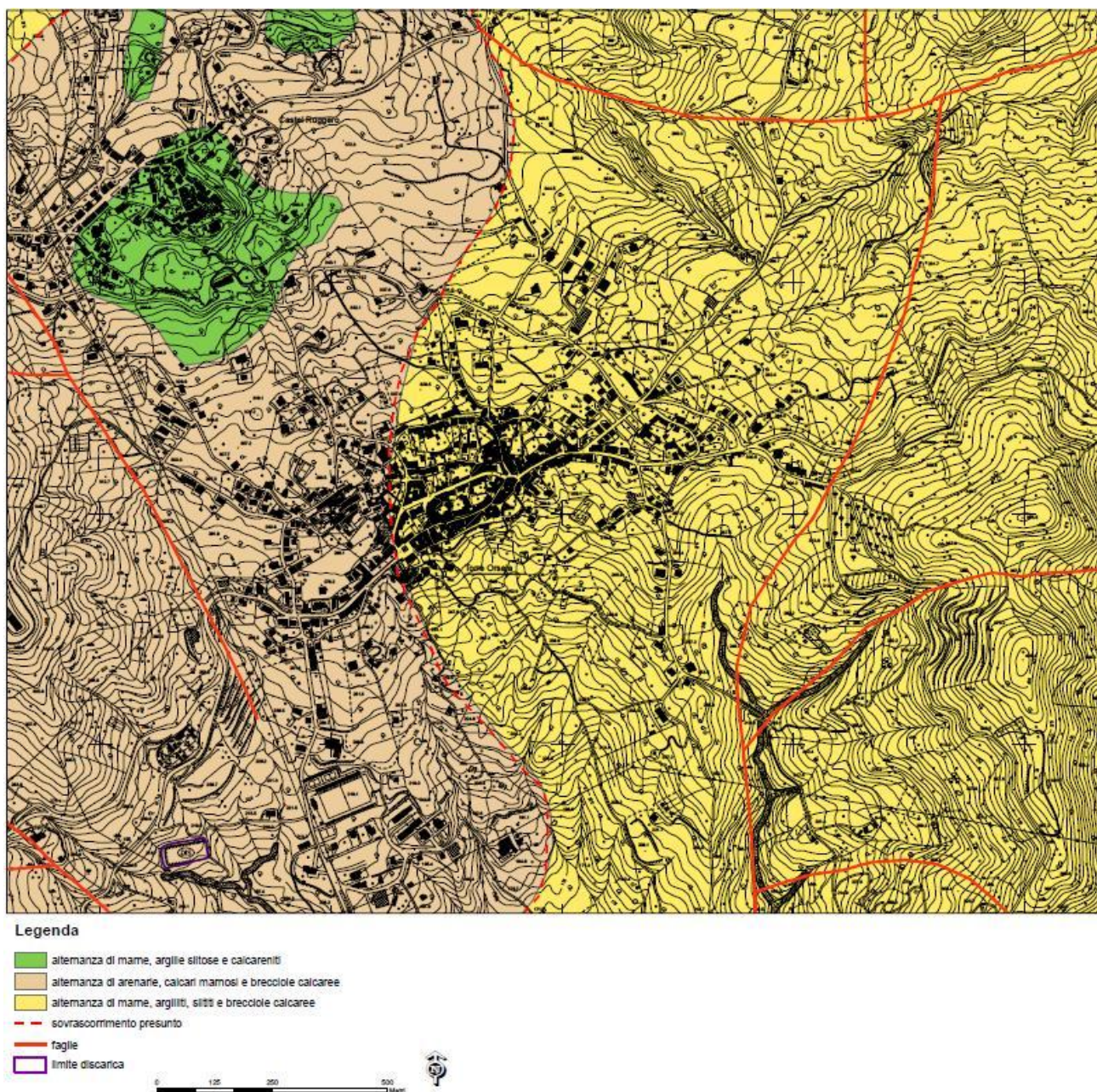


Figura 2.3 – Carta Geologica

2.4.2 Assetto geomorfologico

L'area indagata rientra, dal punto di vista morfologico, tra le morfo-strutture dei rilievi basso collinari caratterizzati da quote che in genere non superano i 400 metri e da morfologie ondulate con un reticolo drenante ad andamento detritico.

La discarica è ubicata a sud ovest dell'abitato di Torre Orsaia, a circa 180 m in direzione sud dal cimitero; essa è posta ad una quota altimetrica media di circa 117 m.

Sono state prese in considerazione le caratteristiche delle varie litologie affioranti, la loro giacitura, le caratteristiche idrogeologiche, morfologiche ed erosionali che, sulla scorta delle evidenze geomorfologiche raccolte, hanno agito nel recente passato in questo settore del territorio comunale.

L'area è caratterizzata da antichi movimenti franosi che, per dimensioni e caratteristiche, possono ascrivere a fenomeni avvenuti in condizioni climatiche e morfoevolutive sostanzialmente diverse dalle attuali. Significativi accumuli di masse colluviali (con spessori superiore a 3,00-3,50 metri) e detritico-argillose in presenza di condizioni geomorfologiche particolarmente gravose (pendenze mediamente superiori al 20%); infatti l'area della discarica stesse è caratterizzata da movimenti morfogenetici molto significativi. Il tutto è dovuto alle acque di ruscellamento provenienti da monte, che non potendo defluire verso valle per cause morfologiche ed antropiche, ristagnano nell'area stessa dando origine a veri e propri pantani.

2.4.3 Assetto strutturale

Da un punto di vista geostrutturale, l'attuale assetto può essere ritenuto il risultato finale di numerosi eventi tettonico-sedimentari di tipo compressivo e distensivo che hanno interessato le Unità appartenenti ai diversi domini paleogeografici a partire dal Miocene inferiore.

I rapporti tra le due unità risultano di natura tettonica. In particolare, i principali lineamenti tettonici bordano i termini calcarei dell'Unità di Roccagloriosa: si tratta di faglie dirette ad andamento appenninico ed antiappenninico che isolano il rilievo carbonatico (dorsale M.te Capitenali-Carpineto) ribassando i termini arenaceo-argillosi della medesima Unità. Inoltre nel settore centro-occidentale, più o meno a ridosso del Vallone San Biase, si riscontra la presenza di un'ampia fascia di deformazione causata da un'estesa faglia ad andamento NW-SE che determina l'accavallamento delle Unità Interne sulle successioni calcareo-argillose della Formazione di Boccaladrone.

2.4.4 Caratteristiche idrologiche e idrogeologiche

Il territorio comunale di Torre Orsaia rientra in gran parte nel bacino del Fiume Bussento. Nell'area interessata la rete idrografica risulta essere piuttosto sviluppata per la prevalenza di litotipi a componente pelitica e argilloso-marnosa, in quanto le componenti argillose essendo dotate di scarsa permeabilità, facilitano un diffuso ruscellamento superficiale delle acque che confluiscono in collettori ramificati con andamenti tortuosi.

Infatti l'area discarica è bordata da piccole incisioni che nei periodi di maggiore piovosità trasportano un quantitativo abbastanza elevato di acqua.

Le diversità geologiche dell'area di studio condizionano notevolmente la circolazione idrica sotterranea in termini idrodinamici e quantitativi; infatti, si possono distinguere alcune categorie di terreni, contraddistinte da tipologie differenti per quanto riguarda la permeabilità, l'approfondimento della circolazione idrica, il coefficiente d'infiltrazione potenziale e la potenzialità idrica sotterranea.

Nell'ambito delle indagini di campagna è stato eseguito un accurato rilievo idrogeologico finalizzato all'individuazione dello schema di circolazione idrica sotterranea per l'area in studio.

La valutazione qualitativa delle caratteristiche idrogeologiche delle successioni affioranti ha consentito, pertanto, di distinguere i complessi idrogeologici di seguito specificati:

- **Complesso marnoso-argilloso-calcareo:** comprende i terreni della Formazione di Boccaladrone, costituiti da alternanze argillo-marnose varicolori con strati lenticolari calcarenitici e calcilutitici. Questi terreni sono caratterizzati da una permeabilità primaria pressoché nulla ed una discreta permeabilità secondaria legata essenzialmente a fratturazione dei livelli più litoidi in cui, tuttavia, l'infiltrazione e la circolazione idrica è notevolmente influenzata dagli strati siltitici. Ciò determina la presenza di piccole e diffuse emergenze sorgive localizzate, per l'appunto, in corrispondenza di interstrati

litoidi calcarei. In considerazione di tale schema idrogeologico, è possibile attribuire a tale complesso una permeabilità relativamente bassa (C.I.P. = 20-25%).

- **Complesso argilloso-marnoso:** comprende i terreni appartenenti al membro pelitico delle successioni ad Affinità Sicilide e al Membro di Caporra del Gruppo del Cilento. E' caratterizzato da una ridotta permeabilità secondaria legata soprattutto a deformazioni tettoniche, spesso molto intense, subite dai litotipi con formazione di ammassi caotici e pieghe alla scala metrica e decametrica. Questi depositi, quindi, presentano una diffusa fratturazione di tipo "galestriforme" in frammenti o scaglie ("shear lenses") di dimensioni millimetriche. A tale complesso è attribuibile una bassa permeabilità relativa (C.I.P. = 5-10%).
- **Complesso detritico-colluviale:** comprende i depositi colluviali che costituiscono i talus e le conoidi diffuse lungo i versanti principali. Questi sono costituiti da matrice sottile con inclusi pezzame litoide eterogeneo di dimensione fino a decimetrica. A tale complesso è attribuibile una permeabilità relativa medio-bassa (C.I.P. = 25-30%).

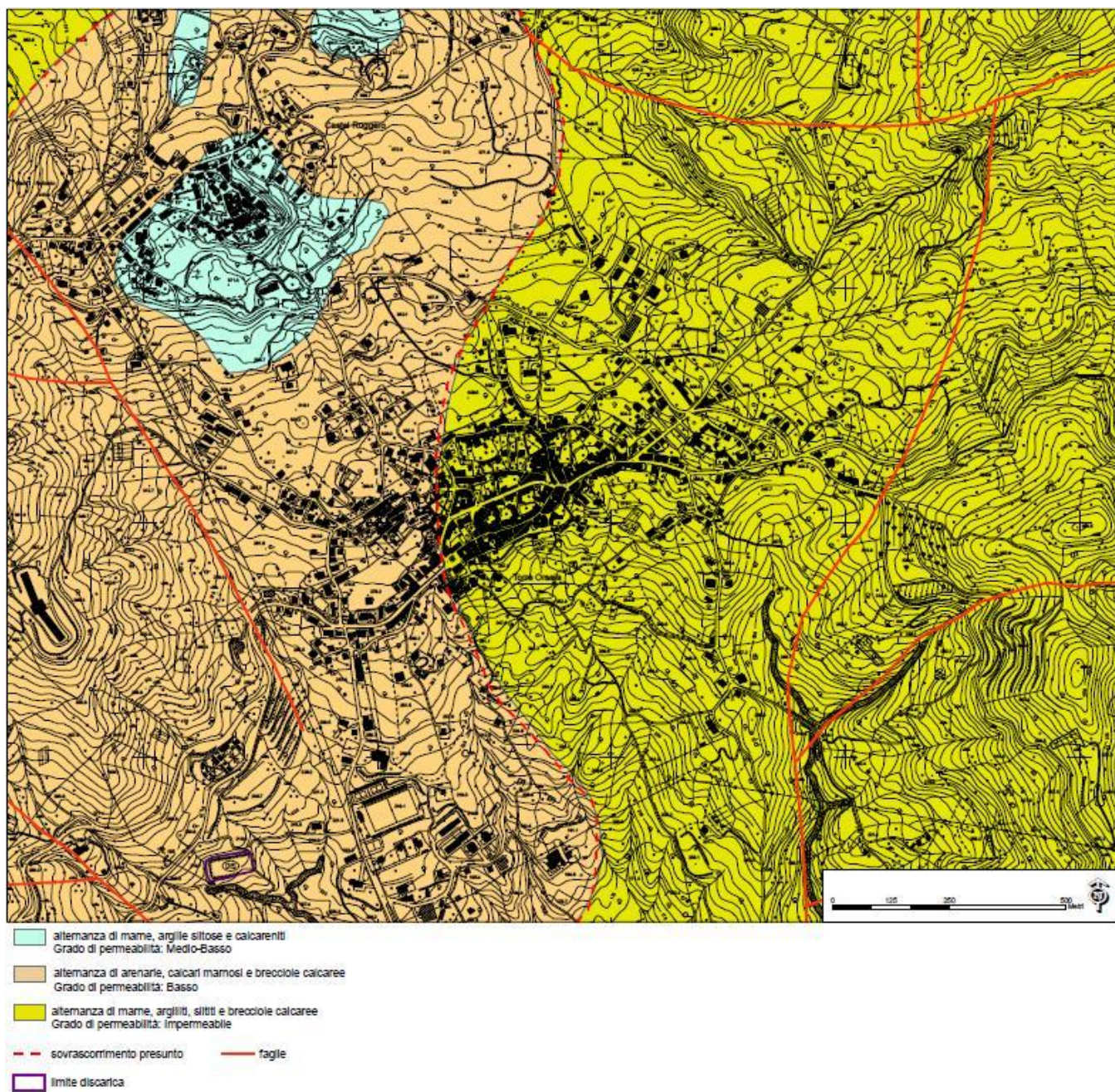


Figura 2.4 – Carta Idrogeologica

2.5 Raccolta dei dati ambientali

La fase preliminare alla redazione del presente progetto di bonifica ha interessato la raccolta e lo studio di tutto il materiale disponibile per l'area in esame. In particolare sono stati esaminati i documenti riguardanti le indagini preliminari e gli studi di carattere ambientale/idrogeologico condotti in precedenza sul sito.

Nel mese di Giugno 2006 la società Hydrolab s.n.c, su commissione del Comune di Torre Orsaia, ha realizzato **indagini preliminari** sul sito su cui insiste la discarica comunale, finalizzati ad evidenziare se il sito fosse da definire "potenzialmente contaminato" secondo il D.lgs. 152/06 e s.m.i. Le attività sono state concentrate principalmente sulla matrice acqua sotterranea e superficiale, al fine di verificare l'esistenza di un potenziale inquinamento.

Sono state eseguite, in riferimento alla caratterizzazione idrologica, le seguenti attività:

- n. 2 tomografie elettriche e n.1 sondaggio elettrico verticale;
- esecuzione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità di 21 mt e successivamente attrezzati a piezometro ad elementi in PVC microfessurati;
- prelievi di n. 9 campioni di acqua di falda;
- prelievo di n.9 campioni da 3 acquiferi superficiali;
- analisi di laboratorio dei campioni delle acque prelevate.

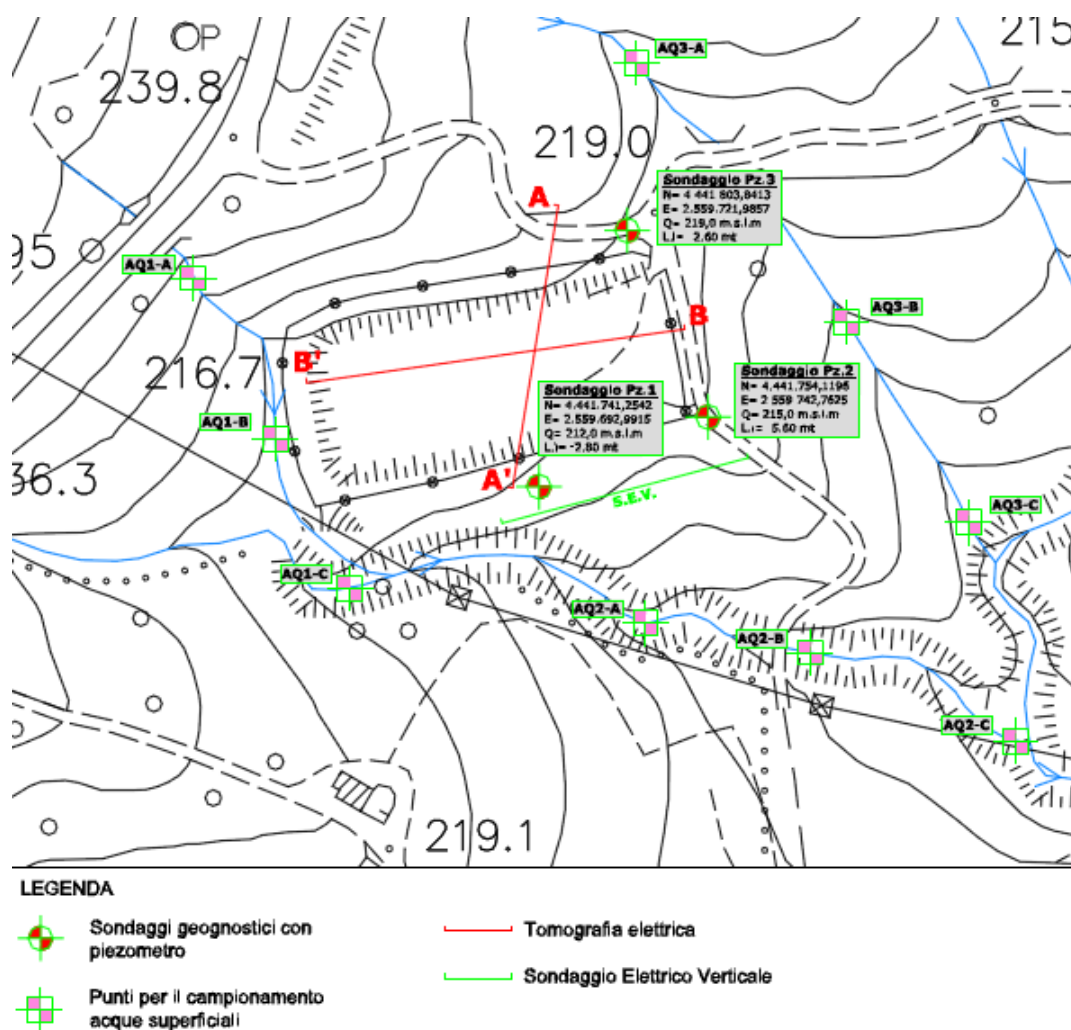


Figura 2.5 - Piano delle indagini preliminari

Sulla base delle indagini geofisiche svolte si è concluso che lo spessore massimo dello strato di rifiuti ipotizzabile è di circa 8,00 mt; dai valori della resistività registrati, si evince che nella zona occidentale è ipotizzabile la presenza del telo di impermeabilizzazione del fondo della discarica ad una profondità variabile tra 5.00-6.00 mt dal piano discarica, mentre nella zona orientale, la bassa variazione di resistività verticale potrebbe indicare il danneggiamento del telo di base e la conseguente migrazione di liquidi verso il sottosuolo. Il Sondaggio Elettrico Verticale a valle idrologica della discarica ha definito la presenza di livello piezometrico a circa 2,00 m di profondità dal piano campagna.

Il deflusso della falda riscontrata avviene in direzione N-S ed è circa parallelo al lato corto del rettangolo cui si approssima la forma della discarica.

Dalle analisi chimiche effettuate sui campioni di acque prelevati dai 3 piezometri è stato rilevato il superamento dei limiti del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 Titolo V allegato 5 tab. "Acque sotterranee". In particolare per il piezometro Pz1 dei valori di Solfati e Ferro, per i piezometri PZ2 e PZ3 risulta al di fuori dei suddetti limiti il Manganese. I campioni delle acque superficiali, non presentano alcuna contaminazione.

Il sito dunque è risultato "potenzialmente contaminato" ai sensi della parte IV - titolo V del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

Nel Settembre del 2008 si è proceduti all'esecuzione del Piano di caratterizzazione in conformità all'Allegato 2 - parte IV - titolo V del D. Lgs. 152/06 al fine di ricostruire i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali, allo scopo di acquisire tutte le informazioni di base a supporto delle decisioni realizzabili e sostenibili per la messa in sicurezza e/o la bonifica del sito contaminato investigato.

Il piano di caratterizzazione ha previsto l'esecuzione di indagini dirette ed indirette.

Le indagini indirette hanno previsto la realizzazione di n. 6 stendimenti geoelettrici della lunghezza di 120 m, nell'area oggetto delle attività di caratterizzazione con lo scopo di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo con particolare riferimento alla continuità dei livelli meno permeabili, al fine di evidenziare l'eventuale presenza di zone di drenaggio preferenziale delle acque di infiltrazione e sotterranee, e quindi di percolato, e di avere una conoscenza puntuale delle caratteristiche geometriche degli ammassi dei rifiuti, vasche/fusti/contenitori sepolti, presenza di liquidi inquinanti, ecc.. Tali indagini sono state propedeutiche all'esecuzione dei carotaggi e all'installazione dei piezometri.

In particolare sono stati eseguiti:

- n. 3 stendimenti, denominati, C-C1, D-D¹ e E-E¹, ubicati sul corpo dei rifiuti, secondo allineamenti paralleli al lato lungo del rettangolo che meglio approssima la forma della discarica;
- n. 2 stendimenti, denominati F-F¹ e H-H¹, posizionati al di fuori del corpo dei rifiuti, uno in prossimità del lato nord ed uno in prossimità del lato sud (lati lunghi);
- n. 1 stendimenti, denominato I-I1, sviluppato parallelamente ai lati est ed ovest (lati corti) del rettangolo che meglio approssima la forma della discarica.

Le indagini dirette hanno previsto la realizzazione di:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n. 2 spinti fino alla profondità di 25 m dal piano campagna (sondaggi S4 ed S6) e n. 2 fino a 20 m (sondaggi S5 ed S7);
- n. 2 allestimenti a piezometro (sondaggi S5 ed S7);

- prelievo di n. 9 campioni di suolo, precisamente: dal sondaggio S7 sono stati prelevati 3 campioni, mentre per i restanti sondaggi, in accordo con i tecnici ARPAC, ne sono stati prelevati 2, in quanto è stata riscontrata la presenza di argilla fin dai primi metri;
- n. 2 campioni di acqua sotterranea;
- n. 2 campioni per analisi granulometrica;
- n. 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico idraulico variabile (sondaggio S6).

Le determinazioni in sito hanno previsto la screening degli elementi volatili mediante fotoionizzatore portatile P.I.D per ogni metro di carota estratta; la misura delle caratteristiche dell'acqua (ossigeno disciolto, potenziale redox, conducibilità elettrica, pH) per ciascun piezometro realizzato o esistente in sito.

Tabella 2.2 - Sintesi delle attività di caratterizzazione per il sito in esame

INDAGINI INDIRETTE	
N. stendimenti Tomografie Elettriche	6
Lunghezza stendimenti Tomografie Elettriche	120 m
INDAGINI DIRETTE - matrice suolo	
N. carotaggi	4
Profondità carotaggi	n. 2 : 25 m da p.c., n.2 : 20 m
N. totale campioni suolo per caratterizzazione ambientale:	9
Profondità campioni:	– Superficiale (0-1 m dal p.c.) – Intermedio (9-10 m dal p.c.)
N. totale campioni suolo per caratterizzazione granulometrica:	2
INDAGINI DIRETTE - matrice acque sotterranee e superficiali	
N. totale piezometri:	2
Profondità piezometri	20 m
N. totale campioni acqua di falda:	2
DETERMINAZIONI IN SITU - matrice acque sotterranee e superficiali	
n. 2 Prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico idraulico variabile	
DETERMINAZIONI IN SITU - matrice suolo	
screening concentrazione di sostanze organiche volatili ionizzabili nello spazio di testa (PID)	

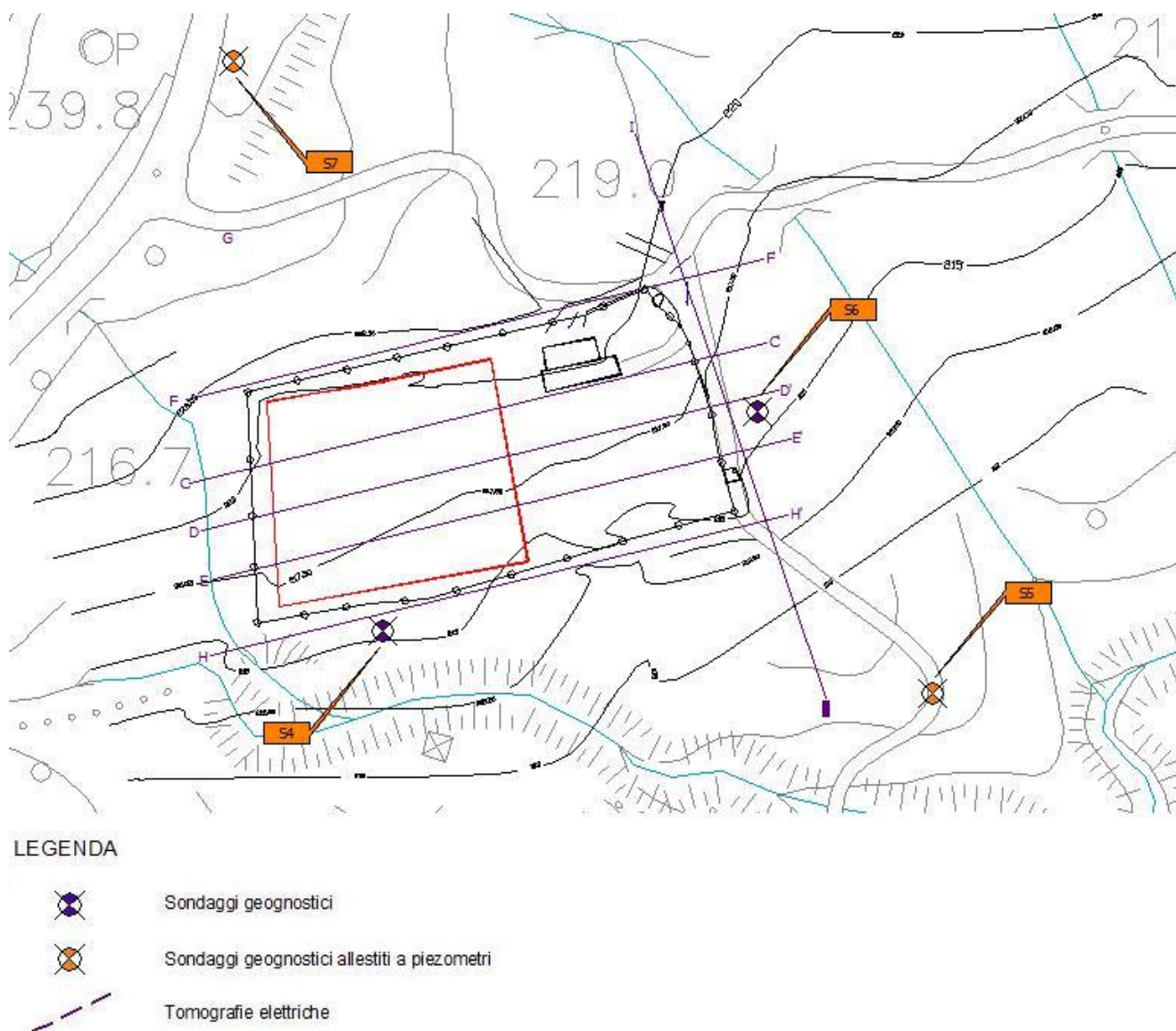


Figura 2.6 – Piano di caratterizzazione

In corrispondenza degli stendimenti tomografici C-C', D-D', E-E ed H-H'' sono state evidenziate anomalie di bassa resistività che fanno ipotizzare la presenza continua di rifiuti dal piano campagna fino alla profondità di circa 10-12 metri.

Nello stendimento F-F', sono stati riscontrati alti valori di caricabilità che per la loro morfologia possono essere associati a plume di percolato.

Nello stendimento I-I', oltre alle anomalie di bassa resistività imputabile a rifiuti, sono state evidenziate delle anomalie isolate dovute probabilmente alla presenza di oggetti metallici.

Dagli stendimenti geoelettrici realizzati non si evidenzia la presenza del telo impermeabile a fondo della discarica.

Dai risultati delle analisi su acque di falda e campioni di suolo, svolte dal laboratorio CHELAB s.r.l, si evince che nei campioni di terreno analizzati **S4B e S6/B**, sono state riscontrate evidenze di inquinamento in quanto le concentrazioni degli analiti superano i valori di concentrazione massima consentiti per i siti destinati a verde e residenziali (DLgs 152/06 – All.5 parte IV Tab.1).

I campioni d'acqua prelevati dai piezometri S5 ed S7, risultano tutti inquinati per il superamento dei valori di concentrazione massima consentiti dal DLgs 152/06 Tab. 2– All. 5 parte IV acque sotterranee CSC.

Di seguito per ciascun campione di suolo e d'acqua vengono riportati gli analiti che hanno determinato la non conformità dei campioni:

- **Sondaggio 4**

Nel campione di suolo B prelevato tra 9 e 10 metri di profondità si riscontra un inquinamento per i valori di concentrazione di **Cobalto**.

- **Sondaggio 6**

Nel campione di suolo B prelevato tra 20 e 26 metri di profondità si riscontra un inquinamento per i valori di concentrazione di **Cobalto**.

- **Piezometro S5**

Nel campione d'acqua prelevato nel piezometro S5 si riscontra un inquinamento per le concentrazioni di **Floruri, Solfati, Ferro e Piombo**.

- **Piezometro S7**

Nel campione d'acqua prelevato nel piezometro S7 realizzato si riscontra un inquinamento per le concentrazioni di **Solfati, Antimonio, Manganese e Selenio**.

Le indagini eseguite in corrispondenza dei piezometri hanno confermato la presenza di una falda acquifera a circa 2,5 m dal p.c e che il deflusso della falda riscontrata avviene in direzione **NS** ed è circa parallelo al lato corto del rettangolo che approssima la forma della discarica.

Al fine di stimare la permeabilità dei terreni su cui insiste la discarica, nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono state realizzate delle prove

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico idraulico variabile sono state eseguite nel sondaggio S6, con l'intento di avere una stima della permeabilità del litotipo posto al letto dei corpi di rifiuti R.S.U.

Dalla tabella si evince che lo strato naturale posto immediatamente sotto i rifiuti è costituito da argilla dotato di una permeabilità k bassa dell'ordine dei 10^{-4} - 10^{-4} cm/s.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sulle carote di terreno, appena estratte, è stata eseguita una misura con fotoionizzatore portatile (PID) con lo scopo di determinare la concentrazione degli elementi volatili del terreno. Tale analisi di campo consiste nel riempire per metà un flacone di vetro con il terreno campionato, chiuderlo ermeticamente e agitarlo per favorire la diffusione del gas contenuto nel campione. Dopo alcuni minuti, quando la temperatura si è stabilizzata, la concentrazione dei gas nel flacone è misurata con il PID (campo di rilevabilità 1-2000 ppmv).

Gli screening eseguiti non hanno dato luogo a rilevamento di elementi volatili in quantità significative.

Si riportano di seguito in Tab. 2.3 e Tab. 2.4 i risultati analitici delle analisi svolte sui campioni.

Tabella 2.3 – Analiti nei campioni di acqua non conformi

Campione	Tipologia	Ubicazione	ANALITI							
			Solfati (SO ₄)	Floruri	Ferro (Fe)	Piombo (Pb)	Antimonio (An)	Manganese (Mn)	Selenio (Sn)	
S5	acqua sotterranea	valle	530	2200	400	36.9				
S7	acqua sotterranea	monte	1300				6.1	176	22.4	
Dlgs 152/06 Tab 2- All. 5 p. IV (acque sotterranee)			250	1500	200	10	5	50	10	Limite consentito
			µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	Unità di misura

Tabella 2.4 – Analiti nei campioni di suolo non conformi

Campione	Cobalto (Cb)
S4/A	21
S6/B	26
Limite DLgs 152/06-All5 pIV Tab1	20
	mg/kg s.s

Per l'area di discarica del Comune di Torre Orsaia in loc. "San Biase" è stato formulato il Modello Concettuale Definitivo a partire dal quale è stata redatta nell'Ottobre del 2009 l'**Analisi di Rischio** sanitario ambientale sito-specifica, mediante l'utilizzo del software GIUDITTA ver. 3.1 nel rispetto dei criteri riportati nel D. Lgs 152/2006 - Titolo V - all. 1.

Dalla conferenza dei servizi tenutasi presso l'Arpac Dipartimento Provinciale di Salerno, per la validazione delle attività di caratterizzazione, l'ente di controllo Arpac non ha evidenziato, per i campioni di terreno prelevati in contraddittorio, il superamento delle CSC degli analiti ricercati. Come riportato precedentemente, le analisi di parte hanno evidenziato un superamento dei limiti di legge per il solo Cobalto per il campione superficiale del sondaggio S4 e per il campione intermedio del sondaggio S6.

Per i campioni di acqua, per l'ente di controllo Arpac si è riscontrato un superamento delle CSC per l'analita Solfati, mentre per le analisi di parte hanno evidenziato un superamento per gli elementi Ferro, Manganese, Piombo, Solfati, Fluoruri, Antimonio e Selenio.

L'analisi di rischio è stata elaborata tenendo conto degli analiti che hanno superato le CSC sia dalle analisi di parte che dalle analisi ARPAC ed inoltre per il principio della massima cautela si è scelto di inserire il valore di concentrazione maggiore.

Dal certificato di destinazione urbanistica rilasciato dal Comune di Torre Orsaia si evince che l'area in cui ricade la vecchia discarica comunale è compreso tra quelli a destinazione agricola del P.R.G.

Pertanto i risultati delle analisi chimiche condotte sui campioni di suolo e di acque prelevati nel corso delle attività di caratterizzazione sono stati confrontati con i limiti normativi delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione fissati per la Colonna A – siti destinati a verde e residenziali della Tab.1 riportata nell'allegato 5 alla parte IV Tab. 1 del D. Lgs. 152/06.

Nel caso in esame l'indice di pericolosità per la falda derivante dalla stessa matrice ambientale "falda" ovvero dalla migrazione verso il punto di conformità della contaminazione dissolta in acqua in corrispondenza della zona sorgente, si ritiene "non accettabile" per gli analiti Antimonio, Ferro, Piombo, Manganese e Selenio.

Per i suddetti analiti, i valori di CSR ottenuti con l'analisi di rischio sono inferiori alle concentrazioni riscontrate in sito, pertanto si evince che la discarica è da ritenersi inquinata per questi elementi.

Alla luce di quanto sopra esposto, il sito in oggetto è da ritenersi un "sito contaminato" ai sensi dell'art. 240 del Titolo V "Bonifica siti contaminati" del D. Lgs. 152/2006.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1 Normativa in materia di bonifica dei suoli contaminati

Il quadro normativo riguardante la disciplina dei suoli contaminati ha subito negli ultimi anni una continua evoluzione. Attualmente la principale disposizione vigente in materia è costituita dal D.Lgs. n.152 del 3 Aprile 2006 recante "norme in materia ambientale" e s.m.i.

Con il D.lgs. n.152/2006 (pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale, serie generale, n. 88 del 14 aprile 2006) il legislatore ha tentato di armonizzare tutte le precedenti norme in campo ambientale e conseguentemente anche quelle relative alla bonifica dei suoli contaminati (Titolo V, parte Quarta).

Questo procedimento ha portato alla abrogazione di tutta una serie di norme precedenti tra cui anche D.Lgs. n. 22/1997, uno dei primi in cui appariva con forza il concetto di bonifica. Tale concetto veniva espresso come "ogni intervento di rimozione della fonte inquinante e di quanto della stessa contaminato fino al raggiungimento dei valori limite conformi all'utilizzo previsto dell'area".

In virtù di tale normativa chiunque cagionava anche in maniera accidentale il superamento dei limiti era tenuto a procedere a proprie spese agli interventi di messa in sicurezza, di bonifica e di ripristino ambientale delle aree inquinate e degli impianti dai quali derivava il pericolo di inquinamento.

Il nuovo D.lgs. n.152/2006 pur abrogando tale decreto, si ispira di fatto agli stessi principi basati sul concetto del “chi inquina paga”. Il D.Lgs. n.22/97 rinviava inoltre ad una successiva normativa tecnica la fissazione di precisi standards di qualità dei suoli in funzione delle diverse destinazioni d’uso possibili.

La progettazione degli interventi di bonifica si articola nelle seguenti sezioni:

1. Descrizione di dettaglio della tecnologia scelta e degli interventi proposti;
2. Interventi da realizzare per l’attuazione delle prescrizioni e delle limitazioni all’uso del Sito;
3. Piano dei controlli e monitoraggi post-operam.

Nell’allegato III alla parte IV del D.lgs.152/2006 è stabilito che nel corso ed al termine di tutte le fasi previste per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale devono essere effettuate azioni di monitoraggio e controllo, al fine di verificare l’efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi prefissati ed in particolare, a seguito della realizzazione delle misure di sicurezza a valle della bonifica, per verificare che:

- i valori di contaminazione nelle matrici ambientali influenzate dal sito corrispondano ai livelli di concentrazione residui accettati in fase di progettazione;
- non siano in atto fenomeni di migrazione dell’inquinamento; sia tutelata la salute pubblica;
- nel corso delle attività di bonifica/messa in sicurezza permanente per verificare la congruità con i requisiti di progetto;
- a seguito del completamento delle attività di bonifica/messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale, per verificare, durante un congruo periodo di tempo, l’efficacia dell’intervento di bonifica e delle misure di sicurezza.

3.2 Normativa in materia di discariche di rifiuti

Il D.Lgs. n. 36 del 13 gennaio 2003, (Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti) stabilisce requisiti operativi e tecnici per i rifiuti e le discariche, misure, procedure e orientamenti tesi a prevenire o a ridurre il più possibile la ripercussioni negative sull’ambiente, in particolare l’inquinamento delle acque superficiali, delle acque sotterranee, del suolo e dell’atmosfera, e sull’ambiente globale, compreso l’effetto serra, nonché i rischi per la salute umana risultanti dalle discariche di rifiuti, durante l’intero ciclo di vita della discarica.

Il capitolo 2 dell’Allegato 1 definisce prescrizioni in riferimento alla protezione del territorio e delle acque per gli impianti per rifiuti non pericolosi e per rifiuti pericolosi.

In particolare in riferimento al processo di chiusura di una discarica, nel paragrafo 2.4.3, sono indicate le modalità per la realizzazione della copertura superficiale finale.

La copertura superficiale finale della discarica deve rispondere ai seguenti criteri:

- isolamento dei rifiuti dall’ambiente esterno;
- minimizzazione delle infiltrazioni d’acqua;
- riduzione al minimo della necessità di manutenzione;
- minimizzazione dei fenomeni di erosione;
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata;

La copertura deve essere realizzata mediante una copertura multistrato, costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati:

- strato superficiale di copertura con spessore ≥ 1 m, che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e una protezione adeguata contro l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
- strato drenante protetto da eventuali intasamenti con spessore $\geq 0,5$ m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti;
- strato minerale compattato dello spessore $\geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica $K_{min} 10^{-8}$ m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di discarica di rifiuti pericolosi;
- strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore $\geq 0,5$ m;
- strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

Poiché la degradazione dei rifiuti biodegradabili, incluse le componenti cellulosiche, comporta le trasformazione in biogas di circa un terzo della massa dei rifiuti, la valutazione degli assestamenti dovrà tenere conto di tali variazioni, soprattutto in funzione alla morfologia della copertura finale.

La copertura superficiale come sopra descritta deve garantire l'isolamento della discarica anche tenendo conto degli assestamenti previsti ed a tal fine non deve essere direttamente collegata al sistema barriera di confinamento.

4 INTERVENTI IN PROGETTO

L'analisi di rischio sito-specifica ha evidenziato per il sito in questione come l'indice di pericolosità per la falda derivante dalla stessa matrice ambientale "falda" ovvero dalla migrazione verso il punto di conformità della contaminazione dissolta in acqua in corrispondenza della zona sorgente, sia "non accettabile" per gli analiti Antimonio, Ferro, Piombo, Manganese e Selenio.

La situazione ambientale del sito è tale per cui sono certamente necessari degli interventi finalizzati al risanamento del corpo rifiuti in ordine alla riduzione degli impatti sull'ambiente circostante riconducibili al non perfetto isolamento dell'ammasso esistente rispetto alle componenti ambientali limitrofe.

L'obiettivo prioritario che si intende perseguire attraverso gli interventi in progetto è quello di evitare l'ingressione di acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti, al fine di limitare al minimo produzione di percolato e la sua lisciviazione in falda e/o migrazione verso il punto di conformità.

Gli interventi in progetto consistono in:

- **Messa in sicurezza permanente della discarica attraverso la realizzazione di un "capping" esteso a tutta la superficie dell'area di discarica** per un totale di circa 4400 mq di superficie d'intervento;
- **Riconfigurazione del corpo mediante attività di movimentazione terra;**
- **Realizzazione sistema di drenaggio acque meteoriche superficiali e trincea drenante a monte idraulico;**
- **Realizzazione di un collettore per il convogliamento delle acque drenate fino al recapito finale.**

Gli interventi sono illustrati ai punti successivi e nel dettaglio negli elaborati grafici in allegato alla presente Relazione Tecnica Generale.

Al fine di assicurare elevati standard di tutela ambientale, nella redazione del presente progetto di bonifica e messa in sicurezza, si farà riferimento alle normative relative ai sistemi di chiusura delle discariche di rifiuti ed in particolare al D.Lgs. 13 gennaio 2003, n.36 e al D.M. 3 agosto 2005 e alle linee guida ARPAC riportate nell'appendice 2 del Piano regionale di Bonifica di cui alla D.G.R. Campania n. 129 del 27/05/2013.

4.1 Attività preliminari

Ai fini dell'esecuzione dei lavori, il Fornitore dovrà assumere che l'area di interesse sarà sgombra da ogni materiale o attrezzatura attualmente presente. Tutti i lavori di campo saranno coperti da opportuno POS, prevedendo opportune contromisure a possibili rischi.

Le attività descritte comporteranno l'uso di attrezzature e procedure appropriate. Le indicazioni fornite a riguardo nel seguito del documento sono da ritenersi di carattere generale. Sarà tuttavia responsabilità del Fornitore la selezione e l'uso delle macchine ed attrezzature più adeguate.

Le attività di messa in sicurezza della discarica andranno precedute dal completamento di una serie di operazioni preliminari, finalizzate alla dotazione dell'area di lavoro di tutte le strutture accessorie necessarie all'ottimale svolgimento dei lavori.

Le attività preliminari che dovranno essere eseguite sono elencate di seguito, e maggiormente dettagliate nei paragrafi seguenti:

- rimozione del massetto in cls e dello sversatoio;

- pulizia delle aree di lavoro;
- allestimento di una piattaforma di decontaminazione dei mezzi;
- installazione delle strutture temporanee di servizio.

4.1.1 Rimozione del massetto in cls e dello sversatoio

L'area orientale della fascia di rispetto della discarica è attualmente occupata da un massetto in cls e di uno sversatoio usato per lo svuotamento degli autoribaltabili e costruito su una parte della discarica esaurita. Si prevede quindi la rimozione del materiale lapideo mediante opportuni mezzi meccanici e l'asportazione del materiale di risulta, in quanto è necessario impermeabilizzare tale area per evitare l'immissione di acque piovane nel corpo della discarica.

4.1.2 Pulizia delle aree di lavoro

Alcune delle aree che saranno interessate dalle operazioni di campo sono attualmente occupate da rifiuti di vari.

Tali aree andranno liberate, in modo da rimuovere qualsiasi materiale che possa costituire impedimento al funzionamento alle attrezzature e ai macchinari di cantiere. A tal fine sarà utilizzato un escavatore per spostare i materiali estranei nelle apposite aree designate.

4.1.3 Allestimento e Installazione della Piattaforma di Decontaminazione

Una piattaforma di decontaminazione sarà installata per la rimozione di fango, polvere e/o altri materiali accumulati sulle ruote e sui piani degli autoribaltabili, sull'escavatore e su ogni altro mezzo in uscita dal sito impiegato per le attività di campo.

L'ubicazione della piattaforma di decontaminazione è stata determinata in modo da facilitare il passaggio attraverso la stessa di qualsiasi mezzo o macchinario in uscita dall'area del cantiere. Essa sarà percorsa a senso unico dai mezzi, che vi entreranno da un lato e usciranno da quello opposto. La piattaforma sarà posizionata nel piazzale situato a nord della discarica, immediatamente oltre al cancello, nella parte orientale dello stesso.

La piattaforma di decontaminazione degli automezzi consiste in un impianto di lavaggio completo di collettori ed ugelli fissi di lavaggio completamente automatico. Il sistema può essere installato e messo in servizio in poche ore. L'attivazione di questo sistema avviene con due fotocellule. Il mezzo d'opera, entrando nell'impianto mediante rampe di salita costruite in acciaio con una pendenza massima del 10%, attiva la prima coppia di fotocellule, le pompe si accendono e pressurizzano i collettori facendo defluire l'acqua in pressione attraverso gli ugelli. Il mezzo lavato, uscendo dall'impianto, attiva la coppia di fotocellule poste in uscita e le pompe di lavaggio si spengono, rimanendo pronte per i lavaggi successivi. La velocità di passaggio del mezzo all'interno dell'unità di lavaggio degli automezzi è naturalmente determinata dall'autista che dovrà, se necessario, eseguire delle brevi soste intermedie per permettere ai getti d'acqua di "lavorare maggiormente" sui depositi di terra più cospicui; in qualsiasi caso la velocità massima consentita sarà di 3 km/h. La configurazione della pista di lavaggio è appositamente studiata per agevolare l'eliminazione dei residui dalle gomme o dai cingoli dei mezzi. Inoltre tale configurazione evita danneggiamenti ai mazzi stessi. È garantito il massimo riutilizzo dell'acqua e minimo reintegro.

L'acqua può essere quasi completamente riciclata. Si deve reintegrare solamente la quantità d'acqua persa con il mezzo in uscita dal lavaggio e con i fanghi smaltiti. Nella configurazione standard le sabbie e i fanghi estratti sono inviati direttamente ad una vasca di raccolta con una chiarificazione completa delle acque con l'aiuto di un flocculante e successiva disidratazione a sacconi drenanti. La vasca di raccolta dei fanghi sarà periodicamente svuotata, previa caratterizzazione a rifiuto degli stessi, i quali saranno confezionati in "big bag" a norma, etichettando con R nera su fondo giallo e sistemati nei pressi dell'unità di trattamento acque all'interno della tensostruttura.

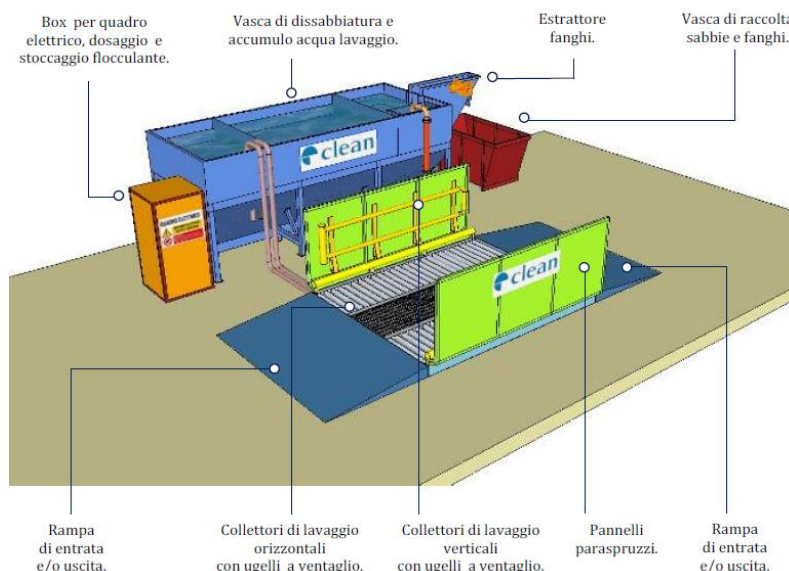


Figura 4.1 – Impianto lavaggio ruote

4.1.4 Installazione delle Strutture Temporanee di Servizio

Il Fornitore dovrà installare all'interno dello stabilimento, sulla base delle necessità legate alle attività da svolgersi e nelle ubicazioni visibili in **TAV. 4**, dei containers temporanei da adibire a:

- ufficio per direttore lavori e capo cantiere (6 x 2,4 m);
- magazzino per gli attrezzi;
- servizi igienici (2,4 x 2,4 m);
- spogliatoio (6 x 2,4 m).

L'area è dotata di un sistema di distribuzione elettrica ENEL a maglie da 20 KV per l'alimentazione delle utenze industriali e civili e con una rete ENEL a 220 KV.

Resta inteso che la rimozione di tali strutture al termine dei lavori sarà a carico del Fornitore e che le aree dovranno essere restituite nelle stesse condizioni di partenza.

4.2 Incapsulamento

Per l'impermeabilizzazione dell'intero sito sarà realizzato un intervento di capping esteso su una superficie complessiva di circa 4400 mq, come indicato nella figura successiva. L'intervento consente di eliminare le infiltrazioni di acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti.

L'intervento in oggetto impedisce la contaminazione della falda e riduce la produzione di percolato della discarica. In accordo con quanto indicato nel D.Lgs.36 per una discarica di rifiuti non pericolosi, la tipologia di copertura è rappresentata nella figura sottostante. In particolare sarebbero necessari dal basso:

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

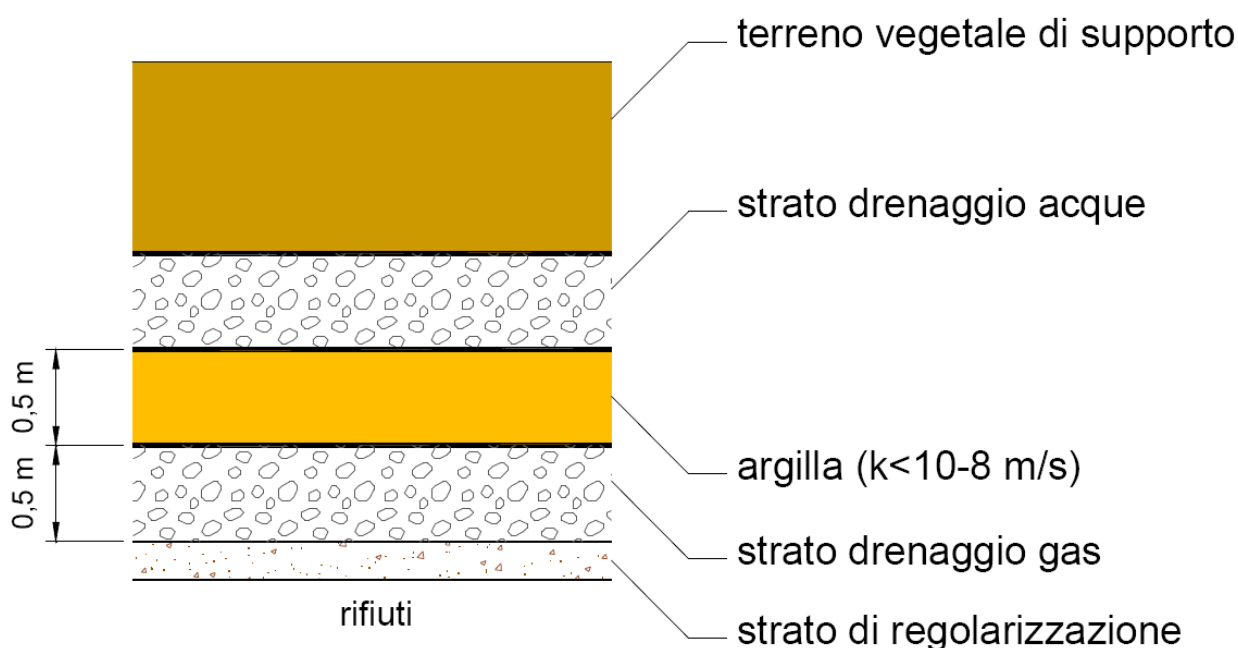


Figura 4.2 – Copertura prevista dal D.Lgs 36/2003 per discariche di rifiuti non pericolosi

In progetto viene proposta una soluzione alternativa che garantisce prestazioni equivalenti al pacchetto indicato nel DLgs 36/03.

Gli strati di materiale naturale, che costituiscono la strato drenante per il biogas e quello per le acque meteoriche, sono sostituiti, nell'ambito di tale progetto, da materiali sintetici allo scopo di incrementare la tenuta del sistema barriera. Le moderne tecnologie produttive, unitamente con i sempre più stringenti requisiti di controllo qualità fanno sì che al giorno d'oggi un geocomposito

dotato di marcatura CE e fornito da un'azienda certificata ISO 9001 possa fornire garanzie di efficienza, durabilità ed affidabilità infinitamente maggiori rispetto a qualunque materiale naturale. Le ragioni che possono portare a sostituire, sotto specifiche condizioni critiche, i materiali drenanti granulari con materiali sintetici sono molteplici.

Le prime motivazioni sono di ordine strettamente tecnico: la geometria delle sponde rende problematica la posa dello spessore di materiale granulare necessario per la captazione del biogas.

Le difficoltà sopra esposte vengono amplificate laddove le verifiche debbano essere effettuate, tenendo in considerazione le accelerazioni sismiche cui la copertura potrebbe essere sottoposta, ad esempio nelle verifiche di stabilità del pacchetto per il drenaggio delle acque meteoriche.

Le seconde motivazioni sono di tipo economico: i materiali che generalmente vengono utilizzati per lo strato drenante sono rappresentati da ghiaie e sabbie pulite. La necessità di conferire in cantiere ingenti quantitativi di un materiale pregiato e costoso, molto difficilmente reperibile in tale quantità da una singola fonte e, quindi di difficile controllo in cantiere, rendono tale soluzione estremamente costosa. Al contrario, un geocomposito drenante ha caratteristiche misurate e misurabili. L'ultima (ma non in ordine di importanza) valutazione che è possibile fare è legata all'impatto ambientale causato dal rispetto della normativa. In particolari contesti, l'impiego di materiali naturali (argilla ghiaia) comporta costi notevoli anche dal punto di vista ambientale; tali costi sono dovuti alle cavazioni necessarie e dal traffico provocato dal trasporto del materiale con automezzi. I vantaggi tecnici, economici e sociali sono quindi evidenti; è necessario dimostrare che il materiale prospettato soddisfi appieno i requisiti del D.lgs. 36 e possano sostituire con adeguate garanzie gli strati minerali.

Con tale relazione si vogliono fornire indicazioni relative alla scelta dei materiali sintetici che possano essere utilizzati in alternativa ai materiali naturali (strati drenanti), ed in particolare relative ai geocompositi per il drenaggio del biogas e delle acque meteoriche.

La copertura alternativa a quella prevista dalla normativa è rappresentata nella figura sottostante, ed è composta dai seguenti strati partendo dall'alto:

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

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

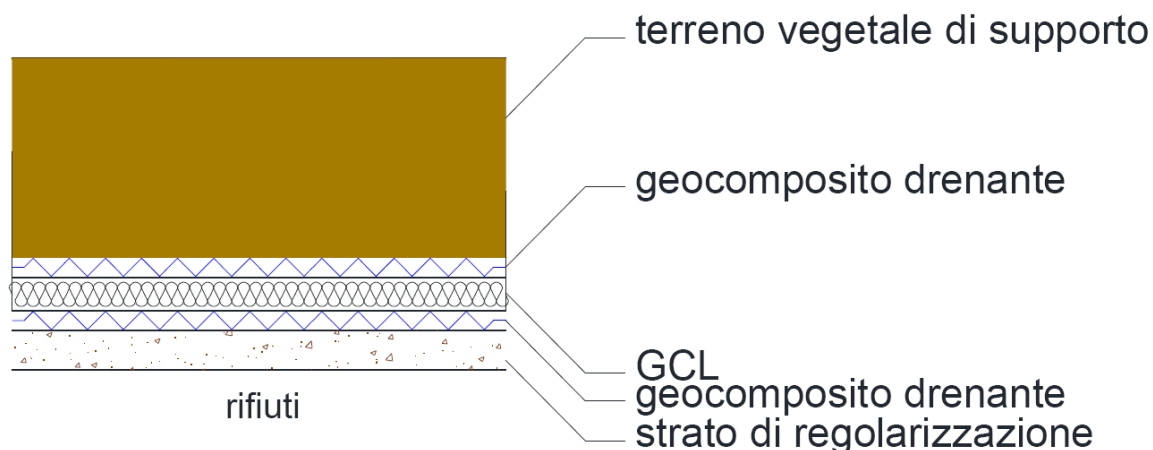


Figura 4.3 – Copertura alternativa a quella prevista dal D.Lgs 36/2003 per discariche di rifiuti non pericolosi

Lo spessore complessivo del pacchetto proposto è di 1,50 cm .

La verifica dell'equivalenza tra il pacchetto impermeabilizzante proposto in progetto e quello previsto dal DLgs 36/03 viene riportata nella relazione specialistica di dimensionamento del capping Documento allegato alla presente Relazione Tecnica Generale.

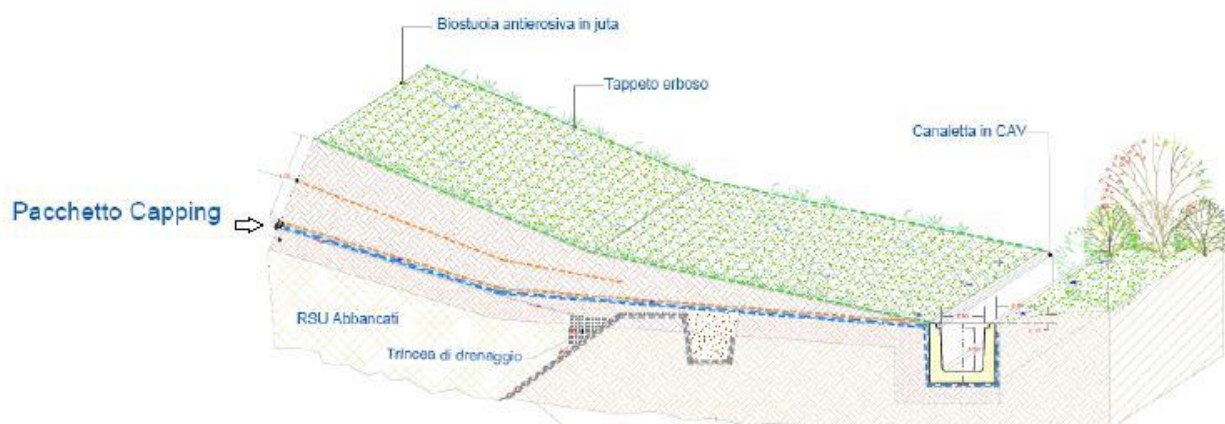


Figura 4.4 – Particolare assonometrico sistema di impermeabilizzazione

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

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

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

Occorre ricordare che dal punto di vista geologico, l'area in oggetto è caratterizzata da argille aventi un coefficiente di permeabilità compreso tra $9.10 \cdot 10^{-8} \leq K \leq 4.80 \cdot 10^{-8}$ cm/s, pertanto si possono considerare impermeabili sia per gli strati inferiori che per quelli laterali.

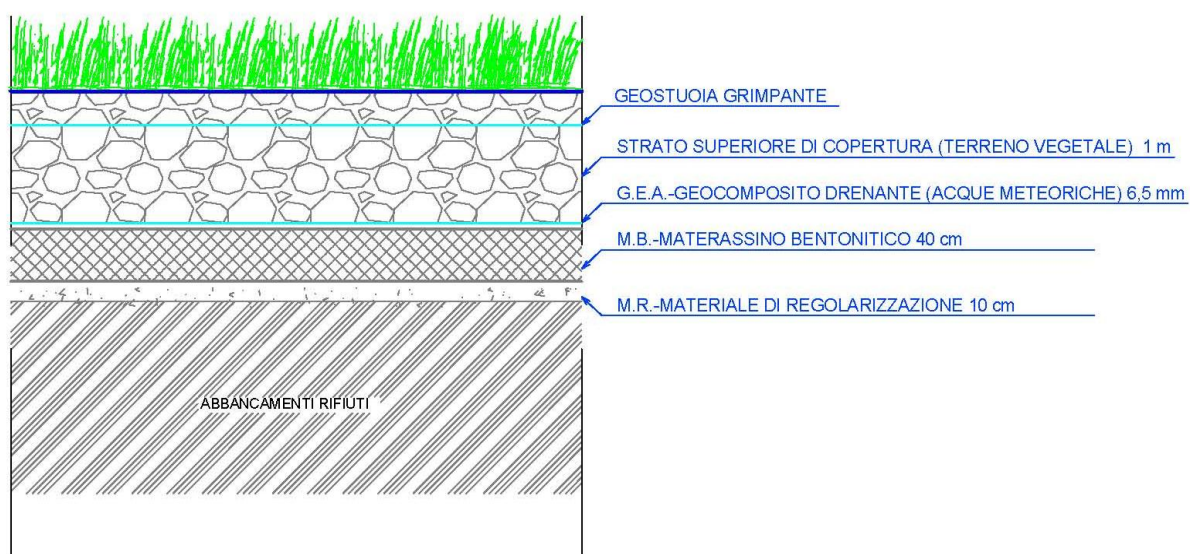


Figura 4.5 – Sezione tipo capping

4.3 Regimentazione acque meteoriche e di falda

Una volta raggiunta la configurazione finale della superficie della discarica mediante il suo incapsulamento, le acque eventualmente infiltratesi all'interno dello strato drenante defluiranno per gravità verso il perimetro della discarica. È quindi necessario realizzare un sistema di drenaggio delle acque superficiali, che consenta di convogliare le stesse verso il sistema di raccolta.

A tal fine saranno installate delle canalette in calcestruzzo prefabbricato, di sezione rettangolare, che correranno lungo l'intero perimetro dell'area della discarica.

Le canalette raccoglieranno le acque di pioggia e le convoglieranno, grazie ad adeguate pendenze (almeno pari al 2‰), verso un recapito naturale posta immediatamente a sud dell'area occupata dalla discarica.

Il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque superficiali, è stato effettuato in base all'analisi idrologica così come indicato nella relazione idraulica e di compatibilità idraulica in allegato al presente progetto.

La determinazione della legge di pioggia, viene effettuata con il metodo dell'interpolazione su scale logaritmiche, a partire dai dati idrologici ufficialmente registrati, con riferimento a diversi tempi di ritorno, come riassunto nella relazione idrologica allegata.

Considerando che il deflusso delle acque meteoriche, convogliate nelle predette canalette, avranno un moto di correnti a pelo libero, dalla predetta legge di pioggia, e dall'analisi del bacino imbrifero insistente su di esse, mediante la formula di Chezy, e con procedimento iterativo, si è pervenuti al dimensionamento delle sezioni delle canalette, come meglio specificato nella relativa relazione idraulica e di compatibilità idraulica.

Sarà realizzata una rete di raccolta delle acque meteoriche mediante canalette di drenaggio in calcestruzzo vibrato poste perimetralmente all'area di discarica, le quali raccoglieranno le acque meteoriche di ruscellamento discendenti dalla sommità della copertura della discarica e le convoglieranno in un collettore, il cui compito è quello di scaricare tali acque meteoriche in un recapito finale.

Al fine di evitare che le acque di falda possano lambire il corpo dei rifiuti e dunque per evitare fenomeni di contaminazione della falda acquifera, si realizzerà una trincea drenante a monte

idraulico dell'area di discarica. La trincea sarà posizionata in direzione ortogonale al flusso di falda che, dalle risultanze del piano di indagini preliminari e del piano di caratterizzazione risulta avere direzione Nord-Sud, parallelamente al lato corto dell'area di interesse.

All'interno della trincea, per tutto il suo sviluppo, verrà collocato uno strato drenante in ghiaia; esso garantirà il corretto e rapido deflusso delle acque di falda verso l'asse longitudinale di drenaggio.

La tubazione di drenaggio, che sarà in PEAD, verrà messa in opera con una pendenza minima del 5‰ e sarà finestrata con tagli trasversali nella parte superiore per permettere l'afflusso di acqua.

Si impone un grado di riempimento massimo del 50%.

Le acque complessivamente drenate dal sistema di drenaggio delle acque meteoriche e dalla trincea drenante saranno convogliate come detto in ad un recettore idrico finale, rappresentato da un canale naturale posto a valle idrologica del corpo di discarica, così come indicato nell'elaborato grafico di progetto TAV. 7, previo trattamento mediante un impianto di depurazione compatto.



Figura 4.6 – Canalette prefabbricate in cav , con griglia

4.4 Opere di drenaggio del percolato

Nell'ambito delle indagini di caratterizzazione del sito è stata rilevata la presenza di strutture per la raccolta del percolato attraverso una opportuna rete di drenaggio posta sul fondo della discarica.

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

Inoltre è prevista la realizzazione di pozzi di emungimento spinti fino alla profondità delle sacche di percolato che eventualmente saranno riscontrate da evidenze in sito durante la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza della discarica. Attraverso i suddetti pozzi il percolato sarà emunto e smaltito a norma di legge.

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

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

4.5 Riqualificazione ambientale

Come già accennato, l'area ricade in zona a vocazione agricola naturalistica.

L'intervento di riqualificazione ambientale non comporta la costruzione di nessun fabbricato e si sviluppa nel pieno rispetto delle norme tecniche di attuazione regolate per questa zona.

Esauriti tutti gli adempimenti necessari per l'isolamento del materiale inquinante e per la protezione dell'ambiente circostante è possibile procedere al ripristino ed al recupero ambientale dell'area.

Per garantire la copertura vegetale del terreno, verrà realizzata l'idrosemina di graminacee e leguminose. Verranno messi a dimora arbusti scelti fra le specie autoctone, disposti in maniera casuale – evitando geometrismi antropici e che abbiano un apparato radicale tale da non spingersi oltre il terreno vegetale a disposizione, così da non apportare danni alla geomembrana sottostante, collocata secondo indicazioni progettuali fornite dalla messa in sicurezza del sito.

La copertura vegetale nelle opere di ripristino ambientale ha doppia funzione, naturalistica, paesaggistica ed idrogeologica (azione antierosiva). Essa infatti favorisce un migliore inserimento dell'intervento nell'ambiente naturale circostante migliorandone la percezione visiva, ed anche contribuisce a ridurre l'infiltrazione ed il ruscellamento delle acque meteoriche. La scelta delle specie da piantumare si è basata in primo luogo prediligendo specie coerenti con la flora e la vegetazione autoctona, ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali dell'ambiente circostante, in secondo luogo selezionando tra le varie quelle con le migliori caratteristiche di resistenza, facilità di attecchimento e minore necessità di manutenzione. Medesimi parametri di scelta sono stati adottati anche per la miscela di graminacee e leguminose che verrà utilizzata per coprire quelle aree interessate dall'idrosemina. La presenza della geomembrana ha vincolato la scelta e l'utilizzo quindi delle sole specie arbustive capaci di sviluppare un apparato radicale superficiale che non spingendosi in profondità non vada a danneggiare la geomembrana compromettendo l'isolamento dei rifiuti. Lungo il è stata prevista la piantumazione di siepe tipo biancospino (*Crataegus monogyna*) costituite da piante con bacche appetibili agli uccelli, al fine di aumentare la componente animale e rendere più vario l'ecosistema. L'impiego delle specie arboree quali quercia (*Quercus ilex*), o pino (*Pinus halepensis*), o carrubo (*Ceratonia siliqua*). Il periodo di impianto degli alberi andrà scelto scartando i mesi dell'anno più siccitosi. La messa a dimora degli alberi è preceduta dalla realizzazione delle buche che dovranno essere preparate in modo da tener conto del peso notevole della pianta e del naturale assestamento post piantumazione, dovranno presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici dell'albero, indicativamente una larghezza doppia rispetto alla zolla e profondità pari ad una volta e mezza. Dopo il riempimento della buca, è importante compattare, livellare e modellare il terreno per creare la conca di irrigazione, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la più completa adesione delle radici e della zolla alla nuova sede, nonché la ripresa della pianta.

Una pratica consigliata è quella della pacciamatura realizzata alla base degli alberi con materiali quali corteccia di pino, residui di coppatura, in maniera da ridurre l'evaporazione del terreno.

Necessario, per il primo periodo di piantumazione, prevedere un sistema di ancoraggio della pianta al suolo con pali tutori da interrare ad una profondità di circa 50-80 cm (facendo attenzione a non recare danno alla zolla della pianta) e fissare con legacci al tronco. Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, saranno necessari frequenti interventi di irrigazione e successivamente periodiche potature.

Il progetto del verde prevedrà la piantumazione di specie arbustive autoctone da impiantare in vari punti dell'area.

La scelta delle specie da impiantare si è basata sulla valutazione delle caratteristiche del sito, sono

state individuate quelle con maggiore adattabilità alle condizioni climatiche locali, maggiormente resistenti e necessitanti di scarsa manutenzione con un apparato radicale che non contrasti con il progetto di messa in sicurezza permanente. Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo. Particolare cura dovrà essere posta sia nell'acquisto del materiale vegetale, verificandone attentamente la provenienza, lo stato sanitario e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi, essiccamenti.

Le buche per la messa a dimora degli arbusti dovranno presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici della pianta e a creare un'opportuna area di terreno drenante, indicativamente con una larghezza circa doppia rispetto alla zolla e una profondità pari a circa una volta e mezza.

Nella preparazione della buca dovrà essere posta particolare attenzione alla eventuale presenza di reti tecnologiche sotterranee. In generale per evitare il ristagno in prossimità delle radici sarà necessario posizionare sul fondo della buca un opportuno strato di materiale drenante (ghiaia, ecc.).

Dopo il riempimento della buca, è importante compattare e livellare il terreno e subito irrigare, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la sua più completa adesione alle radici e alla zolla, nonché la ripresa della pianta. Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, sarà necessario effettuare frequenti interventi di irrigazione e potatura.

Nelle restanti zone ove non è prevista la piantumazione di arbusti ed alberi, si procederà con l'inerbimento di specie erbacee con la tecnica dell'idrosemina che consente il rapido e facile rinverdimento di superfici, in particolare quelle ripide o scarsamente accessibili e con scarso terreno vegetale. Essa si effettua con l'ausilio di idrosemiatrici dotate di cisterna, nella quale vengono miscelati sementi, col anti, concimi, ammendanti e acqua. La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe a pressione di tipo e caratteristiche (es. dimensione degli ugelli) tali da non danneggiare le sementi stesse e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali. La presenza dei collanti garantisce la protezione delle sementi durante la prima fase della germinazione. Per garantire l'attecchimento l'intervento di idrosemina deve avvenire nel periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esclusione del periodo estivo più arido. Il miscuglio di sementi, di provenienza autoctona idonea alle condizioni locali, sarà composto da graminacee (ad azione radicale superficiale), da leguminose (con capacità di arricchimento in azoto del terreno), quali: *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Brachypodium* spp., *Dorycnium hirsutum*, *Stipa bromoides*, *Medicago sativa*, *Trifolium campestre*, *Vicia sativa*. Si userà una quantità di sementi di circa 30 g/m², addizionata a sostanze colloidali, torba e fertilizzanti, da stabilire in funzione delle caratteristiche dell'area di intervento. La provenienza e la germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, per evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

4.6 Cronoprogramma

La durata complessiva dell'intervento è stimata in 40 (quaranta) giorni naturali e consecutivi, si veda il cronoprogramma elaborato DOC-CR-012.

4.7 Monitoraggio post operam

Il D.Lgs. 36/03 prevede che l'iter amministrativo di bonifica e messa in sicurezza di una discarica deve contenere un Piano di Monitoraggio anche per la fase post-operativa, redatto secondo i criteri stabiliti al paragrafo 5 dell'Allegato 2 dello stesso decreto legislativo.

Il Piano, autorizzato dagli enti di controllo, deve prevedere delle notifiche all'autorità competente in caso di eventuali effetti negativi sull'ambiente riscontrati a seguito delle procedure di controllo adottate.

Il controllo e la sorveglianza saranno condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente con riguardo ai parametri ed alle periodicità per i seguenti aspetti e comparti ambientali:

- Acque di drenaggio superficiale;
- Percolato;
- Emissioni gassose - qualità dell'aria;
- Parametri climatici;
- Morfologia della discarica e Stato del corpo della discarica;
- Suolo

Nella relazione specialistica allegata al presente progetto sono riportate nel dettaglio le modalità esecutive di realizzazione del piano di monitoraggio post intervento.

5 ANALISI DELLE TECNICHE DI BONIFICA

Si propone di seguito un confronto tecnico ed economico tra le possibili soluzioni di intervento per la messa in sicurezza della discarica in oggetto, alternative agli interventi di bonifica previsti. Le soluzioni alternative proposte sono:

- Pump & Treat
- Barriere reattive permeabili
- Stabilizzazione/solidificazione
- Barriere fisiche impermeabili

5.1 Pump & Treat

Il convenzionale sistema di intervento sulle acque sotterranee contaminate, o di protezione della falda acquifera da una sorgente di contaminazione, è costituito dal Pump & Treat. Tale tecnologia è applicabile in diverse situazioni in cui le acque sotterranee siano contaminate da composti relativamente solubili, ad elevata solubilità e con bassa tendenza a ripartirsi/adsorbirsi sulle fasi solide, per acquiferi permeabili e caratterizzati da una profondità della falda che rende inapplicabili altre tecnologie di trattamento. Questo sistema di bonifica in situ è finalizzato, mediante pozzi di emungimento dedicati all'intercettazione della falda inquinata, a creare una depressione piezometrica in grado di catturare i flussi idrici inquinati. Tale depressione può avere il duplice effetto di deviare le linee di flusso, preservando le captazioni poste più a valle e di determinare un abbassamento del livello di falda, in modo da controllare e interrompere la migrazione a valle del "plume" di inquinante. L'acqua emunta deve essere sottoposta a trattamento prima dello scarico.

La tecnica di Pump and Treat avviene solitamente secondo le seguenti fasi:

- disposizione di un certo numero di pozzi nella zona inquinata, che varia con l'estensione dell'area da bonificare e col tipo di sorgente contaminante;
- prelievo dell'acqua inquinata dai pozzi di estrazione per mezzo di pompe;
- raccolta dell'acqua in serbatoi e invio all'impianto di trattamento;
- trattamento dell'acqua inquinata
- scarico in fognatura, corpo idrico recettore, utilizzo in cicli produttivi o eventuale reinserimento in falda dell'acqua trattata (ai sensi dell'art. 243, del D.Lgs 152/06 e s.m.i.)

L'impiego di pozzi offre una serie di vantaggi quali il limitato spazio disponibile per la struttura, la possibilità di modulare la portata prelevata dal sottosuolo (compatibilmente con la portata di falda e delle perdite di carico nel pozzo), l'influenza su larga parte dell'intervento (raggio di azione della captazione), l'applicabilità in mezzi a porosità interstiziale e la notevole profondità di intervento.

Tale tecnologia può essere utilizzata singolarmente o abbinata ad altri sistemi di intervento delle acque sotterranee, finalizzati alla creazione di una barriera alla propagazione dei contaminanti. Per migliorare il processo di bonifica l'acqua depurata può essere reinserita a monte della zona inquinata, in questo modo si ha l'aumento della portata di ricircolo nella zona da trattare migliorando il recupero dell'inquinante.

Per il trattamento delle acque di falda, una volta emunte, si utilizzano le tradizionali tecnologia di trattamento applicate alle acque di scarico di tipo biologico e chimico-fisici come trattamento a colture adese o sospese, carboni attivi, ecc. stripping, adsorbimento su carboni attivi, scambio ionico, filtrazione su membrana, osmosi inversa, ossidazione avanzata etc. La scelta dipende dalla tipologia di contaminante e dalle sue caratteristiche fisico-chimiche. Il sistema deve consentire di raggiungere concentrazioni finali rispondenti ai limiti di accettabilità per le acque sotterranee, prima della loro re-iniezione nel sottosuolo ovvero del loro scarico in corpi idrici recettori superficiali.

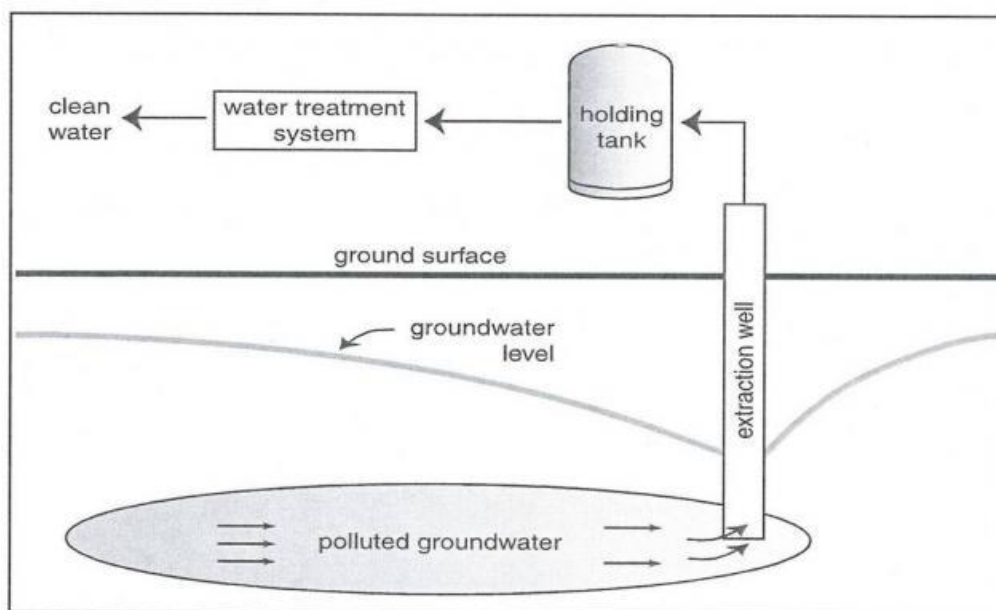


Figura 5.1– Schematizzazione impianto di Pump & Treat.

I principali vantaggi della tecnologia sono così riassumibili:

- Il processo presenta una facile progettazione e rapida messa in opera dell'impianto;
- Immediato effetto di sbarramento alla migrazione verso valle della contaminazione;
- Efficace per falde contaminate anche a notevole profondità;
- Particolarmente adatto per bonifica di aree contaminate da sostanze miscibili con acqua;
- Tecnica sperimentata e consolidata.

Di contro i principali svantaggi posso essere così riassunti:

- Il raggiungimento degli obiettivi di bonifica può richiedere molti anni (in particolare nel caso di composti con elevata costante di adsorbimento al terreno, o di presenza di fase libera);
- Costi aggiuntivi in fase di gestione per la lunghezza della durata dei trattamenti;
- La tecnica non riduce la concentrazione alla sorgente quando questa è costituita da sottosuolo inquinato;
- Può portare all'impoverimento della falda;
- Poco efficace per composti organici immiscibili NAPL;

In presenza di sostanze contaminanti sulla fase solida o di fasi organiche separate dalla fase acquosa (LNAPL e DNAPL) si manifestano i fenomeni di tailing e rebound che sono tipici di quelle sostanze che hanno tendenza a ripartirsi sulle fasi solide e di acquiferi fortemente eterogenei.

- Tailing
- Rebound

Per tailing si intende quel fenomeno per cui, al procedere dell'estrazione di acqua sotterranea la velocità di diminuzione della concentrazione del contaminante si riduce progressivamente.

Il livello di concentrazione può decrescere in tempi rapidi, ma un livello residuo può permanere per tempi molto lunghi. In queste condizioni si è costretti a pompare grandi volumi rimuovendo piccole quantità di inquinante con problemi anche nei sistemi di trattamento delle acque emunte.

Una volta interrotto il pompaggio si può assistere ad un aumento della concentrazione che può raggiungere anche valori molto prossimi a quella iniziale.

Per rebound si intende quel fenomeno in cui si osserva un aumento della concentrazione delle sostanze in soluzione, una volta che si riprende l'estrazione, dopo che essa è stata interrotta per lungo tempo.

5.2 Barriere reattive permeabili (PRB)

Le barriere reattive permeabili rappresentano un tecnica di trattamento in situ per la messa in sicurezza/bonifica e protezione di acque sotterranee contaminate. E' costituita da una installazione di materiali reattivi nel sottosuolo, progettata per intercettare il pennacchio di contaminanti, creare un percorso preferenziale attraverso il mezzo reattivo e trasformare i contaminanti in forme non pericolose per l'ambiente così da ottenere i valori di concentrazione fissati.

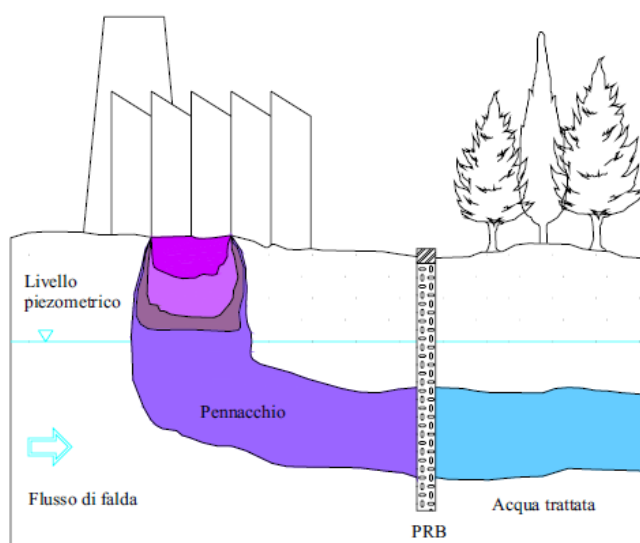


Figura 5.2 –Configurazione generica di una barriera reattiva

La messa in opera delle barriere reattive si effettua ricorrendo generalmente, a due diverse configurazioni planimetriche:

- *barriera continua*;
- *“funnel and gate”*;

Una barriera reattiva permeabile *continua* è costituita da una cella che si estende senza interruzioni, in modo da intercettare il pennacchio in tutta la sua estensione, senza alterare le condizioni di flusso del sito: il pennacchio attraversa la barriera sotto il gradiente naturale, senza che ci siano variazioni di velocità.

Una barriera reattiva permeabile con la configurazione *“funnel and gate”*, comprende:

- due sezioni a bassa permeabilità (funnel) esterne, costituite da uno o più diaframmi plastici (es. cemento-bentonite) o da palificazioni, che servono a convogliare il pennacchio verso la zona centrale;
- una sezione permeabile (gate) interna, costituita da una trincea contenente il materiale reattivo.

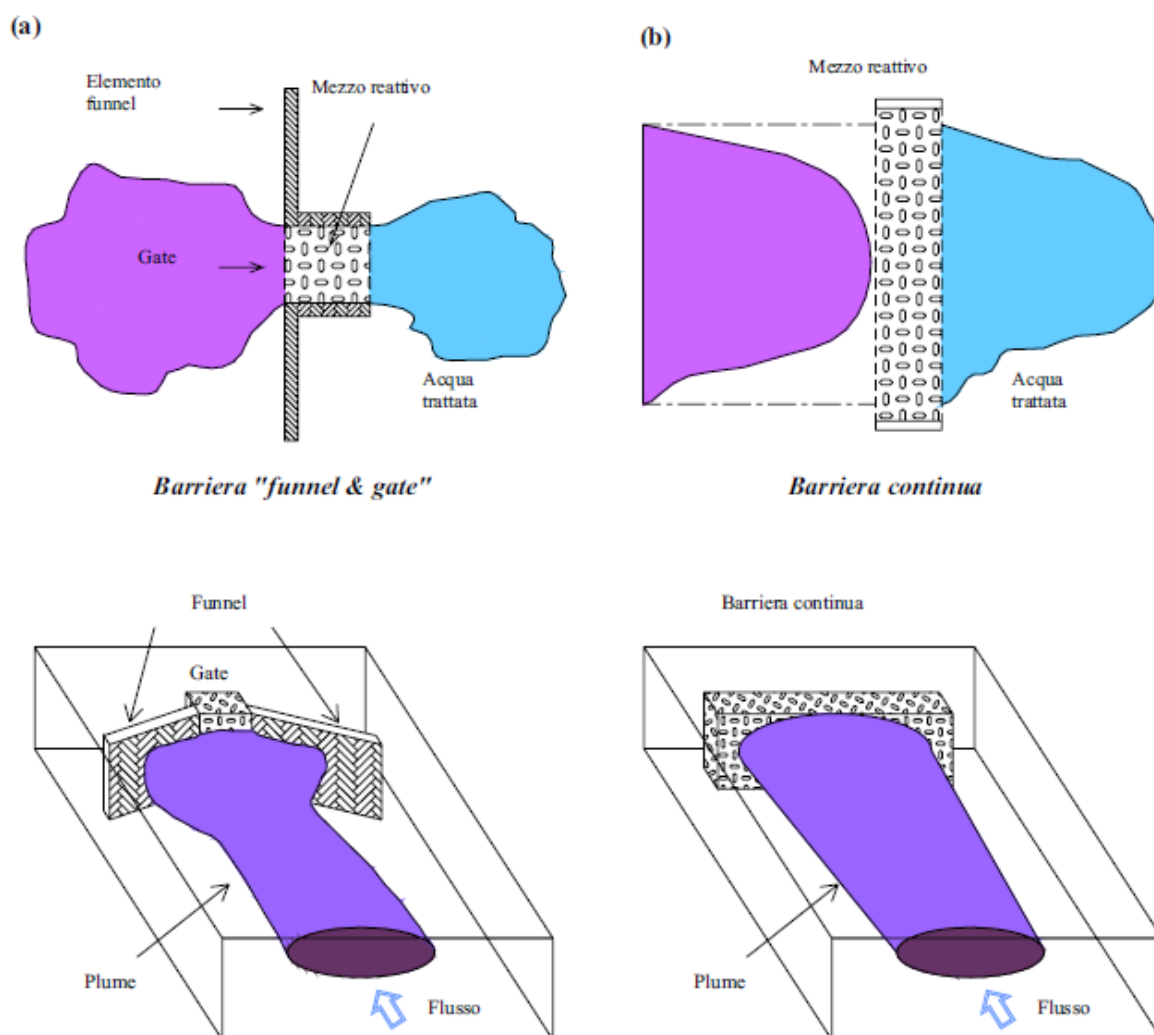


Figura 5.3 – Configurazioni delle PRB: a) "funnel and gate"; b) barriera continua

E' possibile poi distinguere barriere "sospese" e barriere "immorsate". Nei casi in cui non tutto lo spessore saturo sia interessato dal fenomeno di inquinamento è possibile intervenire con una barriera "sospesa" limitando, in questo modo, le profondità degli scavi alla parte più superficiale dell'acquifero. Se la contaminazione è distribuita su tutto lo spessore saturo dell'acquifero, o nel caso in cui coinvolga strati più profondi, è necessario realizzare una barriera immorsata, che raggiunga il basamento impermeabile dell'acquifero. Per quanto riguarda la permeabilità della cella, questa deve essere superiore a quella del sistema acquifero, per evitare fenomeni di aggiramento e per favorire il deflusso dell'acqua contaminata attraverso la barriera reattiva.

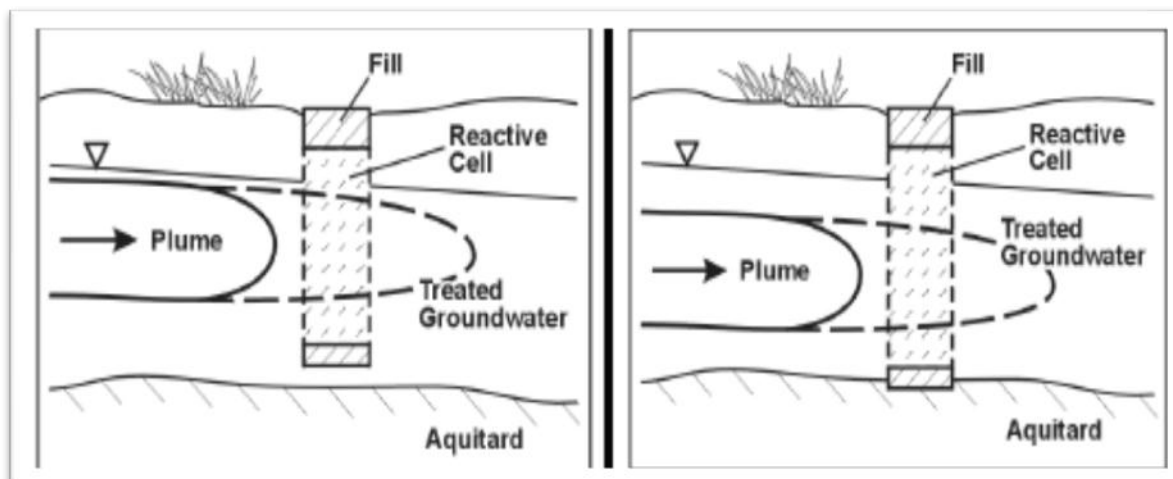


Figura 5.4 –Barriere reattive permeabili sospese e ammersate

Si osserva che nel caso di barriera sospesa è da tener presente la possibilità che, il pennacchio aggiri la stessa.

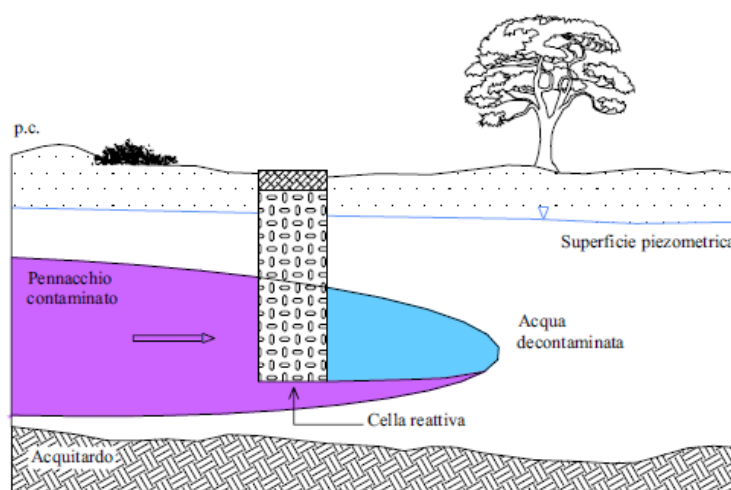


Figura 5.5 – Profondità barriera insufficiente (Rizzello D., Criteri di applicabilità delle barriere reattive).

I fenomeni di degradazione dei contaminanti contenuti nell'acqua ad opera del substrato reattivo di riempimento, possono essere di tipo chimico, chimico-fisico e biologico. Le reazioni chimiche che avvengono sono sostanzialmente quelle di riduzione ed ossidazione dei contaminanti ed il mezzo reattivo funge, di volta in volta, da agente riducente o ossidante. Nel caso di degradazione chimica, il materiale comunemente utilizzato è il ferro zerovalente granulare. La degradazione può essere sia totale che parziale, con formazione di prodotti intermedi a tossicità ridotta rispetto ai composti iniziali. Per quanto riguarda fenomeni di tipo chimico-fisico, si fa generalmente riferimento all'adsorbimento dei contaminanti su substrato solido. Tale substrato è generalmente costituito da carboni attivi, efficaci soprattutto sui composti organici apolari, o da zeoliti, naturali o artificiali. Infine, con riferimento a fenomeni biologici, il materiale di riempimento può fungere da supporto per la crescita delle popolazioni batteriche autoctone. In tal caso, aggiungendo nutrienti ed ossigeno in quantità e tempi opportuni, si stimola la crescita batterica, sostenendo la degradazione biologica dei contaminanti.

Tutte le reazioni di degradazione richiedono un monitoraggio costante, per il fatto che possono essere accompagnate da fenomeni di precipitazione in soluzione delle sostanze contaminanti, fenomeno che nel tempo altera la permeabilità e la reattività della barriera, compromettendo l'efficacia del trattamento stesso.

La scelta del materiale reattivo, in virtù del tipo di barriera che si intende realizzare, va fatta tenendo in considerazione aspetti quali:

- *reattività*: sono da preferirsi quei materiali che danno maggiori velocità di reazione, consentendo un tempo di residenza nella zona di trattamento minore;
- *stabilità*: e la capacità di un mezzo reattivo di mantenere le caratteristiche di reattività inalterate nel tempo; da essa dipende l'efficienza a lungo termine della barriera;
- *disponibilità e costi*: va osservato che non sempre a costi maggiori corrisponde una maggior efficacia del mezzo reattivo;
- *permeabilità*: la granulometria del mezzo, da cui la permeabilità dipende, deve essere tale da garantire un tempo di residenza sufficiente alla degradazione o all'assorbimento dei contaminanti. Inoltre la permeabilità richiesta deve restare inalterata nel tempo;
- *compatibilità ambientale*: il mezzo reattivo non deve produrre residui dannosi, come ad esempio ossidi, idrossidi e carbonati;

La scelta non può prescindere da una attenta valutazione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito e delle proprietà dei contaminanti e deve comunque essere successiva all'esecuzione di *test di trattabilità*, a scala di laboratorio, che hanno come obiettivo:

- accertare che il mezzo reattivo scelto sia idoneo a trattare i contaminanti presenti nel sito;
- stimare le cinetiche di degradazione o le isoterme di adsorbimento dei contaminanti;
- individuare le reazioni chimiche principali su cui si basa il processo di degradazione/ossidazione/riduzione;
- stimare l'efficienza idraulica a lungo termine del mezzo reattivo, servendosi di prove di permeabilità in colonna, protratte per periodi sufficientemente lunghi. Infatti, dopo un certo periodo di attività del sistema, iniziano a formarsi dei precipitati (ossidi ed idrossidi insolubili) che si depositano sulla superficie del substrato e di conseguenza ne riducono la permeabilità, oltre che la reattività.

I test da eseguire sono costituiti sia da *prove statiche* (batch test) che da *prove dinamiche* (prove in colonna) e dovrebbero preferibilmente sfruttare campioni di acqua prelevati in sito, vista l'importanza che hanno le caratteristiche geochimiche dell'acqua nel determinare l'efficienza del trattamento.

In conclusione per una PBR:

I principali *vantaggi* sono:

- non si hanno costi dovuti a strutture in superficie per lo stoccaggio, il trattamento, il trasporto o l'eliminazione degli inquinanti: il trattamento avviene nel sottosuolo;
- il trattamento tipico è passivo;
- dopo l'installazione la zona di terreno in superficie può essere riutilizzata;
- i contaminanti non sono portati in superficie;
- i costi di gestione e mantenimento sono molto bassi o nulli;
- prodotti finali non tossici.

I principali *svantaggi* sono:

- la tecnologia è poco efficace nel caso si operi su una sorgente di inquinanti non molto lontana dalla superficie;
- i tempi e quindi la longevità delle barriere reattive sono variabili;

- è fondamentale possedere una dettagliata caratterizzazione degli inquinanti e dell'ambiente circostante;
- possibilità di trattare solo la frazione solubile dei composti organici;
- la difficoltà di catturare l'intero plume di inquinante in situazioni dove sono ipotizzabili percorsi preferenziali del flusso di acqua di falda;
- l'incertezza relativa alla longevità dei materiali reagenti e dell'eventuale rigenerazione degli stessi.

5.3 Stabilizzazione e vetrificazione

La stabilizzazione (o inertizzazione) è una tipologia di intervento che prevede l'iniezione e il mescolamento con il terreno contaminato di sostanze di carattere principalmente chimico (stabilizzazione) e/o azioni preminentemente fisiche (fissaggio) in grado di immobilizzare gli inquinanti della sorgente di contaminazione.

Gli additivi comunemente utilizzati in questo tipo di interventi sono cemento, pozzolana, calce, silicati solubili, bentonite, argilla modificata, sostanze termoplastiche, polimeri organici, resine termoplastiche e resine termoidurenti. In base alle azioni svolte dai vari additivi sul contaminante possono essere classificate in Macroincapsulazioni; Microincapsulazioni; Assorbimento; Adsorbimento; Precipitazione; Disintossicazione.

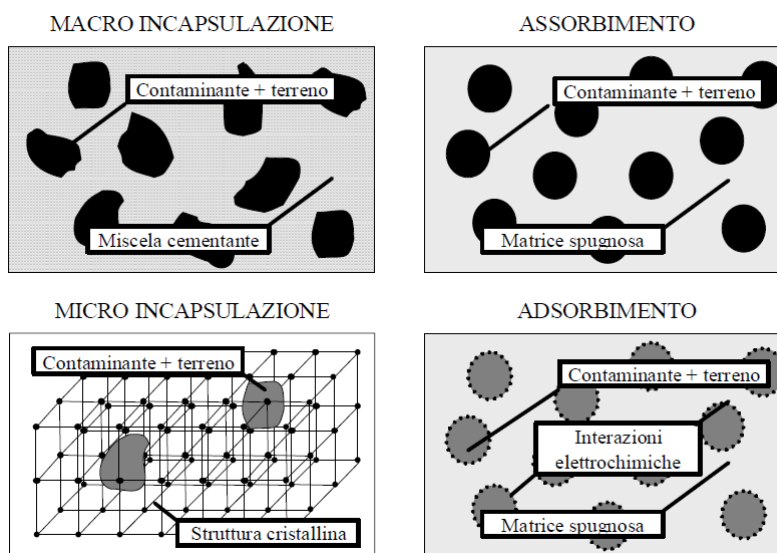


Figura 5.6 – Meccanismi di stabilizzazione/fissaggio degli inquinanti

Gli interventi possono essere eseguiti sia *in-situ* che *on-site*; nel primo caso, a causa i macchinari utilizzati (ad eliche miscelatrici) le profondità massime raggiungibili non possono superare i 30 m e la capacità di trattamento, strettamente correlata alle caratteristiche del terreno, è in genere circa 10-15 m³/h. Per terreni in cui non sia possibile operare con le eliche miscelatrici si possono alternativamente utilizzare o il jet-grouting o le iniezioni per permeazione o claquage. I trattamenti *in-situ* sono preferibili perché presentano rischi ambientali decisamente ridotti rispetto a quelli *on-site*. In ogni caso, qualsiasi sia il trattamento adottato, è sempre buona norma prevedere un sistema di captazione delle emissioni gassose, in quanto la miscelazione potrebbe favorire la volatilizzazione dei contaminanti.

La metodica on-site prevede una sequenza di operazioni simile a quella usata per la preparazione del cemento:

- Unità di stoccaggio del terreno e degli additivi.
- Unità di pretrattamento, finalizzata a condizionare il terreno per facilitare le operazioni successive (eliminare le frazioni grossolane, aggiunta di precipitanti, sorbenti ecc).
- Unità di miscelazione: le apparecchiature presenti sul mercato sono svariate, la scelta va effettuata di volta in volta a seconda delle caratteristiche del terreno e della natura del contaminante.
- Area di maturazione del terreno inertizzato: infatti il più delle volte il terreno trattato può essere riposizionato esclusivamente dopo un prefissato periodo di tempo in funzione del tipo di additivi utilizzati.

Il processo di vetrificazione è basato sul riscaldamento del terreno e quindi dei contaminanti in esso contenuti, ad una temperatura che va dai 1.600°C a quasi 2000°C, seguita da un rapido raffreddamento. Il risultato di questa sequenza porta alla formazione di un monolite amorfo non cristallino estremamente compatto. Questa tecnica, originariamente sviluppata per il trattamento dei rifiuti a bassa radioattività, consente l'intrappolamento dei contaminanti all'interno di una massa solida difficilmente disgregabile. Per ottenere le temperature indicate si sfrutta il riscaldamento connesso all'attraversamento all'interno della massa da fondere della corrente elettrica. L'incremento di temperatura del terreno comporta inizialmente la volatilizzazione e successivamente la pirolisi (effetto del riscaldamento in assenza di ossigeno) dei composti organici presenti nel sottosuolo.

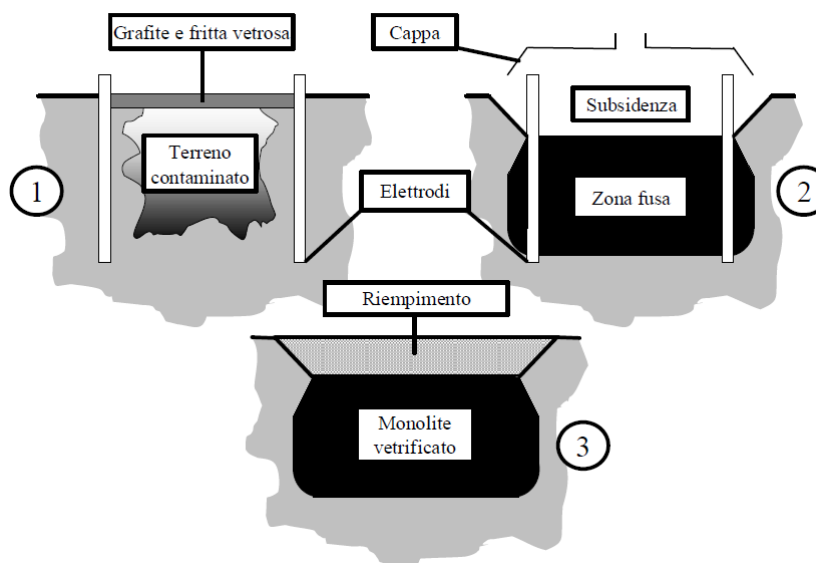


Figura 5.7 – Fasi del processo di vetrificazione

I prodotti della pirolisi migrando verso la superficie all'interno della massa fusa (decisamente viscosa), in parte si dissolvono in essa ed in parte raggiungono la superficie dove vengono rapidamente ossidati dall'ossigeno atmosferico. E' in genere consigliabile disporre in superficie una cappa per la raccolta e il successivo trattamento dei gas, per evitare di rilasciare il contaminante nel comparto atmosferico. I composti ed i contaminanti che non sono passati nella fase gassosa rimangono imprigionati all'interno del monolite roccioso. La formazione del monolite, a causa dei

gas liberati e dell'aumento di densità, comporta una diminuzione di volume dell'ammasso del 20-40 % che quindi genera un effetto di subsidenza superficiale abbastanza consistente.

Vantaggi della vetrificazione:

- assenza delle fasi di escavazione, pretrattamento e rideposito del terreno;
- minimizzazione del rischio per gli operatori e i tecnici;
- elevate rese di distruzione dei contaminanti organici e di immobilizzazione di quelli inorganici.

Svantaggi della vetrificazione:

- elevati consumi di energia;
- notevole influenza dell'umidità del suolo su tempi e costi del trattamento;
- necessità di un suolo con sufficiente contenuto di ossidi di silicio e di alluminio;
- difficoltà di verifica del grado di uniformità e di stabilità del monolite, e nel controllo della profondità di trattamento;
- impossibilità di trattare terreni con eccessivo contenuto organico e metallico.
- fenomeni di cessione
- effetti a lungo periodo (anche per effetto di cicli di gelo e disgelo)
- permeabilità residua

5.4 Barriere fisiche impermeabili

Al fine di rimediare a severi fenomeni di contaminazione delle matrici ambientali per un sito contaminato è possibile ricorrere a misure di sbarramento fisiche passive mediante la realizzazione di barriere o diaframmi verticali e sistemi di impermeabilizzazione sotterranei di fondo in acciaio o in altri materiali impermeabili. Le barriere fisiche impermeabili possono essere realizzate mediante infissione, escavazione, gettiniezione, iniezione, in situ, o combinazioni di due o più delle precedenti tipologie.

I sistemi di confinamento si possono distinguere a seconda di:

- Configurazioni d'utilizzo
 - sistemazione altimetrica (immorsato o sospeso);
 - sistemazione planimetrica (cinturazione parziale a valle, a monte, totale).
- Sistemi costruttivi
 - barriere ad infissione;
 - barriere per sostituzione;
 - barriere per escavazione.

Mediante i **diaframmi immorsati** l'isolamento è completo sia per i contaminanti non miscibili con l'acqua (LNAPL, DNAPL) sia di quelli miscibili. Tale intervento risulta impraticabile se il substrato impermeabile è a distanze eccessive dal piano campagna.

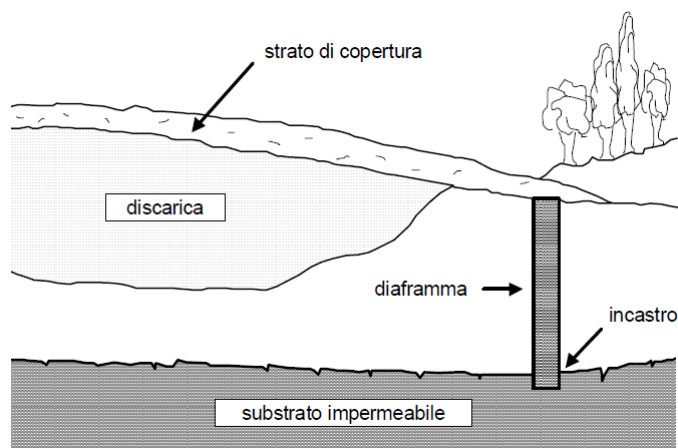


Figura 5.8 – Diaframma immerso

Mediante i **diaframmi sospesi** è possibile ottenere l'isolamento dei contaminanti non miscibili con l'acqua ed a bassa densità (LNAPL) che meno densi dell'acqua galleggiano su di essa. La profondità della barriera è legata al livello della falda e alle sue fluttuazioni stagionali.

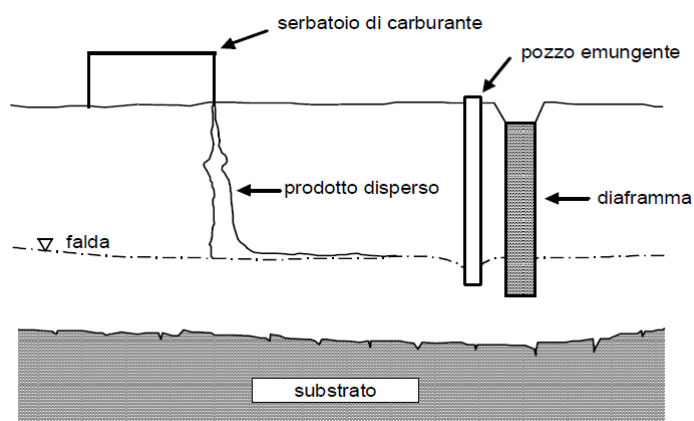


Figura 5.9 – Diaframma sospeso

Nella configurazione di **cinturazione parziale a monte**, la barriera protettiva evita il contatto tra l'acqua di falda e i contaminanti presenti nel sito; in condizioni d'elevato gradiente idraulico la barriera può essere coadiuvata da un sistema di drenaggio.

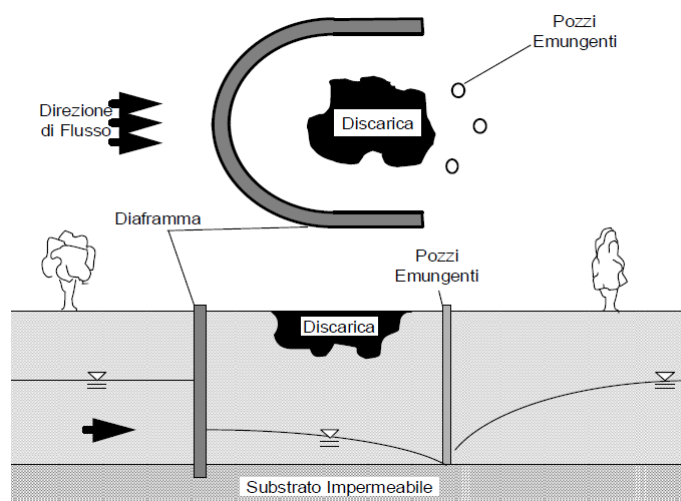


Figura 5.10 – Cinturazione parziale a monte

Nella configurazione di **cinturazione parziale a valle**, la barriera non evita la contaminazione dell'acqua di falda; viene coadiuvata da un impianto di emungimento del percolato raccolto nelle vicinanze del diaframma. Tale soluzione andrebbe utilizzata solo nei casi in cui non sia utilizzabile quella precedente.

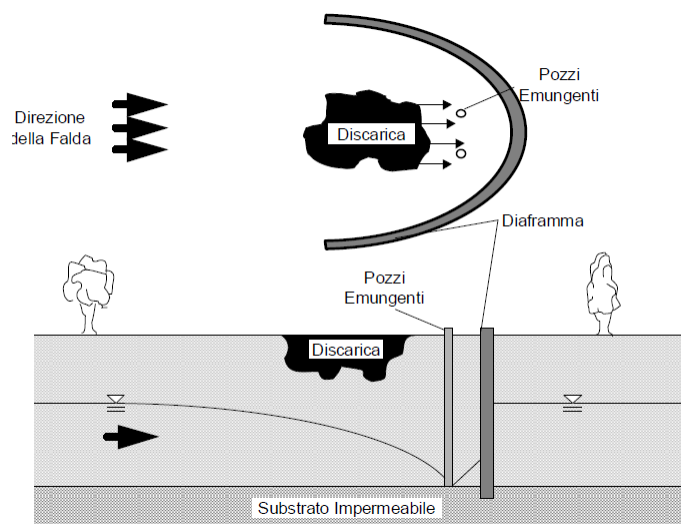


Figura 5.11 – Cinturazione parziale a valle

La **cinturazione** è **completa** se la barriera è immersa in un substrato impermeabile di fondo (immersa) e cinge l'intero sito contaminato sia a valle che a monte. Tale configurazione garantisce l'isolamento idraulico completo ed grande margine di sicurezza rispetto alle variazioni delle caratteristiche idrogeologiche della zona interessata dall'intervento.

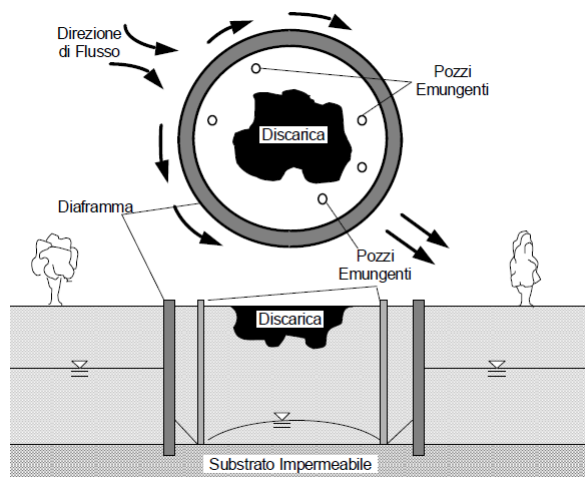


Figura 5.12 – Cinturazione completa

Nelle Tabelle seguenti si riportano le principali tecnologie e relative caratteristiche nella realizzazione di barriere fisiche impermeabili.

Tabella 5.1. – Barriere fisiche per infissione

Tecnologia	Denominazione convenzionale	Schema in pianta	Terreno	Materiale impermeabilizzante	Dimensioni	
					L (m)	H (m)
Spiazzamento del terreno ed immissione di miscele impermeabilizzanti o infissione di palancole e manufatti prefabbricati	Diaframma a trave infissa		Terreni dove è possibile infiggere elementi per battitura e/o vibrazione	Miscele cemento bentonite con inerti o additivi	0,05 - 0,3	10 - 35
	Diaframma sottile con geomembrana			Miscele cemento bentonite e geomembrana	$\geq 0,002$	10 - 40
	Palancole			Acciaio	~ 0,02	20- 30
	Diaframma ad elementi prefabbricati infissi			Calcestruzzo	$\geq 0,4$	15 - 25

Tabella 5.2. – Barriere fisiche per sostituzione

Tecnologia	Denominazione convenzionale	Schema in pianta	Terreno	Materiale impermeabilizzante	Dimensioni	
					L (m)	H(m)
Riduzione della permeabilità del terreno in sito	Iniezioni		Terreno iniettabile	Miscele cemento bentonite, silicati, miscele cementizie con o senza filler	1,5 - 2,5	20-80
	Jet-grouting		Possibile esecuzione anche in terreni fini	Miscele bentonitiche con cemento	0,15-0,3	20-30
	Colonne di terreno miscelato in sito con additivi			Calce, cemento, bentonite	0,8-1,5	30-60
	Congelamento			Azoto liquido con impianto di congelamento	≥ 0,7	50-100

Tabella 5.3. – Barriere fisiche per escavazione

Tecnologia	Denominazione convenzionale	Schema in pianta	Terreno	Materiale impermeabilizzante	Dimensioni	
					L(m)	H(m)
Scavo, asportazione e sostituzione con miscele impermeabilizzanti	Diaframma plastico monofase		Possibili problemi in presenza di inquinanti	Miscele cemento bentonite	0,4-1,6	100-170
	Diaframma plastico bifase				0,4-1,6	40-70
	Diaframma plastico con geomembrana			Miscele cemento bentonite e geomembrana	0,4-1,6	20-50
	Diaframma a pali secanti		Nessuna restrizione nel caso di pali eseguiti con rivestimento	Miscele cemento bentonite o calcestruzzo	0,4-1,5	20-40

5.5 Confronto

A conclusione della disamina delle possibili tecnologie di intervento per la bonifica e messa in sicurezza della discarica in oggetto, si effettua un confronto economico tra le diverse soluzioni possibili.

Come fonte ufficiale per la definizione dei costi unitari per l'applicazione delle diverse soluzioni di intervento si è fatto riferimento allo studio CLARINET (2002). In Tabella si riporta il confronto tra i costi delle diverse soluzioni progettuali per lo specifico sito in esame.

Tabella 5.4 – Confronto costi diverse soluzioni di bonifica

Tecnologia	Costo unitario	Costo medio	Quantità	Costo totale
Capping superficiale	25-50 €/m ²	37,5 €/m ²	4400 m ²	165.000 €
Pump & Treat	10-150 €/m ³	80 €/m ³	22000 m ³	1.760.000 €
Barriere reattive permeabili	10-100 €/m ³	55 €/m ³	22000 m ³	1.210.000 €
Stabilizzazione	80-200 €/m ³	140 €/m ³	22000 m ³	3.080.000 €
Vetrificazione	65 €/ton	65 €/m ³	24640 ton	1.601.600 €
Barriere fisiche impermeabili	50-400 €/m ³	225 €/m ³	22000 m ³	4.950.000 €

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

6 Quadro Economico

L'importo delle opere è stato determinato attraverso il computo metrico estimativo allegato al presente progetto. I prezzi unitari sono stati desunti dal PREZZIARIO DEI LAVORI PUBBLICI 2014 di cui alla D.G.R.C. n. 713 del 30/12/2014. Per le categorie di lavorazioni non presenti nel suddetto prezziario, sono state redatte apposite analisi prezzo sommando i vari contributi per la manodopera, noli, trasporti e materiali. In particolare per la manodopera i costi orari unitari sono stati desunti dalle tabelle ufficiali.

Si riporta di seguito il Quadro Economico relativo al progetto di bonifica e messa in sicurezza della discarica.

Tabella 6.1 – Quadro Economico

QUADRO ECONOMICO RIEPILOGATIVO	
a) lavori a corpo	
1) Per lavori a base d'asta	€ 420.126,19
2) Sicurezza	€ 25.276,36
3) Importo complessivo lavori	€ 445.402,55
b) Somme a disposizione della stazione appaltante	
b1) I.V.A. sui lavori 10%	44.540,26 €
b2) Per spese tecniche generali 10% di A3	€ 44.540,26
b4) CNAP 4%	€ 1.781,61
I.V.A. su b2 + b4 (22%)	€ 10.190,81
b3) Responsabile del procedimento (art92 d.lgs 163/2006)	€ 8.908,05
b1) imprevisti <5%	€ 18.990,63
Totale delle somme a disposizione dalla stazione appaltante (B)	€ 128.951,61
Totale delle spese per la realizzazione dell'intervento	€ 574.354,16

Il Progettista
 Ing.T.Pelella

**PROGETTO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA
PERMANENTE**

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

**EX DISCARICA COMUNALE TORRE ORSAIA (SA)
LOCALITA' "SAN BIASE"**

Dimensionamento Capping

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	INCAPSULAMENTO INVASO DI R.S.U.....	4
3	TERRENO VEGETALE DI SUPPORTO.....	7
4	STRATO PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE.....	7
4.1	SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI GEOCOMPOSITO PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE	9
4.2	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE RICHIESTE.....	9
5	GEOCOMPOSITO BENTONITICO GCL	10
6	STABILITÀ DELLA COPERTURA	11

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato, componente il progetto operativo di Bonifica e Messa in sicurezza dell'ex Discarica comunale di R.S.U. in Torre Orsaia, località "San Biase", costituisce la relazione di dimensionamento del sistema di capping superficiale. Per l'impermeabilizzazione dell'intero sito sarà realizzato un intervento di capping. L'intervento consentendo di eliminare le infiltrazioni di acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti, impedisce la contaminazione della falda e riduce la produzione di percolato della discarica.

2 INCAPSULAMENTO INVASO DI R.S.U.

Per l'impermeabilizzazione dell'invaso dei rifiuti sarà realizzato un intervento di capping esteso su una superficie complessiva di circa 4400 mq, come indicato nella figura successiva.

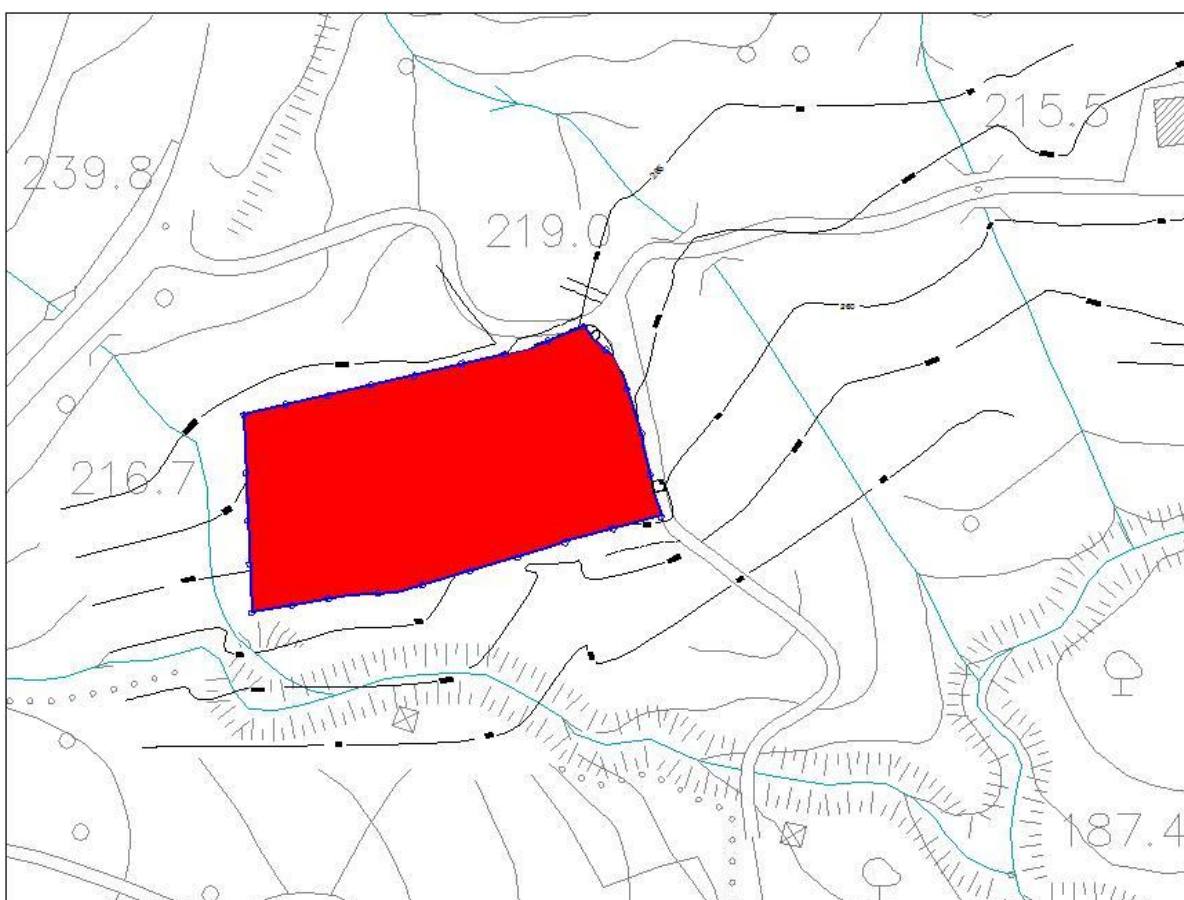


Figura 2.1 Estensione del capping

In accordo con quanto indicato nel D.Lgs. 36/03 per una discarica di rifiuti non pericolosi, la tipologia di copertura è rappresentata nella figura sottostante. In particolare sarebbero necessari dal basso:

- uno strato di materiale granulare di spessore 500 mm per il drenaggio del biogas
- una barriera naturale in argilla compattata avente spessore paria a 500mm ed in grado di

assicurare una conducibilità idraulica non superiore a 10^{-8} m/s

- uno strato di materiale granulare per il drenaggio delle acque meteoriche
- uno strato di terreno vegetale di supporto

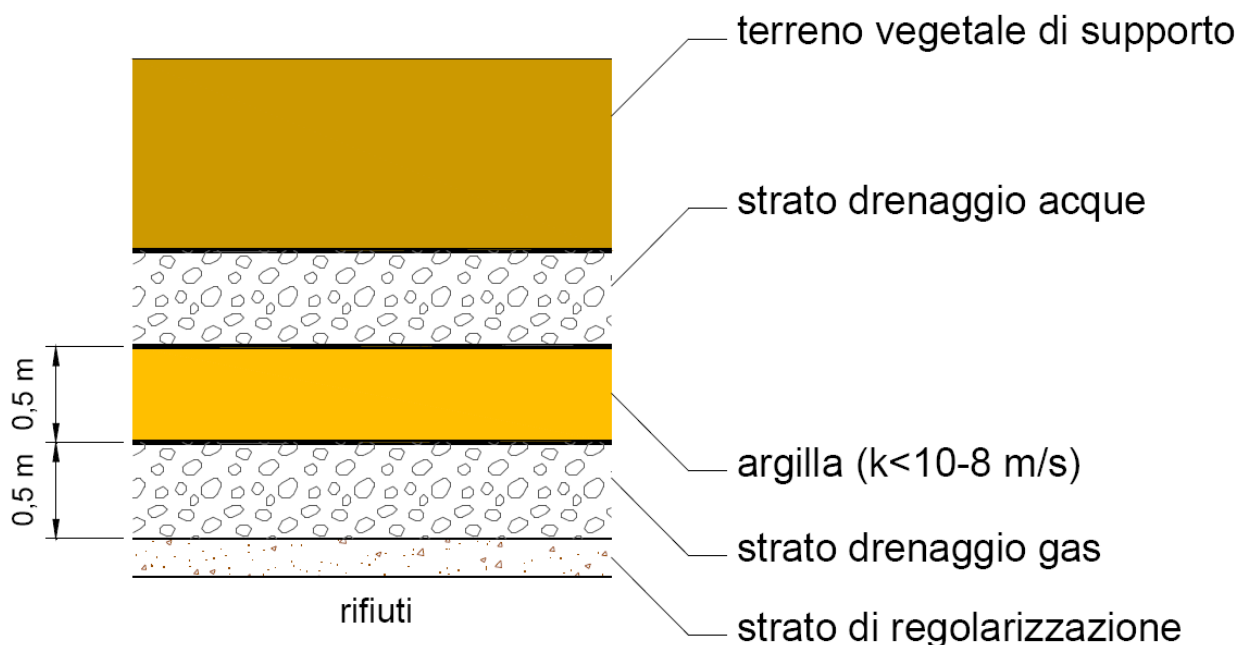


Figura 2.2 Copertura prevista dal D.Lgs. 36/03

In progetto viene proposta una soluzione alternativa che garantisce prestazioni equivalenti al pacchetto indicato nel D.Lgs 36/03.

Si osserva che nel presente progetto, data l'età, la tipologia del tipo di discarica e l'assenza di rilevante analitiche significative relativamente alla produzione di biogas, si ritiene superfluo prevedere la realizzazione di uno strato di drenaggio del biogas.

Gli strati di materiale naturale, che costituiscono la strato drenante per le acque meteoriche, sono sostituiti, nell'ambito di tale progetto, da materiali sintetici per incrementare la tenuta del sistema barriera. Analizzando la stratigrafia proposta dal D.Lgs. 36/03, risulta infatti essere evidente la mancanza di ogni riferimento a materiali che, anche in Italia prima dell'avvento del Decreto, venivano regolarmente e con successo impiegati nelle discariche, quali i geocompositi drenanti.

Le moderne tecnologie produttive, unitamente con i sempre più stringenti requisiti di controllo qualità fanno sì che al giorno d'oggi un geocomposito dotato di marcatura CE e fornito da un'azienda certificata ISO 9001 possa fornire garanzie di efficienza, durabilità ed affidabilità infinitamente maggiori rispetto a qualunque materiale naturale.

Le ragioni che possono portare a sostituire, sotto specifiche condizioni critiche, i materiali drenanti granulari con materiali sintetici sono molteplici.

Le prime motivazioni sono di ordine strettamente tecnico: la geometria delle sponde rende problematica la posa dello spessore di materiale granulare necessario per la realizzazione dello strato drenante.

Le difficoltà sopra esposte vengono amplificate laddove le verifiche debbano essere effettuate, tenendo in considerazione le accelerazioni sismiche cui la copertura potrebbe essere sottoposta, ad esempio nelle verifiche di stabilità del pacchetto per il drenaggio delle acque meteoriche.

Le seconde motivazioni sono di tipo economico: i materiali che generalmente vengono utilizzati per lo strato drenante sono rappresentati da ghiaie e sabbie pulite. La necessità di conferire in cantiere ingenti quantitativi di un materiale pregiato e costoso, molto difficilmente reperibile in tale quantità da una singola fonte e, quindi di difficile controllo in cantiere, rendono tale soluzione estremamente costosa. Al contrario, un geocomposito drenante ha caratteristiche misurate e misurabili. L'ultima (ma non in ordine di importanza) valutazione che è possibile fare è legata all'impatto ambientale causato dal rispetto della normativa. In particolari contesti, l'impiego di materiali naturali (argilla ghiaia) comporta costi notevoli anche dal punto di vista ambientale; tali costi sono dovuti alle cavazioni necessarie e dal traffico provocato dal trasporto del materiale con automezzi. I vantaggi tecnici, economici e sociali sono quindi evidenti; è necessario dimostrare che il materiale prospettato soddisfi appieno i requisiti del D.lgs. 36/03 e possano sostituire con adeguate garanzie gli strati minerali.

Con tale relazione si vogliono fornire indicazioni relative alla scelta dei materiali sintetici che possano essere utilizzati in alternativa ai materiali naturali (strati drenanti), ed in particolare relative ai geocompositi per il drenaggio del biogas e delle acque meteoriche.

La copertura alternativa a quella prevista dalla normativa è rappresentata nella figura sottostante, ed è composta dai seguenti strati partendo dall'alto:

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

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

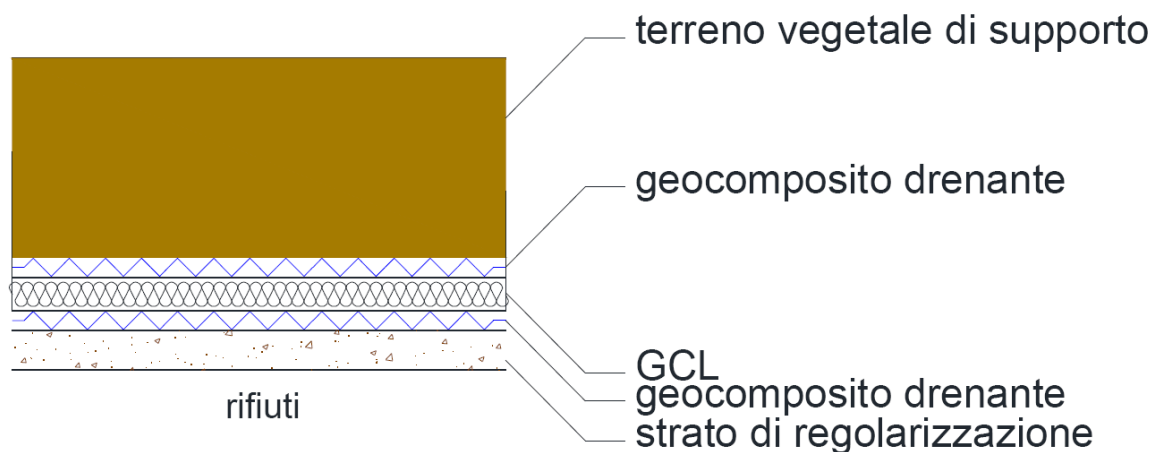


Figura 2.3 Copertura alternativa a quella prevista dal D.Lgs. 36/03 per discariche di rifiuti non pericolosi

Lo spessore complessivo del pacchetto proposto è di 1.5 m.

La verifica dell'equivalenza tra il pacchetto impermeabilizzante proposto in progetto e quello previsto dal D.Lgs 36/03 viene riportata di seguito analizzando strato per strato i vari componenti del capping.

3 TERRENO VEGETALE DI SUPPORTO

Lo strato superficiale di copertura con spessore maggiore o uguale a 1m favorisce lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e fornisce la protezione adeguata contro l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche. A tal fine è stato previsto anche lo stendimento di una biostuoia in fibra vegetale.

4 STRATO PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

La direttiva 1999/31CE relativa alle discariche controllate, recepita in Italia dal D.Lgs 13 Gennaio 2003, n 36, prevede l'impiego, come strato drenante, di un materiale granulare in grado di garantire che non si manifesti un battente idraulico al di sopra dello stesso. Il calcolo di tale spessore, e della conducibilità idraulica necessaria, necessita la conoscenza delle caratteristiche di pioggia del sito oltre che della geometria. L'intensità della pioggia deve essere determinata con tempo di ritorno di 50 anni; nota l'intensità della precipitazione, è poi possibile valutare le percentuali di acqua che effettivamente raggiungerà il geocomposito drenante (considerando le perdite per evapotraspirazione, ruscellamento superficiale ed assorbimento de suolo). Da indagini sperimentali condotte su differenti discariche di R.S.U. chiuse, la percentuale infiltrata risulta essere compresa tra 0,20 e 0,50.

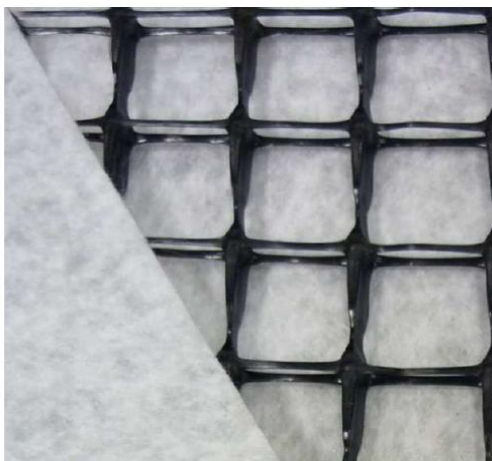


Figura 4.1 – Geocomposito drenante

Data l'intensità di una precipitazione, j , funzione dell'altezza della colonna d'acqua sull'unità di area, nell'unità di tempo o funzione dei coefficienti di precipitazione derivanti dalle curve di probabilità pluviometrica:

$$j = h/t = a * t^{n-1}$$

dove:

- j : intensità di pioggia [mm/h]
- h : altezza della colonna d'acqua [mm]
- t : durata delle precipitazioni [h]
- a, n : coefficiente delle curve di pioggia

La portata specifica q , cioè la portata sull'area unitaria interessata dalla precipitazione è data da:

$$q = 2.777 \cdot 10^{-7} \cdot j \text{ [m}^3/\text{s/m]}$$

La portata per metro di sviluppo della superficie interessata dalla precipitazione Q può essere calcolata moltiplicando la portata specifica per la lunghezza del pendio.

$$Q = 2.777 \cdot 10^{-7} \cdot a \cdot t^{n-1} \cdot \cos(\alpha) \cdot f \cdot L \text{ [m}^3/\text{s]}$$

oppure

$$Q = 2.777 \cdot 10^{-7} \cdot h/t \cdot \cos(\alpha) \cdot f \cdot L \text{ [m}^3/\text{s]}$$

dove:

- α : inclinazione del pendio [°]
- f : coefficiente di infiltrazione
- L : sviluppo del pendio [m]

Nel caso in oggetto sono stati forniti i coefficienti per tempo di ritorno di 20 anni.

I valori dei coefficiente della curva di probabilità pluviometrica sono i seguenti:

$$a = 142.98$$

$$n = 0.2389$$

L'intensità corrispondente ad una pioggia di durata 60 minuti è pari a:

$$j = 142.98 \text{ mm/h}$$

Noti i valori di:

- $L = 20,30 \text{ m}$
- $\alpha =$ pendenza del pendio pari a 40°
- $i =$ gradiente pari a 0.84
- $f = 0.3$

si calcola la portata Q :

$$Q = 2.777 \cdot 10^{-7} \cdot h/t \cdot \cos(\alpha) \cdot f \cdot L = 1.85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s/m}$$

La portata idraulica all'interno di uno strato di materiale granulare può essere determinate, in modo estremamente complesso, a partire dalla geometria della superficie piezometrica. Per lunghezze molto maggiori rispetto allo spessore, la reale forma della superficie piezometrica è in realtà pressoché lineare, un approccio semplificato (ma conservativo) è quindi decisamente consigliabile. Considerando uno spessore per il materiale granulare pari a 500 mm, ed ipotizzando che il moto di filtrazione al suo interno sia uniforme, è possibile determinare la conducibilità idraulica k della strato di ghiaia mediante la relazione di Darcy:

$$Q = kAi$$

dove:

- A : area della sezione drenante (assumendo la larghezza unitaria, A è pari allo spessore dello strato drenante) [m²]
- $i =$ gradiente idraulico

Noti i valori di:

- $Q=1,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
- $A=0,5 \cdot 1=0,5 \text{ m}^2$
- $i=0,84$

si calcola il valore della conducibilità idraulica k :

$$k=Q/A \cdot i = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

4.1 Scelta della tipologia di geocomposito per il drenaggio delle acque meteoriche

La scelta del geocomposito per il drenaggio delle acque meteoriche deve essere fatta in considerazione alle problematiche progettuali, ed in particolare alla necessità di garantire un immediato deflusso, ed una notevole resistenza alla compressione. Si propone di impiegare il medesimo prodotto impiegato per il drenaggio del biogas. Il geocomposito oltre a dover smaltire tali portate, dovrà anche essere in grado di resistere alle sollecitazioni cui sarà sottoposto durante le operazioni di stesa del terreno sovrastante, e deve essere caratterizzato da adeguata resistenza a compressione. Lo spessore massimo di terreno che verrà steso sarà pari a 1,00 m: ipotizzando un peso di volume di 16 kN/m^3 , il carico applicato dal solo terreno sarebbe pari almeno di 16 kPa. In considerazione delle sollecitazioni cui i materiali possono essere sottoposti durante le operazioni di posa, si ritiene consigliabile effettuare le verifiche con un carico normale maggiore, pari almeno a 100 kPa. È importante che il materiale proposto abbia una resistenza a trazione minima pari a 15,0 kPa, con allungamenti del materiale al picco che siano contenuti entro il 50% (+/- 5%).

4.2 Determinazione delle caratteristiche richieste

Si assume pertanto come carico di progetto per il geocomposito un valore pari a: $\sigma_h=100 \text{ kPa}$.

Come in precedenza per la ghiaia, si considera poi una larghezza unitaria di prodotto: $L=1,00 \text{ m}$.

Dal valore nominale della portata Q è possibile calcolare la portata di progetto Q_{progetto} che tiene conto del comportamento del geocomposito drenante in condizioni di esercizio e, quindi nel lungo termine, applicando opportuni fattori di sicurezza riduttivi, secondo la relazione seguente:

$$Q_{\text{progetto}} = Q_{\text{richiesta}} \cdot (R_{\text{Fin}} \cdot R_{\text{Fcr}} \cdot R_{\text{Fbc}} \cdot R_{\text{Fcc}})$$

Nell'ipotesi di impiegare geocompositi aventi anima drenante costituita da georete rigida a tre ordini di fili, i sicurezza riduttivi che si possono impiegare valgono:

- R_{Fin} : Fattore di riduzione per deformazioni elastiche o intrusione del geotessile, pari a 1,20
- R_{Fcr} : Fattore di riduzione per deformazioni di creep subite nel tempo dalla rete drenante, pari a 1,10
- R_{Fbc} : Fattore di riduzione per intrusione di materiale biologico o per intrusione della frazione più fine del terreno di copertura, pari a 1,00
- R_{Fcc} : Fattore di riduzione per intasamento chimico della rete drenante, pari a 1,00.

Il Fattore di riduzione totale R_{Ftot} è quindi pari a 1,32.

Ripetendo le verifiche viste in precedenza, si ha:

$$Q_{i1} = Q \sqrt{i_1/i}$$

dove:

- Q_{i1} : portata specifica indicata nel diagramma [m^2/s]
- Q : portata specifica per gradiente i [m^2/s]
- i_1 : gradiente idraulico, tra quelli misurati per la normativa e presenti nei diagrammi, immediatamente superiore a quello reale (in questo caso 1)
- i : gradiente idraulico reale pari a 0,84.

Nel caso in esame, nota la portata richiesta, pari a $1.85 \cdot 10^{-4} m^3/s/m$, la portata di progetto è pari a:

$$Q_{progetto} = Q_{richiesta} \cdot (R_{Fin} \cdot R_{Fcr} \cdot R_{Fbc} \cdot R_{Fcc}) = 2.44 \cdot 10^{-4} m^3/s/m$$

Quindi la portata specifica indicata nel diagramma Q_{i1} è pari a:

$$Q_{i1} = Q_{progetto} \cdot \sqrt{i_1/i} = 2.66 \cdot 10^{-4} m^3/s/m$$

Affinché possa smaltire le piogge individuate come critiche, il geocomposito drenante dovrà quindi assicurare una portata idraulica pari almeno a $2.66 \cdot 10^{-4} m^3/s/m$ sotto un carico di 100 kPa e sotto un gradiente idraulico pari a 1.

5 GEOCOMPOSITO BENTONITICO GCL

Il geocomposito bentonitico è un materiale a base di bentonite di sodio naturale di elevata qualità contribuisce a creare un sistema “attivo” in grado di interagire con il fluido: quando la bentonite viene a contatto con l’acqua, si verifica un rigonfiamento della massa bentonitica che sigilla le possibili vie d’infiltrazione anche in avanzato stato di esercizio dell’opera. Il GCL è dotato di una struttura agugliata, che garantisce la permanenza della bentonite sodica naturale durante le fasi di lavorazione, senza influire in alcun modo sull’elasticità del prodotto, e consente l’impiego del prodotto in qualsiasi ambiente e situazione. Estremamente efficace nell’impermeabilizzazione di strutture sotto quota, anche in presenza di variazioni delle condizioni ambientali (cicli di rigonfiamento/essiccazione e di gelo/disgelo) o del fluido interagente (presenza di sostanze inquinanti).



Figura 5.1 – Geocomposito bentonitico

6 STABILITÀ DELLA COPERTURA

Come detto in precedenza, il progetto prevede la seguente stratigrafia dal basso:

- strato di regolarizzazione
- GCL
- strato per il drenaggio delle acque meteoriche (geocomposito drenante)
- 1000 m terreno vegetale

Se, tra questi materiali, ne esiste una coppia con angolo di attrito di interfaccia minore dell'angolo del pendio, allora questa risulta essere una interfaccia critica. Per le varie interfacce si possono assumere i seguenti parametri:

- strato di regolarizzazione- GCL: $\phi=24,32^\circ$
- GCL- geocomposito HD 402: $\phi=26^\circ$
- geocomposito HD 402- terreno vegetale: $\phi=24,32^\circ$

Tali dati derivano da prove di taglio dirette condotte su scatole di larghe dimensioni (300x300 mm); lungo il piano di scorrimento viene posizionato un geotessile non tessuto, solidale con la metà inferiore della vasca stessa. La metà superiore viene riempita con terreno. Applicando tre differenti pressioni verticali ed eseguendo la prova a velocità costante si determina l'involuppo di Mohr relativo alla resistenza al taglio dell'interfaccia. I risultati sperimentali condotti su differenti tipi di terreno forniscono un coefficiente di attrito di interfaccia ϕ terreno-geotessile minore rispetto a quello del terreno stesso. L'angolo di attrito di interfaccia può essere correlato all'angolo di attrito del terreno mediante la seguente relazione:

$$\tau'_{\text{terreno-geotessile}} = \sigma'_{\text{terreno-geotessile}} \cdot \tan \phi'_{\text{terreno-geotessile}} = \sigma'_{\text{terreno-geotessile}} \cdot \tan \phi'_{\text{terreno-geotessile}} \cdot f_{ds}$$

Poiché gli angoli di attrito sono molto superiori alla massima pendenza prevista (10-15°), non sussistono problemi di stabilità del terreo di coltivo.

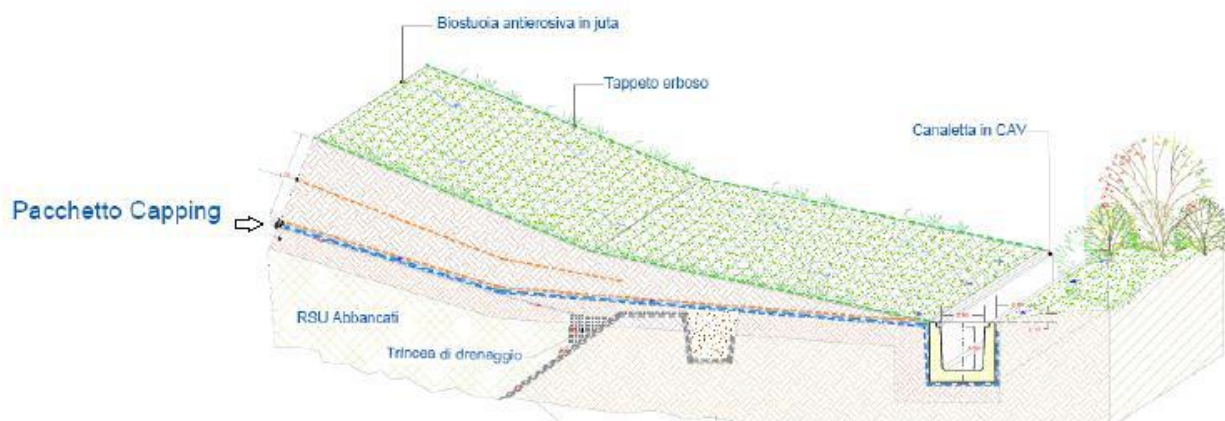


Figura 6.1 – Particolare assonometrico sistema di impermeabilizzazione

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

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

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

Occorre ricordare che dal punto di vista geologico, l'area in oggetto è caratterizzata da argille aventi un coefficiente di permeabilità compreso tra $9.10 \cdot 10^{-8} \leq K \leq 4.80 \cdot 10^{-8}$ cm/s, pertanto si possono considerare impermeabili sia per gli strati inferiori che per quelli laterali.

In particolare per l'impermeabilizzazione superficiale è prevista la realizzazione di un pacchetto impermeabilizzante (tipo "A"), dello spessore complessivo di 150 cm, schematicamente rappresentato in figura:

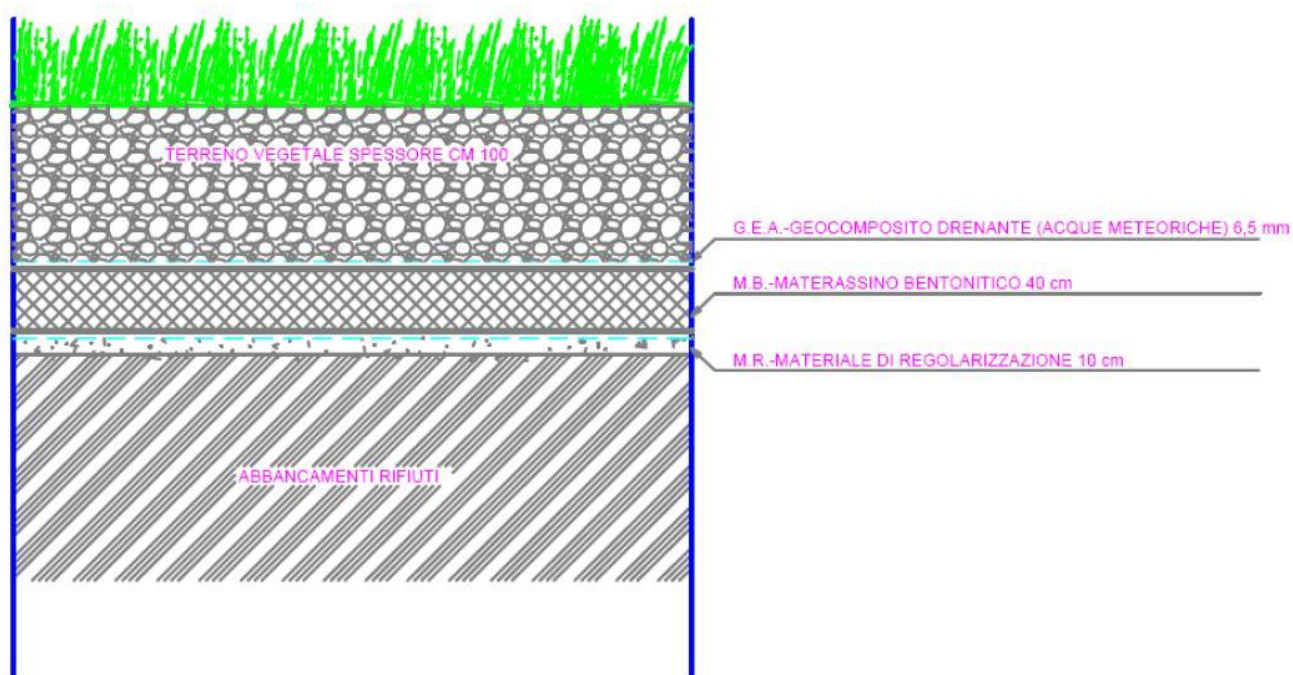


Figura 6.2 – Sezione tipo capping

Le acque drenate verranno poi recapitate, attraverso una rete di canalette in cav perimetrali, in un canale in terra a valle idraulica della discarica, come riportato nella relazione specialistica "Relazione Idraulica e di Compatibilità Idraulica" e nell'elaborato grafico TAV. 07.

