



**COMUNE DI CASALDUNI**  
Provincia di Benevento  
Area Tecnica Urbanistica Settore lavori Pubblici

**OGGETTO : POR FESR Campania 2007/2013 - Obiettivo Operativo 1.2 - LAVORI DI  
BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA  
COMUNALE ALLA LOCALITA' TERRAVECCHIA (codice sito CSPI 2015C004).**

**RELAZIONE TECNICA**



## **1. PREMESSA**

- 1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI
- 1.2 NORMATIVA REGIONALE

## **2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO**

## **3. NORMATIVA APPLICABILE E DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE**

- 3.1 NORMATIVA APPLICABILE
- 3.2 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

## **4. RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO**

- 4.1 STORIA DEL SITO
- 4.2 MATERIALI CONFERITI
- 4.3 CENSIMENTO, CARATTERIZZAZIONE, MODELLO CONCETTUALE DEL SITO
- 4.4 PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE
- 4.5 MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE
- 4.6 INDAGINI PREVISTE DAL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE
- 4.7 RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE
- 4.8 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO E ANALISI DI RISCHIO
- 4.9 APPROVAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE E DELL'ANALISI DI RISCHIO

## **5. PROPOSTA PROGETTUALE E MODALITA' DI INTERVENTO**

- 5.1 CRITERI GENERALI
- 5.2 MATRICE SUOLO E SEDIMENTI E TRATTAMENTI POSSIBILI
- 5.3 MATRICE ACQUA E TRATTAMENTI POSSIBILI
  - 5.3.1 CARBONI ATTIVI
  - 5.3.2 BARRIERA PERMEABILE REATTIVA
  - 5.3.3 PUMP & TREAT
- 5.4 CONFRONTO TRA I MIGLIORI TRATTAMENTI POSSIBILI
- 5.5 PROPOSTA PROGETTUALE
  - 5.5.1 INTERVENTI DI BONIFICA MATRICE FALDA
  - 5.5.2 DETERMINAZIONI ANALITICHE SULLA QUALITÀ DEI RIFIUTI
  - 5.5.3 DIMENSIONAMENTO DIAFRAMMA DRENANTE
  - 5.5.4 MODALITÀ DI GESTIONE DELLE ACQUE CONTAMINATE - PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI
  - 5.5.5 PROVE SPERIMENTALI E/O TEST PILOTA DIAFRAMMA DRENANTE PROGETTATO
  - 5.5.6 RETE DEI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO DELLA FALDA E DEI POZZETTI ISPETTIVI PER IL CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE INTERCETTATE DAL DIAFRAMMA DRENANTE AI FINI DELLE VERIFICA DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO PROPOSTO
  - 5.5.7 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DELLE CRITICITÀ AMBIENTALI DURANTE LE OPERAZIONI DI INTERVENTO (EMISSIONI DIFFUSE E RUMORE)
  - 5.5.8 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO NELLA FASE POST-OPERATIVA
  - 5.5.9 IL PROGETTO E L'ESECUZIONE

## **6. CONCLUSIONI**





## 1. PREMESSA

Mediante Determina dirigenziale n.18 in data 7.4.2015, il Comune di Casalduni conferiva al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti, Ing. Barbato Iannella (Capogruppo mandataria) e arch. Flavian Basile (mandante Giovane Professionista), quale soggetto a cui affidare direttamente il servizio di ingegneria per la redazione del progetto operativo/esecutivo, coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE (codice sito CSPI 2015C005); nell'ambito del POR FESR Campania 2007/2013 – Obiettivo Operativo 1.2.

### 1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 agosto 2009: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3804). (GU n. 208 del 8-9-2009)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 agosto 2009: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3804). (GU n. 208 del 8-9-2009)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 maggio 2009: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3775). (GU n. 133 del 11-6-2009)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 15 maggio 2009: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3770). (GU n. 125 del 1-6-2009)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 13 maggio 2009: Misure urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania ed altre disposizioni di protezione civile. (Ordinanza n. 3768). (GU n. 120 del 26-5-2009)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 marzo 2009: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3748). (GU n. 70 del 25-3-2009)
- Testo coordinato del Decreto-Legge 6 novembre 2008, n. 172: Testo del decreto-legge 6 novembre 2008, n. 172 (in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 260 del 6 novembre 2008), coordinato con la legge di conversione 30 dicembre 2008, n. 210 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale a pag. 1), recante «Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania, nonché misure urgenti di tutela ambientale». (GU n. 2 del 3-1-2009)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 novembre 2008: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3718). (GU n. 286 del 6-12-2008)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 4 settembre 2008: Ulteriori disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3699). (GU n. 210 del 8-9-2008)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 agosto 2008: Disposizioni urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3697). (GU n. 205 del 2-9-2008)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 16 luglio 2008: Ulteriori disposizioni urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3693). (GU n. 169 del 21-7-2008)
- Testo coordinato del Decreto-Legge 23 maggio 2008, n. 90: Testo del decreto-legge 23 maggio 2008, n. 90 (in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 120 del 23 maggio 2008), coordinato con la legge di conversione 14 luglio 2008, n. 123 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale alla pag. 3), recante: «Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e ulteriori disposizioni di protezione civile». (GU n. 165 del 16-7-2008)
- Decreto-Legge 23 maggio 2008, n. 90: Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e ulteriori disposizioni di protezione civile. (GU n. 120 del 23-5-2008)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 2 maggio 2008: Disposizioni urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e per consentire il passaggio alla gestione ordinaria. (Ordinanza n. 3674). (GU n. 108 del 9-5-2008)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 aprile 2008: Disposizioni urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e per consentire il passaggio alla gestione ordinaria. (Ordinanza n. 3666). (GU n. 88 del 14-4-2008)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 6 febbraio 2008: Disposizioni urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3656). (GU n. 37 del 13-2-2008)
- Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n.4: Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale. (GU n. 24 del 29-1-2008- Suppl. Ordinario n.24)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 Settembre 2007: Ulteriori disposizioni urgenti per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania. (Ordinanza n. 3613). (GU n. 235 del 9-10-2007)



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



## PROGETTO ESECUTIVO

- Testo coordinato del Decreto-Legge 11 Maggio 2007, n. 61: Testo del decreto-legge 11 maggio 2007, n. 61, coordinato con la legge di conversione 5 luglio 2007, n.87 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale a pag. 4), recante "Interventi straordinari per superare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e per garantire l'esercizio dei propri poteri agli enti ordinariamente competenti.". (GU n. 156 del 7-7-2007)
- Decreto-legge 11 maggio 2007, n. 61: Interventi straordinari per superare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e per garantire l'esercizio dei propri poteri agli enti ordinariamente competenti. (G.U. n. 108 del 11-5-2007) (convertito, con modificazioni, in L. n. 87/2007)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 25 gennaio 2007 n. 3561: Ulteriori disposizioni per fronteggiare l'emergenza nel settore dei rifiuti della regione Campania. (G.U. n. 23 del 29-1-2007)
- Testo coordinato del decreto-legge 9 ottobre 2006, n. 263: Testo del decreto-legge 9 ottobre 2006, n. 263 (in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 235 del 9 ottobre 2006), coordinato con la legge di conversione 6 dicembre 2006, n. 290 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale a pag. 4) recante: «Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dei rifiuti nella regione Campania. ((Misure per la raccolta differenziata.))». (GU n. 285 del 07-12-2006)
- Decreto Legislativo 8 novembre 2006, n. 284: Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale. (GU n. 274 del 24-11-2006)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2006: Ulteriori disposizioni per fronteggiare l'emergenza nel settore dei rifiuti della regione Campania. (Ordinanza n. 3546). (GU n. 244 del 19-10-2006)
- Decreto-Legge 9 ottobre 2006, n. 263: Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dei rifiuti nella regione Campania. (GU n. 235 del 9-10-2006) (convertito, con modificazioni, in L. n. 290/2006)
- Decreto 2 maggio 2006: Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio. Modalita' per l'aggiudicazione, da parte dell'Autorità d'ambito, del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani, ai sensi dell'articolo 202, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. (GU n. 108 del 11-5-2006) (con comunicato ministeriale pubblicato nella GU n. 146 del 26-6-2006 è stata segnalata l'inefficacia del presente decreto)
- Decreto 5 aprile 2006, n.186: Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio.
- Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22». (GU n. 115 del 19-5-2006)
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152: Norme in materia ambientale. (G.U. n. 88 del 14/04/2)
- D.L.vo 5 febbraio 1997 n.22 e D.L.vo. 8 novembre 1997 n.389: "Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio"

3

## 1.2 NORMATIVA REGIONALE

- Legge regionale del 28-03-2007 n. 4: Norma in materia di gestione, trasformazione, riutilizzo dei rifiuti, bonifica dei siti inquinati. (B.U.R. Campania n. 19 del 3-4-2007).
- Legge 01 marzo 1994 n. 11: Proroga dei termini di scadenza delle autorizzazioni regionali di cui all' articolo 17 della Legge Regionale 10 febbraio 1993, n. 10, concernente: - Norme e procedure per lo smaltimento dei rifiuti in Campania" -
- Bollettino Ufficiale della Regione Campania N. 13 del 7 marzo 1994 ▪ Legge 10 febbraio 1993 n. 10: Norme e procedure per lo smaltimento dei rifiuti in Campania.



Con Decreto del Dirigente del Settore Tutela dell'Ambiente n. 911 del 07.11.2006 è stato assegnato, in via programmatica, a tutti i Comuni, con discariche site su suolo pubblico e censite nel Piano Regionale Bonifiche (PRB) alla sezione Censimento dei Siti Potenzialmente Inquinati (CSPI), un finanziamento per ogni ettaro di superficie indagata, a valere sulla misura 1.8 POR Campania 2000/2006.

Il suddetto finanziamento è finalizzato alla effettuazione delle attività di caratterizzazione per le discariche comunali e/o consorziali, site su aree di proprietà pubblica e/o gestite da Enti Pubblici.

Il sito, costituito da un ex-discarica di rifiuti solidi urbani dismessa e successivamente inglobata in un contesto fortemente urbanizzato, è stato oggetto di una preventiva fase di caratterizzazione. Il piano fu' redatto nell'aprile 2007, a seguito dei risultati delle caratterizzazioni effettuate nel medesimo periodo, è stata quindi redatta un'analisi di rischio sito specifica, che ha stabilito parametri accettabili del livello di contaminazione da una parte mentre ha evidenziato la contaminazione della falda.

Facendo seguito sia agli esiti della Conferenza di Servizi tenutasi a Benevento presso la sede distaccata della Regione Campania il 02.12.2008 finalizzati all'approvazione delle risultanze del Piano della Caratterizzazione ed al documento di analisi del rischio relativo alla Discarica Comunale di Località Largo Croce nel comune di Casalduni (Bn) con nota n. 2661 del 06.06.2007 del Dipartimento Provinciale dell'Arpac di



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



Benevento con la quale si esprimeva parere favorevole con prescrizioni al detto Piano della Caratterizzazione presentato e trasmesso dal comune di Casalduni agli Enti coinvolti e preposti.

La richiesta di integrazioni si riferiva analiticamente a:

- Presentare una nuova analisi di rischio sito specifica elaborando un modello concettuale dal quale si evincano chiaramente le vie e le modalità di esposizione nonché i bersagli finali della potenziale contaminazione inserendo i parametri di input sito specifico di cui alla nota n. 009462 del 21.03.2007 dell'APAT acquisita dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare al protocollo con n. 8242/QdV/DI del 26.03.2007 delimitare planimetricamente i confini del corpo rifiuti;
- Chiarire i criteri con cui viene definita la geometria della sorgente e le modalità di determinazione dei parametri inseriti;
- Allegare tutte le schermate dell'Analisi di Rischio relativa al terreno;

Dopo i chiarimenti e gli approfondimenti tecnici intercorsi tra le parti è stato prodotto una documentazione specifica integrativa per poter rispondere in maniera adeguata ed esaustiva alla richiesta per poter consentire di procedere all'ultima definitiva fase di recupero e di messa in sicurezza dell'area di discarica dismessa in studio.

Successivamente, la conferenza dei servizi del 22/02/2009 ha fatto proprie le risultanze dell'analisi del rischio. Tuttavia i risultati delle analisi su terreni ed acque sono stati solo parzialmente validati dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Campania.

La presente relazione preliminare intende ovviare ad eventuali problematiche, consentendo all'Amministrazione Comunale di Casalduni di individuare le procedure tecniche ed operative più efficienti al caso specifico, al fine di garantire il rispetto della Legge e dei criteri di efficacia ed economicità.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO



Cartografia

Il sito oggetto di intervento è un ex-discarica comunale, non controllata di superficie inferiore ai 5.000 mq situata nel Comune di Casalduni in provincia di Benevento; il sito è ubicato in Largo Croce dove al di sotto di esso e quindi della piazzetta è individuato l'abbancamento incontrollato dei rifiuti. L'area è ubicata a nord-est dell'abitato e ricade in zona F.

Il comune di Casalduni è attualmente popolato da 1.456 abitanti secondo le stime censuarie al 01/01/2013-

L'ex-discarica è situata in un'area urbana fortemente antropizzata, che nel tempo è stata oggetto di interventi di riqualificazione e messa in sicurezza strutturale.

Al fine di garantire una migliore soddisfazione dell'amministrazione comunale per un progetto di fondamentale importanza si opererà seguendo i principali punti sotto elencati:

- valutazione quali-quantitativa dell'effettivo livello di contaminazione;
- individuazione e perimetrazione delle aree contaminate;
- quantificazione della volumetria effettiva dei rifiuti;



Posizione del comune di Casalduni nella provincia di Benevento



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



### 3. NORMATIVA APPLICABILE E DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

#### 3.1 NORMATIVA APPLICABILE

La caratterizzazione e l'analisi di rischio di un sito contaminato come si evince dal presente documento a corredo della relazione tecnica generale illustrativa ha necessita di attenersi alle indicazioni di carattere generale sulle modalità per l'esecuzione degli interventi previsti dal Titolo V della parte IV del D.Lgs.152/06 ss.mm.ii., a partire dalla adozione delle prime misure di prevenzione e messa in sicurezza d'emergenza, per arrivare sino agli interventi di bonifica e di ripristino ambientale.

Nella descrizione delle diverse tipologie di intervento si è cercato anche di fare riferimento alle situazioni più frequentemente riscontrate in Regione Campania, così come emergono dalla disamina dei diversi elenchi in cui è articolato il presente Piano.

Come definito nell'Allegato 3 della Parte IV del D.Lgs. 152/2006, gli interventi di bonifica e di messa in sicurezza devono essere condotti secondo i seguenti criteri generali:

- privilegiare le tecniche di bonifica che riducono permanentemente e significativamente la concentrazione nelle diverse matrici ambientali, gli effetti tossici e la mobilità delle sostanze inquinanti;
- privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito, trattamento in-situ ed on-site del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;
- privilegiare le tecniche di bonifica/messa in sicurezza permanente che blocchino le sostanze inquinanti in composti chimici stabili (ad es. fasi cristalline stabili per metalli pesanti);
- privilegiare le tecniche di bonifica che permettono il trattamento e il riutilizzo nel sito anche dei materiali eterogenei o di risulta utilizzati nel sito come materiali di riempimento;
- prevedere il riutilizzo del suolo e dei materiali eterogenei sottoposti a trattamenti off-site sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali e sanitarie adeguate;
- privilegiare negli interventi di bonifica e ripristino ambientale l'impiego di materiali organici di adeguata qualità provenienti da attività di recupero di rifiuti urbani;
- evitare ogni rischio aggiuntivo a quello esistente di inquinamento dell'aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni 5  
inconveniente derivante da rumori e odori;
- evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi;
- adeguare gli interventi di ripristino ambientale alla destinazione d'uso e alle caratteristiche morfologiche, vegetazionali e paesistiche dell'area;
- per la messa in sicurezza privilegiare gli interventi che permettono il trattamento in situ ed il riutilizzo industriale dei terreni, dei materiali di risulta e delle acque estratte dal sottosuolo, al fine di conseguire una riduzione del volume di rifiuti prodotti e della loro pericolosità;
- adeguare le misure di sicurezza alle caratteristiche specifiche del sito e dell'ambiente da questo influenzato;
- evitare ogni possibile peggioramento dell'ambiente e del paesaggio dovuto dalle opere da realizzare;
- presentare una dettagliata analisi comparativa delle diverse tecnologie di bonifica applicabili al sito in esame, in considerazione delle specifiche caratteristiche dell'area, in termini di efficacia nel raggiungere gli obiettivi finali, concentrazioni residue, tempi di esecuzione, impatto sull'ambiente circostante degli interventi; questa analisi deve essere corredata da un'analisi dei costi delle diverse tecnologie. Le alternative presentate dovranno permettere di comparare l'efficacia delle tecnologie anche in considerazione della riduzione della gestione a lungo termine delle misure di sicurezza, dei relativi controlli e monitoraggi;
- indicare se, qualora previste, si dovrà procedere alla rimozione o al mantenimento a lungo termine delle misure di sicurezza, e dei relativi controlli e monitoraggi.

• Ulteriore riferimento per la progettazione del piano della Caratterizzazione di un sito contaminato, è rappresentato dal "Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati" n° 43/2006 redatto dall'ISPRA. In particolare si contemplano due importanti pubblicazioni:

- "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche" - Rev.0- giugno 2005;
- "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" - Rev.2- marzo 2008;



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



### 3.2 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

L'Amministrazione Comunale di Casalduni, ha svolto mediante tecnici specializzati e secondo quanto previsto dal D.lgs. 152/2006, il progetto di caratterizzazione e di analisi del rischio al fine di permettere l'intervento di Bonifica. Gli elaborati prodotti tra il 2007 e il 2009 troviamo:

- Piano di caratterizzazione:
  - All. 1- Corografia 1:25.000;
  - All. 2 - Carta geologica ed idrogeologica 1:25.000;
  - All. 3 - Punti di indagini e prelievi;
  - All. 4 - Carta geolitologica;
  - All. 5 - Carta idrogeologica;
  - All. 6 - Carta del bacino idrografico Torrente Lenta o Alenta;
  - All. 7 - Mappa catastale dell'area di discarica;
  - All. 8 - Stralcio carta del rischio frane dell'Autorità di Bacino;
  - All. 9 - Carta geomorfologica dell'Autorità di Bacino;
  - All. 10- Certificato di destinazione urbanistica e di uso del sito e delle aree circostanti interessate;
  - All. 11 - Cartografia con i vincoli territoriali vigenti;
  - All. 12 - Copia del sopralluogo ARPAC per la verifica in situ del rispetto del cronoprogramma;
  - All. 13 - Stratigrafie;
  - All. 14 - Rilievi fotografici aggiornati dell'area di interesse;
- Analisi di rischio:
  - Piano di caratterizzazione- Relazione descrittiva;
  - Corografia;
  - Carta geolitologica;
  - Carta idrogeologica;
  - Carta geomorfologica;
  - Carta del rischio da frana;
  - Carta delle piezometriche;
  - Carta delle indagini e dei prelievi;
  - Carta degli inquinamenti puntuali delle acque da CrVI- Ni- Benzo(a) Pirene- Benzo(g,h,i) Perilene- Indeno- IPA Totali;
  - Carta dell'inquinamento areale delle acque da Piombo;
  - Carta dell'inquinamento areale delle acque da Ferro;
  - Carta dell'inquinamento areale delle acque da Manganese;
  - Carta dell'inquinamento areale dei terreni da Co;
  - Carta dell'inquinamento areale dei terreni da Sn;
  - Stralcio Catastale;
  - Elaborati: stratigrafie, geoelettriche, analisi chimiche, allegato fotografico;
  - Relazione di integrazione – 2009-;
  - Nota integrativa- 2009



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



#### 4. RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO

Al fine di permettere una migliore conoscenza e responsabilità nel concepire il progetto operativo/ esecutivo da parte dei professionisti incaricati, si ritiene necessario una fase di indagine e ricostruzione storica/cronologica degli interventi salienti riguardanti l'ex-disarica

##### 4.1 STORIA DEL SITO

La ricostruzione effettuata nel Piano di Caratterizzazione può essere riassunta nei seguenti punti, meglio e più analiticamente esplicitati all'interno dell'elaborato "Piano della caratterizzazione- Relazione descrittiva" a firma del Dott. Colafrancesco.



- "L'attività di deposito di materiali nella discarica Comunale fu avviata, secondo indagini eseguite in loco e per testimonianze dirette rese da anziani residenti autoctoni, tra gli anni '70 ed anni '80, e interrotta agli inizi degli anni '90';
- "La discarica comunale ormai dismessa già da molti anni ubicata in Località Largo o Piazzetta Croce è sita in posizione immediatamente limitrofa e/o contigua all'attuale Centro Abitato di Casalduni in posizione nord orientale, proprio all'interno della zona comunale oggi più viva ed attiva perchè comprendente gli impianti sportivi, il centro culturale, il campo di calcio, Piazzetta o Largo Croce e, in posizione prossima il rinomato e completamente ristrutturato Castello Ducale [...] mentre al proprio interno da qualche tempo sorge un'isola ecologia a servizio dei cittadini residenti. Rappresenta il sito "storico o più antico" di discarica comunale perchè utilizzata normalmente per parecchi decenni precedenti dai residenti in quanto posizionata per una certa comune tradizione, alla periferia del vecchio Centro Abitato. [...] Essa è stata utilizzata per alcuni decenni come artificiale riempimento di un versante digradante con vergenza verso i quadranti orientali, ad accettabile – sensibile pendenza, all'interno di una più vasta zona interessata realmente ed attivamente da fenomeni di instabilità dei suoli [...] per cui allo stato attuale gli spessori sono non facilmente definiti e definibili perchè abbastanza compattati; inoltre considerato che tutta l'area che accoglieva il sito di discarica è considerato ad alto rischio per la presenza di un attivo e vasto fenomeno franoso [...] gli interventi antropici di questi ultimi decenni a scopo urbanistico e di espansione per le normali attività urbane non solo sportive hanno provocato un grave e reale fenomeno anomalo dei suoli, con scivolamento gravitativo dei relativi pacchi verso la parte più depressa sottostante, laddove inoltre è notevole l'azione di erosione e di scalzamento, sia laterale che al piede, del turbolento torrente Lenta [...]. Allo stato attuale l'area di discarica abbandonata non risulta più visibile o delimitata da qualsiasi recinzione: un settore laterale negli ultimi tempi è utilizzata come isola ecologica ma in sito non sono stati realizzati nel tempo interventi di sistemazione urbanistica e statica [...]"<sup>2</sup>;

7



- "La discarica comunale è stata utilizzata per molto più di un decennio (secondo alcuni residenti interpellati come memoria storica anche per maggiore durata) come artificiale riempimento di un versante poco evoluto sito ai limiti dell'esistente centro abitato"<sup>3</sup>.

Da un'alta conoscenza dei luoghi e del territorio, si può affermare anche mediante le documentazioni di cui sopra che si è vero che il sito fu effettivamente impiegato come discarica ma solo tra gli anni 70 e 80, in quanto dopo questo periodo fu realizzato un muro di contenimento, lungo tutto il perimetro del versante costituito da rifiuti, pertanto l'abbancamento fu riscoperto con soletta in c.a. per essere successivamente pavimentato e quindi al raggiungimento della conformazione odierna.

Infatti ulteriori indizi sono costituiti da due tra i maggiori interventi di riqualificazione avvenute negli anni:

- Lavori di rifacimento della pavimentazione della piazzetta, avvenuti nel lontano 1983, anche a seguito di cedimenti dell'area, con la contestuale realizzazione di aiuole;
- Lavori per la sistemazione urbanistica dell'area, comprendenti la perforazione di un pozzo ad usi irrigui della profondità di 24-25m. Il progetto esecutivo di detti lavori era stato approvato dalla giunta comunale con Deliberazione n°84 del 07/05/2007, mentre i lavori sono stati realizzati nel 2008.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano





## 4.2 MATERIALI CONFERITI

Dalla documentazione prodotta dal Dott. Colafrancesco in particolare dal Piano della Caratterizzazione si cita quanto segue:

### *"2.3 Materiali conferiti*

*In relazione ai materiali conferiti in discarica non si ha nessun tipo di notizia certa a parte le indicazioni fornite verbalmente, in occasione del sopralluogo, durante il quale si presumeva la presenza, oltre dei RR.SS.UU., di materiali provenienti da demolizioni e da scavi.*

*Durante i sopralluoghi effettuati nel sito non è stata rilevata la presenza di fusti o altri tipi di rifiuti speciali, tuttavia sarà possibile rilevare l'eventuale presenza di materiali sepolti attraverso l'indagine geofisica preliminare."*

Allo stato attuale e dal sopralluogo effettuato nel mese di Aprile e Maggio 2015 dai professionisti incaricati si può affermare l'assenza di qualunque tipo di rifiuto, sia di R.S.U. anche parzialmente o completamente mineralizzati, sia di rifiuti da demolizione/scavi all'interno del corpo discarica.

## 4.3 CENSIMENTO, CARATTERIZZAZIONE, MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

La discarica in questione è stata inserita nel "Censimento dei Siti Potenzialmente Inquinati" (CSPI) del Piano Regionale di Bonifica pubblicato sul BURC numero speciale del 09/09/ 2005.

Con il bando di cui al POR CAMPANIA 2000 -2006 Misura 1.8 DGR n° 400 del 28/03/2006, DD n° 208 del 03/04/2006 e DD n° 911 del 07/11/2006 si è avviata l'articolato complesso del Piano di Caratterizzazione, successivo alle indagini preliminari della discarica comunale.

## 4.4 PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE

Dalla documentazione in possesso è possibile desumere che tra gli elaborati costituenti il Piano della Caratterizzazione le indagini si svolsero tra il 2006 con una campagna di indagini e nel 2007 con una caratterizzazione vera e propria.

Le dovute indagini ed analisi preliminari sia a monte che a valle del sito in Località Largo o Piazzetta Croce furono svolte dalla CHELAB SRL, chemical laboratories, Laboratorio accreditato SINAL con numero 0051 con sede legale e amministrativa in Via Fratta n° 25 31023 Resana (Tv) Partita I VA. 01500900269 e dalla MARYGEO TRIVELLAZIONI Sa.s. di Iadanza Elvira & c. con sede in Via Fontana di Campali n° 61 cap 82030 Campali del Monte Taburno (Bn) Partita I VA. 01319180624;

Gli obiettivi della campagna preliminare erano riconducibili ai seguenti scopi ed obiettivi:

- a) alla conoscenza di un esauriente quadro conoscitivo della idrogeologia e della idrologia del luogo;
- b) alla precisa individuazione della presenza di circolazione idrica con la verifica diretta delle reali condizioni degli acquiferi che si evidenziano come potenziali bersagli per l'inquinamento da percolato; c) alla conoscenza delle caratteristiche geolitologiche delle aree a monte ed a valle del sito delle discariche contigue;

per tali finalizzati obiettivi le attività di investigazione preliminare, finalizzate ad evidenziare il sussistere delle condizioni per l'eventuale inserimento del sito nell'Anagrafe Regionale dei siti da bonificare e dovevano essere basate su un esauriente quadro conoscitivo della idrologia superficiale e della idrogeologia.

Detta campagna di indagini prevedeva:

- 1) La esecuzione dei perfori - pozzi realizzati a rotazione a carotaggio continuo è stata eseguita con attrezzatura a rotazione azionata da motore termico ad avanzamento idraulico, con carotiere di diametro non inferiore ai 101 mm in modo da consentire il prelievo di carote continue per meglio evidenziare la stratigrafia e la stratimetria della microarea indagata : dagli esiti della campagna di indagini dirette è stato quindi possibile estrapolare e dedurre per la microarea investigata la conformazione stratigrafico-stratimetria "tipo" dei litotipi effettivamente intercettati con i rispettivi parametri geomeccanici medi, analiticamente e graficamente riportati in allegato. Tutti i perfori dei sondaggi sono stati condizionati con tubi piezometrici semplici in pvc filettati ed opportunamente sfinestrati alle varie profondità in funzione delle quote di intercettazione delle falde; al termine di ogni perforo ogni pozzo piezometrico è stato ermeticamente isolato mediante apposito chiusino, sopraelevato rispetto alla quota campagna attraverso l'utilizzo di bentonite e di cemento in modo da risultare indipendente rispetto a fenomeni di ruscellamento superficiale.
- 2) Per il prelievo dei campioni di acqua all'interno dei torrenti, dei fossi e dei pozzi poco profondi e per la individuazione del pelo libero sono stati utilizzati campionatori artigianali di prelievo con utilizzo dei secchi graduati, di imbuti vari e di guanti sterili; viceversa per il prelievo di campioni di acqua alle varie profondità consigliate è stato utilizzato un campionario costituito da una micropompa sommersa di marca Lowara avvitata su una manichetta in polietilene e collegata ad un freatometro; la pompa veniva azionata tramite una batteria a 12 V



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



## PROGETTO ESECUTIVO

Al termine di ogni turno di campionamento l'intero sistema veniva ripulito utilizzando la stessa acqua di falda presente nel pozzo. All'interno dei perfori ed all'interno dei pozzi esistenti sia a monte che a valle così come all'interno dei corsi di acqua ivi defluenti, in posizione effettivamente limitrofe rispetto ai siti da bonificare, sono stati prelevati campioni di acqua (in quantità di 4 litri per ogni prelievo realizzato in superficie, nella parte mediana e quasi al fondo del corpo idrico) allo scopo di ottenere valori significativi dei parametri idrologici;

- 3) verifica rispetto al grado di inquinamento dei suoli; in situ, tra l'altro, specificamente in particolare, sono state eseguite prove di permeabilità con metodologia tipo Lefranc, mentre dalle analisi granulometriche ed edometriche è stata determinata la conducibilità idraulica utilizzando il metodo elaborato dal Servizio Agrometeorologico della Regione Sardegna;
- 4) Le misure termometriche e quelle relative alla concentrazione di ossigeno sono state eseguite utilizzando una apposita strumentazione, del tipo "OxyGuard Handy Beta", opportunamente calibrata, dotata di un primo sensore, con range di variazione compreso tra -5°C e 50°C, che permette le misure di temperatura con un grado di precisione del 90% dopo 10 secondi di immersione in acqua; un secondo sensore, con range di variazione compreso tra 0 e 199,9 ppm (mg/l), che permette invece di valutare la quantità di ossigeno disciolto nel campione d'acqua con un grado di precisione del 90% dopo 10 secondi di immersione in acqua;
- 5) La relazione esplicativa è stata corredata dalle seguenti Carte tematiche:
  - Corografia in scala 1: 25000 (All. n° 1)
  - Carta Geologica ed Idrogeologica in scala 1: 25000 (All. n° 2)
  - Carta dei punti di indagine e dei prelievi in scala 1: 1000 (All. n° 3)
  - Inquadramento geolitologico in scala 1: 5000 (All. n° 4)
  - Carta Idrogeologica in scala 1: 5000 (All. n° 5) in scala 1: 5000 con individuazione dei livelli piezometrici degli acquiferi, dei pozzi presenti in sito, della direzione di flusso dei gradienti idraulici, della permeabilità e della conducibilità idraulica;
  - Mappa Catastale dell'area di discarica in scala 1: 2000 con eventuali indicazioni delle strutture impiantistiche ivi presenti, in uso o in disuso, delle eventuali reti tecnologiche, delle aree di stoccaggio e dei materiali presenti; (All. n° 6);
  - Stralcio Carta del Rischio Frane dell'Autorità di Bacino in scala 1: 25000 (All. n° 8)
  - Stralcio Carta Geomorfologica Autorità di Bacino in scala 1: 25000 (All. n° 9);
  - Dichiarazione di destinazione urbanistica e di uso del sito e delle aree circostanti interessate; Dichiarazione con i vincoli territoriali vigenti;
  - Copia del sopralluogo ARPAC per la verifica in situ del rispetto del cronoprogramma;
  - Rilievi fotografici aggiornati dell'area di interesse.

9

L'intero carteggio, comprensivo degli esiti e delle risultanze quali-quantitative della campagna di indagini e di analisi specifiche di laboratorio, è stato presentato agli Enti in titolo entro il 20 luglio 2006.

I risultati delle indagini preliminari sono sintetizzati di seguito.

N° 4 sondaggi (corredati da stratigrafie ed effettuati tutti al di fuori del corpo discarica) hanno permesso la definizione di una stratigrafia tipo costituita dai seguenti strati, a partire dal piano di campagna:

- 1° strato - 0,00 - 2,00 mt terreno di riporto e di alterazione superficiale;
- 2° strato - 2,00 - 16,50 mt detrito sciolto di natura calcarea eterometrica in scarsa e/o nulla matrice limoso - argillosa (sterile, non intercettata circolazione idrica);
- 3° strato - 16,50 - 20,00 mt (fondo foro) alternanze di livelli argillosi con livelli marnosi di colore prevalente grigio - azzurrognolo;

Dall'esame del carteggio riguardante il Piano delle Caratterizzazioni della relazione redatta dal Dott. Colafrancesco si evincono informazioni riguardanti i valori di permeabilità infatti:

***"PERMEABILITA' : La permeabilità dei litotipi affioranti nelle aree in studio è intesa come velocità di flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo in direzione verticale sotto un gradiente idraulico unitario ed assume il valore dell'orizzonte meno permeabile del suolo, presente entro i primi 150 cm di profondità : di quell'orizzonte, cioè, che non influenzato da interventi antropici ricorrenti, ne condiziona il moto idrico in profondità.***

***La proprietà del suolo che influenza la permeabilità è essenzialmente la porosità : il volume dei pori, la loro forma e distribuzione condizionano i movimenti dell'acqua. Nella quasi totalità dei suoli delle aree individuate e prescelte, le lavorazioni stagionalmente eseguite dall'uomo (poiché***



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



*spesso si tratta di suoli agricoli), intervengono drasticamente a modificare la permeabilità dell'orizzonte superficiale e quindi appare ragionevole ritenere inevitabile una sua sottostima se ci si basa soltanto sui parametri guida prima citati sotto l'aspetto litologico : di fatto la permeabilità descritta negli archivi regionali (Tarocco e Filippi 1997) considera gli orizzonti non influenzati da interventi antropici ricorrenti.*

*La permeabilità nelle elaborazioni qui proposte viene descritta con le classi fondamentali proposte dal Soil Survey Manual (U.S.D.A. - S.S.D.S. 1993) adottate come riferimento nel corso dei rilevamenti del suolo ed identificabili grazie ad una serie di stime di campo di proprietà del suolo, correlate ad essa, quali la tessitura, la struttura, la densità di ciascun orizzonte in siti rappresentativi dei tipi di suolo maggiormente diffusi nella macroarea (suoli caposaldi)."*

Inoltre dalla relazione del Piano delle Caratterizzazioni redatta dal Dott. Colafrancesco si evincono le analisi di campionamento delle acque sotterranee :

*Dal punto di vista idrologico la formazione affiorante è da considerarsi mediamente permeabile nella coltre superficiale con il valore di K compreso tra 2,0-4,0 E-4; viceversa il substrato assume il valore  $K = 6,0 E-5$ .*

*Procedendo con la profondità la frazione sabbiosa sciolta tende ad esaurirsi passando a quella arenacea ed arenaceo -argillosa più integra ed omogenea fino a circa 10 metri con una velocità di flusso di circa 0,015 l 0,035 cm/h, con un coefficiente di permeabilità K che può assumere valori compresi tra 10A-3 a 10A-4 cm/sec con un grado di porosità  $n > 20\%$  per poi passare ancora a letto alla formazione arenacea compatta con una velocità di flusso  $< 0,035$  cm/h, con un coefficiente di permeabilità K che può assumere valori compresi tra 10A-6 e 10A-8 con un grado di porosità  $< del 20\%$  quindi quasi impermeabili.*

*Tali peculiarità idrolitologiche conferiscono ai materiali affioranti una generale sterilità con l'aumentare della profondità per quanto attiene al reperimento di falde acquifere o di accumuli idrici di un certo rilievo negli spessori più esterni: a riprova di quanto ora esposto ed asserito si afferma che nelle microaree di recapito delle operazioni di spandimento sono state cartografate o censite rare manifestazioni sorgentizie ce poche falde episuperficiali attraverso il censimento di pozzi di un certo interesse.*

*Il Gradiente Idraulico è stato invece calcolato mediante un rapporto espresso in percentuale che vede al numeratore la differenza tra le quote piezometriche di due pozzi ubicati a quote diverse ed al denominatore la differenza delle rispettive quote topografiche slm.*





## CIO' PREMESSO :

Alla fine del mese di Agosto 2006 l'ARPAC Sezione Siti Inquinati ed il Settore Tutela Ambiente della Regione Campania hanno ritenuto completo ed adeguato sia lo studio idrogeomorfologico condotto in situ ed a vasto raggio, sia la campagna delle indagini preliminari condotta a monte ed a valle delle discariche contigue, verificando ed accertando in via definitiva l'effettivo, reale e pernicioso contributo all'inquinamento di quei siti. Di conseguenza inseriva la Località Largo o Piazzetta Croce di Casalduni nell'elenco dei siti da investigare come fase successiva "di caratterizzazione della discarica"; tale fase doveva prevedere l'esecuzione di ulteriore campagna di indagini specifiche, con importo massimo delle spese che non dovevano eccedere E 20.000,00 ad ettaro;

gli incarichi specifici dovevano essere conferiti dalle Amministrazioni Comunali secondo le precise indicazioni di legge attraverso il RUP entro il 2011212006; la relazione finale corredata degli esiti e le risultanze di questa fase successiva deve essere presentata entro il 30 Giugno 2007; le indagini specifiche dovranno prevedere lo studio particolareggiato dell'area di discarica sotto l'aspetto idrologico, geologico e morfologico rispetto alla stabilità complessiva con esecuzione di carte tematiche più particolareggiate ed ulteriore campagna di verifiche dirette rappresentate di sondaggi geognostici, sondaggi sismici e geoelettrici specifici per la caratterizzazione areale e volumetrica, analisi di acque e di eventuale percolato.

### 4.5 MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

Seguendo l'approccio metodologico dell'Analisi di Rischio contemplato nell'allegato 2 del Titolo V del 152/2006, si è proceduto alla definizione del Modello Concettuale preliminare del sito. Si riportano nel seguito alcune considerazioni riguardo le componenti che concorrono alla determinazione del potenziale rischio ambientale a seguito del fenomeno di inquinamento riscontrato. In particolare in tale sezione vengono evidenziate le seguenti componenti:

- Sorgenti (primarie e secondarie)
- Percorsi di migrazione e vie di esposizione
- Bersagli

Il Modello Concettuale preliminare è stato sviluppato sulla base della caratterizzazione del sito.

#### **SORGENTI**

Il sito in oggetto è stato sede di ripetuti scarichi di rifiuti di vario genere. I dati disponibili consentono di verificare la presenza di una sorgente primaria della contaminazione costituita dai rifiuti sversati nella Discarica Comunale. Anche se probabilmente è presente un telo HDPE al fondo ed ai bordi della discarica, non si può escludere che fenomeni di contaminazione abbiano interessato porzioni di terreno o l'acquifero sottostante. Di conseguenza, per quanto riguarda la presenza di sorgenti secondarie, è possibile cautelativamente identificarle nell'acquifero in corrispondenza della discarica e nelle porzioni di terreno superficiali ( $\leq 60$  cm dal p.c.) e profonde ( $\geq 60$  cm dal p.c.). L'intera area oggetto del presente studio è da considerarsi come sorgente poiché, come evidenziato nelle indagini preliminari, la distribuzione dei rifiuti è piuttosto uniforme su tutto il sito.

Il sito sede di discarica è stato oggetto di scarichi di rifiuti di vario genere: rifiuti solidi urbani e assimilabili, rifiuti inerti provenienti da demolizioni. La presenza di rifiuti organici può favorire nei primi anni dallo scarico la produzione di anidride carbonica e nitrati, determinando quindi valori piuttosto elevati di COD (domanda chimica di ossigeno) e BOD (domanda biologica di ossigeno). Successivamente la domanda di ossigeno tende a ridursi, mentre aumenta la produzione di metano e biogas.

#### **PERCORSI DI MIGRAZIONE E VIE DI ESPOSIZIONE**

La selezione dei percorsi di migrazione e delle vie di esposizione è stata effettuata valutando la discarica nelle condizioni attuali ed i risultati delle indagini preliminari eseguite. I percorsi di migrazione ritenuti teoricamente completi sulla base dei dati raccolti sono i seguenti:

- Dispersione in atmosfera con potenziale contatto epidermico o ingestione dei composti inquinanti presenti nel terreno superficiale per chi opera all'interno del sito;
- Dispersione in atmosfera con potenziale inalazione di polveri presenti nel terreno superficiale o profondo per chi opera all'interno del sito;
- Trasporto in soluzione dei composti inquinanti in falda con potenziale ingestione diretta (uso potabile) di acqua contaminata da parte di chi opera nei suoli agricoli esterni al sito.

#### **BERSAGLI**

I potenziali bersagli (recettori) della contaminazione nel caso in esame possono essere identificati con:

- I lavoratori addetti ad attività che si svolgono all'interno del sito:

	OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."	PROGETTISTI INCARICATI: Dott. Ing. Barbato Iannella Dott. Arch. Flavian Basile
	PROGETTO ESECUTIVO A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -	GEOLOGO INCARICATO: Dott. Gerardo Cipriano



- I lavoratori delle realtà industriali o delle zone agricole in prossimità dell'area di investigazione;
- I pozzi privati ubicati a valle della potenziale sorgente di contaminazione ed i loro utilizzatori (con particolare riguardo al caso di approvvigionamento idropotabile o di utilizzo delle acque in agricoltura);
- I residenti in prossimità del sito.

## MODELLO CONCETTUALE OTTENUTO

In funzione delle risultanze indicate nei precedenti paragrafi, è stato possibile ottenere il Modello Concettuale Preliminare specifico per il sito. I dati disponibili consentono di individuare la presenza di una sorgente primaria della contaminazione costituita dai rifiuti sversati nella Discarica Comunale. Per quanto riguarda la presenza di sorgenti secondarie è stato possibile ipotizzarle nell'acquifero in corrispondenza della discarica abusiva e nelle porzioni di terreno superficiale e profondo. I percorsi di migrazione ritenuti potenzialmente completi sulla base dei dati raccolti sono i seguenti:

- Dispersione in atmosfera con potenziale contatto epidermico o ingestione dei composti inquinanti presenti nel terreno superficiale per chi opera all'interno del sito;
- Dispersione in atmosfera con potenziale inalazione di polveri presenti nel terreno superficiale o profondo per chi opera all'interno del sito;
- Trasporto in soluzione dei composti inquinanti in falda con potenziale ingestione diretta (uso potabile) di acqua contaminata da parte di chi opera nei suoli agricoli esterni al sito.

I rimanenti percorsi di migrazione sono invece considerati come incompleti (e dunque inattivi) o al momento non valutabili. Le indagini ambientali, consentiranno di definire quale relazione esiste tra la presenza di rifiuti sul sito e la contaminazione delle matrici ambientali nell'intorno del sito.

## 4.6 INDAGINI PREVISTE DAL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE

In fase di raccolta e sistemazione dei dati esistenti per la Discarica Comunale si è evidenziato come in passato l'area sia stata oggetto di un'attività di conferimento di rifiuti solidi urbani del Comune di Casalduni.

Sulla base delle informazioni raccolte si può ritenere che la provenienza prevalente di tali rifiuti sia quella urbana. Data comunque la totale assenza di controlli all'epoca delle attività di conferimento a rifiuto e considerata la potenziale pericolosità di alcune categorie di rifiuti urbani ed edili, si è ritenuto doveroso approfondire la conoscenza del sito attraverso un Piano di Indagini mirato a raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Verificare le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area;
- Verificare lo stato qualitativo del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee;
- Definire il grado e l'estensione dell'inquinamento;
- Individuare le possibili vie di migrazione degli inquinanti.

Le poche notizie disponibili richiedono la realizzazione preliminare di indagini non invasive che permettano di assumere notizie anche di natura generale sui caratteri stessi del volume di rifiuti (presenza di fusti, contatti tra rifiuti e terreno, zone interessate da percolazioni, ecc. . .).

Per tale motivo si è progettata una campagna di indagine geofisica preliminare alla successiva fase di indagini dirette nelle aree interessate da attività di conferimento dei RR.SS.UU.

La campagna di indagine geofisica preliminare ha consentito di verificare la localizzazione dei sondaggi ed il loro spostamento per la definizione delle eventuali anomalie rilevate. Le informazioni desunte hanno permesso, inoltre, di realizzare le indagini dirette con maggior livello di sicurezza.

Per la caratterizzazione della struttura idrogeologica dell'area, della definizione e distribuzione della contaminazione sia nella parte non satura che in quella satura del sottosuolo, sono stati effettuati ad integrazione delle indagini preliminari:

- 4 sondaggi a carotaggio continuo, tutti approfonditi fino ai 25 metri di profondità dai piani di campagna in modo da intercettare la falda acquifera ivi circolante e tutti attrezzati a piezometro fino ad una analoga profondità di 25 metri. Per il monitoraggio della falda sono stati considerati sia i piezometri della fase di indagine preliminare sia quelli nuovi, realizzati nel piano di indagini per la caratterizzazione. La successione temporale delle attività in esame ha risposto ad esigenze di snellezza dell'intervento senza perdere di vista i requisiti di sicurezza dei lavoratori (assistiti da personale dell'Arpac e del Dipartimento di Benevento) e di tutela dell'ambiente, il cui rispetto è stato in ogni caso assicurato in tutte le fasi di lavoro e prelievo di campioni di acqua e di terreno;
- Lavori preliminari (pulizia, realizzazione di piste di accesso e messa in sicurezza dei luoghi);
- Esecuzione di n.2 stendimenti geoelettrici con tomografia nella zona oggetto di conferimento;
- Esecuzione di n.4 (25ml ognuno) carotaggi nelle aree non interessate dal rilevato dei rifiuti, con prelievo di campioni di terreno negli orizzonti più rappresentativi in accordo con il personale APRAC;
- Allestimento dei fori di sondaggio a piezometri semplici ed effettuazione delle misurazioni piezometriche;
- Espurgo dei piezometri;





- Prelievo di campioni di acqua in accordo con il personale ARPAC.

Il personale ARPAC del Dipartimento Provinciale di Benevento ha prelevato dei controcampioni di terreno e di acqua per le controanalisi nei propri laboratori.

Sui campioni di suolo prelevati nel corso dei sondaggi sono stati ricercati i seguenti parametri:

- Composti inorganici: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Piombo tetraetile, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Cianuri, Fluoruti;
- Coposti Organici Aromatici: Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene, Stirene, Sommatoria organici aroatici (da 20 a 23);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Pirene, Sommatoria (da 25 a 34);
- Fenoli e clorofenoli;
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- Idrocarburi: Leggeri ( $C \leq 12$ ), Pesanti ( $C > 12$ ).

In accordo con quanto previsto dagli allegati al D.Lgs 152/06, le analisi sono state condotte su campioni di granulometria fine ( $< 2\text{mm}$ ). Laddove contaminata, è stata effettuata la caratterizzazione completa della frazione grossolana ( $> 2\text{mm}$ ) sottoponendola a test di cessione con acqua deionizzata satura di  $\text{CO}_2$  e sull'eluato sono stati determinati gli inquinanti rinvenuti nei suoli sulla frazione minore di 2mm.

I risultati delle analisi sono stati espressi in funzione del peso secco della sola frazione minore di 2mm.

In conformità a quanto indicato dall'I.S.S., il limite di riferimento degli idrocarburi totali espressi come n-esano per le acque sotterranee è stato assunto pari a  $10 \mu\text{g/l}$ .

Sui campioni d'acqua di falda prelevati dai piezometri sono stati ricercati i seguenti parametri:

- Metalli: Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Boro, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Piombo tetraetile, Rame, Selenio, Manganese, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Pirene, Sommatoria (31, 32, 33, 36);
- Fluoruri, Solfati, Nitriti, Cianuri

13

Per la verifica dell'affidabilità dei risultati analitici, il laboratorio incaricato ha adottato tutte le procedure di controllo (bianche, duplicati, ecc...) per la calibrazione della strumentazione utilizzata e l'identificazione di potenziali interferenze. I dati relativi ai controlli di qualità sono stati utilizzati per la verifica dell'affidabilità dei risultati e come indicatori di potenziali sorgenti di cross-contamination, ma non sono stati utilizzati per alterare o correggere i risultati analitici.

Per valutare l'affidabilità dei risultati analitici, il piano delle attività è stato concordato e valutato con l'ARPAC del Dipartimento Provinciale di Benevento il cui personale ha assistito a tutte le fasi di investigazione e di prelievo di terreni e di acque, previo spurgo, e ha prelevato dei controcampioni di acqua e di terreno per la validazione dei risultati.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



## 4.7 RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE

Di seguito si riportano riassumono i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo e di acqua di falda prelevati nell'ambito delle attività di caratterizzazione e successive integrazioni. Siccome il certificato urbanistico assegna una destinazione d'uso come verde attrezzato, i limiti che vengono considerati per i campioni di suolo sono quelli relativi ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale.

### Suolo e sottosuolo

Le eccedenze rilevate delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione definite dal D.Lgs. 152/06 ed in riferimento ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale, sono riportate nella Tabella 1:

suolo profondo (oltre 1 m dal p.c.).

**Cobalto:** n. 4 superamenti, con valore massimo, pari a 31 mg/kg, rilevato nel sondaggio P3 ad una profondità compresa tra i 9 ed i 10 metri dal p.c. e le sondaggio P4 ad una profondità compresa tra i 5,5 ed i 7 metri dal p.c.

**Stagno:** n. 10 superamenti, con valore massimo, pari a 2,5 mg/kg, rilevato nel sondaggio P4 ad una profondità compresa tra i 5,5 ed i 7 metri dal p.c.

Denominazione Limite D.Lgs. 152/06 (A) <sup>1</sup>	Profondità dal P.C. (m)	Cobalto mg/kg 20	Stagno mg/kg 1
P1Pc	2,5-4	26	2,3
P1Pc	6-7		1,8
P2Pc	1-2		1,5
P2Pc	2,5-3,5		1,5
P3Pc	3-4		1,2
P3Pc	5-6	28	1,8
P3Pc	9-10	31	2,1
P4Pc	3-4		2,0
P4Pc	5,5-7	31	2,5
P4Pc	24-25		1,3





**Acque sotterranee – indagini preliminari**

Di seguito si espongono i risultati analitici delle analisi sulle acque effettuate per le Indagini preliminari:

Campionamenti ed Analisi del Comune di Casalduni Cod sito 2015C005			
Campionamento Acqua Siglato H	Rilevamento n 1 P2lp a valle	Rilevamento n 2 P2lp a valle	Rilevamento n 3 P2lp a valle
Cromo esavalente (µg/l)	15		
Ferro (µg/l)	810	540	330
Manganese (µg/l)		2100	220
Campionamento Acqua Siglato I	Rilevamento n 1 Pozzo esistente a valle	Rilevamento n 2 Pozzo esistente a valle	Rilevamento n 3 Pozzo esistente a valle
Ferro (µg/l)	840	280	420
Manganese (µg/l)	240	410	1450
Composti aromatici policiclici			
Benzo (a) pirene (µg/l)			0,019
Benzo (g,h,i) perilene (µg/l)			0,01
Pirene (µg/l)			0,34
IPA totali (µg/l)			0,1
Indeno (1,2,3-cd) (µg/l)			0,02

**Acque sotterranee – Piano della Caratterizzazione**

Le analisi delle acque sotterranee in fase di Piano della Caratterizzazione sono espone nella Tabella sottostante con i superamenti riscontrati delle CSC definite dal D.Lgs. 152/06.

Nel complesso, la contaminazione rilevata è riconducibile ai seguenti gruppi di contaminanti:

Metalli (Ferro, Manganese e Piombo).

Di seguito si riporta una descrizione dettagliata dei superamenti rilevati.

**METALLI**

Solo il punto denominato "Pozzo Monte" non presenta eccedenze mentre sono state rilevate eccedenze in tutti i piezometri indagati, relative ai seguenti analiti:

**Ferro:** n. 3 eccedenze con valore massimo, pari a 1400 µg/l, rilevato nel piezometro P1Pc

**Manganese:** n. 2 eccedenze con valore massimo, pari a 630 µg/l, rilevato nel piezometro P1Pc.

**Piombo:** n. 3 eccedenze con valore massimo, pari a 82 µg/l, rilevato nel piezometro P4Pc.

Denominazione	Ferro (µg/l)	Manganese (µg/l)	Piombo (µg/l)
Limite D.Lgs. 152/06	200	50	10
P1Pc	1400	630	83
P2Pc			58
P3Pc	290		
P4Pc	400	220	82







# COMUNE DI CASALDUNI

PROVINCIA DI BENEVENTO

Oggetto: Lavori di bonifica e messa in sicurezza permanente sito ex discarica comunale alla località Largo Croce (codice sito CSPI 2015C005)

**PROGETTO ESECUTIVO**

## **Risultati relativi alle contranalisi condotte dal Laboratorio ArPAC del Dipartimento di Benevento**

Le analisi condotte dall'ARPAC Dipartimento Provinciale di Benevento hanno mostrato un superamento delle CSC come riportato in Tabella 4 nel punto P3Pc da parte del Manganese (1583µg/l), Nichel (71,1 µg/l) e Piombo (16,9 µg/l).

Denominazione	Nichel (µg/l)	Manganese (µg/l)	Piombo (µg/l)
Limite D.Lgs. 152/06	20	50	10
P3Pc	71,1	1583	16,9



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



#### 4.8 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO E ANALISI DI RISCHI

La fase della procedura di Analisi di Rischio successiva alla selezione dei contaminanti indice è l'identificazione e la susseguente parametrizzazione delle tre componenti fondamentali del modello concettuale del sito:

- Sorgente della contaminazione;
- Percorso di esposizione;
- Recettore della contaminazione.

Il modello concettuale del sito descrive le modalità attraverso le quali la contaminazione può avere impatto sui recettori presenti in sito. Il percorso di esposizione rappresenta infatti il collegamento tra la contaminazione e il suo bersaglio (il ricettori) e, affinché sussista un rischio, il modello concettuale deve essere completo di tutte le tre componenti presenti contemporaneamente: si ricorda, infatti, che per le finalità dell'analisi di rischio, non vi è rischio alcuno per i ricettori se non collegati effettivamente ad una contaminazione, pur presente in sito. Le tre componenti suddette rappresentano dunque condizioni necessarie e sufficienti alla sussistenza almeno teorica del concetto di rischio e all'implementazione del suo calcolo.

La sorgente di interesse per il presente studio è costituita dalla presenza di sostanze inquinanti nel suolo profondo e nelle acque sotterranee in concentrazioni superiori ai valori di CSC del D.Lgs. 152/06. Come già rilevato, la contaminazione potenziale è stata valutata all'interno dell'area della discarica nelle seguenti matrici ambientali:

- Suolo profondo;
- Acque sotterranee.

I ricettori potenzialmente impattati da questa contaminazione sono:

- La risorsa idrica sotterranea al punto di conformità.

Le sorgenti attualmente considerate per il calcolo delle CSR sono legate alla dimensione ed alla maglia di caratterizzazione adottata. In tal senso sono solo quelle che emergono allo stato attuale delle conoscenze e derivanti dalle risultanze della fase di caratterizzazione condotta.

Sono state inserite, nel presente studio, delle ipotesi di lavoro conservative, al fine di sopperire ad una eventuale carenza di informazioni.

Alcuni aspetti che meritano una particolare attenzione vengono qui sintetizzati:

- 1) All'interno dell'area vi è una contaminazione eterogenea legata ad attività pregresse condotte negli anni all'interno dell'area; tale situazione porta ad individuare aree con superamenti delle CSC con una estesa continuità (Stagno e Cobalto nei terreni, Ferro, Manganese, e Piombo nelle acque) anche se con la stessa distribuzione spaziale. Per esempio, non sembra esserci una reale correlazione spaziale tra le concentrazioni di Cobalto e Stagno rilevate nel suolo profondo. In aggiunta, le sorgenti sui terreni per alcuni composti in falda non sono chiare, in particolare nelle acque sono presenti superamenti per quanto riguarda il Piombo che non si trova nei suoli con concentrazioni superiori ai limiti fissati dal D.Lgs. 152/06.
- 2) Nell'analisi delle sorgenti in falda e nel calcolo della migrazione verso il punto di conformità sono state fatte alcune assunzioni:
  - a) La direzione di deflusso è variabile in funzione dei regimi di emungimento presenti a micro e meso-scala;
  - b) Le possibili fruizioni della falda introno al sito sono dei seguenti tipi:
    - Domestico
    - Irrigazione
    - Scorte idriche ed altri usi
    - Uso potabile

La presenza di alcuni dei composti che eccedono le CSC, quali Ferro, Manganese e Piombo e le sorgenti di contaminazione, non sono solo attribuiti alla presenza della discarica, ma anche a fenomeni di solubilizzazione di tali composti nella matrice suolo. Tali fenomeni sono innescati dalle condizioni di degradazione dei composti organici.

La procedura dell'analisi di rischio valuta le sostanze, sulla base della loro tossicità, in cancerogene e non cancerogene. La tossicità delle sostanze viene valutata a partire da esperimenti condotti in laboratorio e da dati epidemiologici; in tal modo vengono definiti i criteri tossicologici di valutazione per determinati livelli accettabili di esposizione.

I contaminanti indice nella matrice suolo profondo, e nella matrice acqua profonda rientrano nella categoria dei composti riconosciuti non cancerogeni. Tutti i parametri tossicologici sono stati desunti dalla banca dati tossicologici APAT.





**Criteri di tossicità e di accettabilità dei rischi per le sostanze non cancerogene**

Le sostanze non cancerogene sono quelle che generano effetti tossici se assunte oltre una certa dose. I livelli di esposizione al di sotto di questa soglia sono determinati per identificare la più bassa dose che non genera un effetto avverso in animali da laboratorio o limitate popolazioni umane. Questa dose è conosciuta come "NOAEL - No Observed Adverse Effect Level". Quando un NOAEL non è disponibile, al suo posto si può utilizzare il "LOAEL - Lowest Observed Adverse Effect Level".

Tali valori sono utilizzati per calcolare una dose tollerabile (TDI) o di riferimento (RID) giornaliera. Il TDI è una stima dell'esposizione giornaliera alla quale può essere soggetta la popolazione umana in generale (incluse le sottopopolazioni sensibili) senza un rischio apprezzabile che si verifichino effetti negativi. Il TDI è derivato dividendo il NOAEL (LOAEL) per una serie di fattori (di incertezza e di modificazione) sulla bontà dei test effettuati e sul giudizio professionale dello stesso.

Come già sottolineato, i valori di TDI utilizzati in questa analisi di rischio sono tratti dalla banca dati tossicologici APAT.

Il valore di rischio per le sostanze non cancerogene viene espresso come "HI - Hazard Index" e rappresenta il rapporto tra la dose assunta dal recettore uomo a seguito dell'esposizione (MDI) rispetto alla dose tollerabile (TDI), entrambe nell'arco di tempo di una giornata.

Se HI è minore o uguale a 1 il potenziale di avere effetti per la salute pubblica è molto basso se non nullo (USEPA, 1989). Se l'HI eccede 1, come risultato si ritiene che esista un potenziale di effetti non cancerogeni sulla salute.

In conformità a quanto indicato dal D.Lgs 152/06, per la valutazione in oggetto si è utilizzato un livello di accettabilità per HI pari a 1 per la somma dei rischi derivanti dai percorsi di ogni matrice ambientale. Poiché un valore di HI maggiore di 1 non indica di per sé un accadimento di effetti avversi sulla salute, ma piuttosto una potenzialità di accadimento, il superamento del valore 1 da parte di HI potrebbe rendere necessaria un'analisi più accurata.

**Criteri di tossicità e di accettabilità dei rischi per le sostanze cancerogene**

Le sostanze cancerogene sono quelle sostanze per le quali l'USEPA assume che non esista una dose di riferimento al di sotto della quale non si manifestano effetti avversi e che nel momento in cui si assumono, anche in dosi molto basse, esiste una probabilità di sviluppare cancro. Secondo l'USEPA tale probabilità esiste ad ogni livello di esposizione ad una sostanza cancerogena ed aumenta con l'aumentare dell'esposizione; tale concetto viene definito dall'USEPA con il "criterio no-soglia" per le sostanze cancerogene (USEPA, 1989) e l'andamento incrementale delle probabilità viene definito mediante un procedimento di estrapolazione lineare dalle alte dosi (quelle alle quali si è manifestato l'effetto avverso per la salute) alle dosi basse o molto basse (quelle che normalmente si riscontrano nei siti contaminati).

Il parametro che descrive la tossicità delle sostanze cancerogene è definito "SF - slope factor" (mg/kg- day)<sup>-1</sup> e rappresenta la pendenza della retta dose-effetto nella zona relativa alle basse dosi. I valori di SF per le sostanze cancerogene di questa valutazione sono tratti, come già sottolineato, dalla banca dati tossicologici APAT nel suo aggiornamento al 4.08.06. I valori di rischio per le sostanze cancerogene sono la stima della probabilità che un individuo ha di sviluppare cancro nel corso della vita in seguito all'esposizione alla contaminazione. Per la valutazione in oggetto si è utilizzato un livello di accettabilità di 1\*10<sup>-5</sup> per la somma dei rischi derivanti dai percorsi relativi alla falda superficiale. Tale valore indica un rischio incrementale accettabile nel corso della vita di 0,00001 a fronte di un fondo naturale che, per le persone che vivono nel mondo occidentale, è di 0,25 volte (0,30 se fumatori). Questo significa che, per un lavoratore non fumatore, è stato assunto un incremento massimo della possibilità di assumere cancro nel corso della vita da 0,25 a 0,250001.

A livello internazionale il valore più usato è pari a 1\*10<sup>-5</sup>: tale valore è raccomandato sia in ambito europeo (progetto di ricerca "CLARINET") che in ambito italiano (manuale dell'UNICIM 175/2002 sull'analisi di rischio), ed è inoltre conforme alle indicazioni del D.Lgs. 152/06.





## Parametri dell'esposizione umana

I parametri relativi all'esposizione umana sono molto conservativi e sono riportati in Tabella 6. Questi parametri sono desunti dalla letteratura scientifica internazionale ed in particolare da organismi di standardizzazione e da quelli posti a salvaguardia della salute pubblica, i quali hanno effettuato studi sulle caratteristiche fisiche e comportamentali degli esseri umani (dei bambini e degli adulti residenti).

Parametro	Valore x Adulti	Valore x Bambini
Peso corporeo (kg)	70	15
Tasso di inalazione outdoor (mj/giorno)	5	3
Frequenza esposizione (giorni/anno)	350	350
Durata esposizione (anni)	25	6
Tasso di ingestione di suolo (mg/giorno)	100	200
Superficie delle pelle (cmL/giorno)	17938	6381
Frazione di pelle esposta	0,2	0,5
Fattore di aderenza dermica (mg/cmL)	1	1
Frazione di tempo speso in sito (adim.)	1	1

## GESTIONE DEL RISCHIO

Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio e alla luce delle disposizioni del D.Lgs 152/06, si possono verificare due distinte situazioni:

- Il livello di rischio calcolato nei punti di esposizione e per i contaminanti indice è da ritenersi accettabile; dunque il sito rientra nella categoria "siti non contaminati" e, con l'approvazione del documento dell'analisi di rischio da parte della conferenza dei servizi, il procedimento può ritenersi concluso. Ne consegue che nessun tipo di intervento è richiesto, se non quello di realizzare una adeguata rete di monitoraggio finalizzata a verificare, a medio e lungo termine, che la condizione di rischio accettabile perduri nel tempo e con il possibile mutare delle condizioni al contorno;
- Il livello di rischio supera gli standard di accettabilità e, di conseguenza, le Concentrazioni Soglia di Rischio calcolate. Dunque il sito rientra nella categoria "siti contaminati" ed è necessario predisporre un progetto operativo degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente, finalizzati a minimizzare e ricondurre ad accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione presente in sito. E' possibile intervenire operativamente sul sito con tre possibili alternative:
  - a) Azione di messa in sicurezza e/o bonifica del sito, rimuovendo la sorgente di contaminazione o comunque riducendo la concentrazione dei composti responsabili della situazione di rischio;
  - b) Intervento sui meccanismi e/o sulla possibilità di migrazione del contaminante, riducendo la massa che a partire dalla sorgente può raggiungere il punto di esposizione (processo di solidificazione, capping, barriere di contenimento fisico, contenimenti idraulici,..);
  - c) Intervento sui soggetti recettore, ad esempio modificando la destinazione d'uso del sito.

E' fondamentale porre attenzione alle condizioni base sulle quali è stata calcolata l'analisi di rischio, ovvero la costruzione di un modello rappresentante il cosiddetto "caso peggiore ipotizzabile" motivo base nella scelta dei parametri. Ciò significa che, prima di mettere in opera qualsiasi intervento, è necessario condurre un'attività di monitoraggio tesa ad una caratterizzazione specifica del sito, in modo da calcolare quel valore rischio potenziale che si avvicina maggiormente alle condizioni reali.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



#### 4.9 APPROVAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE E DELL'ANALISI DI RISCHIO

In conclusione il sito in esame si deve definire contaminato per le seguenti sostanze:

**Ferro**

**Manganese**

**Nichel**

**Piombo**

**Cromo VI**

**Benzo(g,h,i)perilene**

**Piren**

**Ipa Totali**

**Benzo(a)pirene**

**Indeno(1,2,3- cd)**

Essi che superano, al punto di conformità, le concentrazioni soglia di Rischio così come ridefinite per le acque sotterranee dal DECRETO LEGISLATIVO 16 gennaio 2008, n.4.

Per ciò che riguarda i Criteri di tossicità e di accettabilità dei rischi per le sostanze non cancerogene e per quelle cancerogene e quindi analizzando analiticamente i Parametri dell'esposizione umana come da tabelle sopraindicate, pur essendo l'area a concentrazione abitativa di natura residenziale ed altra, valutando le risultanze delle analisi chimiche eccedenti, valutando l'esposizione dell'area-discardica, la direzione e l'intensità dei venti prevalenti, si conclude che in prima analisi **non ci sono problemi di potenziali contaminazioni per dell'uomo.**





## 5. PROPOSTE PROGETTUALI E MODALITA' DI INTERVENTO

### 5.1 CRITERI GENERALI

Le tecnologie di bonifica sono molteplici ed in costante evoluzione. Non esistono criteri di valutazione validi per tutti i casi ma, al contrario, ogni situazione va esaminata per individuare le opportune iniziative da adottare. Le tecnologie più adatte per la rimozione e distruzione degli agenti inquinanti sono definite in funzione delle condizioni in cui versano matrici ambientali da bonificare.

Tali tecnologie di bonifica si distinguono in due grandi classi in funzione del luogo di applicazione:

- interventi *in situ*
- interventi *ex situ*

I trattamenti *in-situ* impiegano tecnologie di bonifica che non comportano rimozione di terreno o di acqua inquinata, per i trattamenti *ex situ*, invece, il materiale inquinato viene rimosso per essere decontaminato con appropriato intervento. Tale intervento può avvenire *on site* (all'interno dell'area da bonificare) oppure *off site* (al di fuori dell'area).

Le tipologie di trattamento/bonifica si distinguono in tre gruppi:

- trattamenti biologici
- trattamenti termici
- trattamenti chimico-fisici

I *trattamenti biologici* sfruttano la capacità dei microrganismi naturali di degradare gli inquinanti di un terreno o di un'acqua nutrendosi di elementi quali: carbonio, azoto, fosforo e zolfo in ambienti ossigenati e umidi; questo vale per gli inquinanti che sono biodegradabili più o meno rapidamente. Esistono vari tipi di processi biologici (es. landfarming, bioventing, biosparging) fra questi i più utilizzati sono: la bioremediation e la phytoremediation.

I *trattamenti termici* si riferiscono ai terreni contaminati più che alle acque e sono costituiti prevalentemente da tecnologie *ex situ*. Possono essere classificate in due tecnologie: trattamenti di desorbimento termico e trattamento di termo-distruzione (incenerimento).

I *trattamenti chimico-fisici* sono processi di estrazione in cui i contaminanti vengono rimossi dal terreno mediante un agente estrattivo e processi di inertizzazione dove la mobilità dei contaminanti viene ridotta mediante il loro confinamento in una matrice solida o mediante stabilizzazione chimica. Alcuni esempi di trattamenti chimico-fisici sono: soil washing, soil venting, soil flushing, electrokinetic remediation e le barriere reattive permeabili.

Come definito nell'Allegato 3 della Parte IV del D.Lgs. 152/2006, gli interventi di bonifica e di messa in sicurezza devono essere scelti e condotti secondo i seguenti criteri generali:

- privilegiare le tecniche di bonifica che riducono permanentemente e significativamente la concentrazione nelle diverse atrici ambientali, gli effetti tossici e la mobilità delle sostanze inquinanti;
- privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito, trattamento *in-situ* ed *on-site* del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivati dal trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;
- privilegiare le tecniche di bonifica/messa in sicurezza permanente che blocchino le sostanze inquinanti in composti chimici stabili (ad es. fasi cristalline stabili per metalli pesanti);
- privilegiare le tecniche di bonifica che permettono il trattamento e il riutilizzo nel sito anche dei materiali eterogenei del suolo e dei materiali eterogenei sottoposti a trattamenti *off-site* sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali e sanitarie adeguate;
- privilegiare negli interventi di bonifica e ripristino ambientale l'impiego di materiali organici di adeguata qualità provenienti dalle attività di recupero di rifiuti urbani;
- evitare ogni rischio aggiuntivo a quello esistente di inquinamento dell'aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni inconveniente derivante da rumori e odori;
- evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi;





**PROGETTO ESECUTIVO**

- adeguare gli interventi di ripristino ambientale alla destinazione d'uso e alle caratteristiche morfologiche, vegetazionali e paesaggistiche dell'area;
- per la messa in sicurezza privilegiare gli interventi che permettono il trattamento *in-situ* ed il riutilizzo industriale dei terreni, dei materiali di risulta e delle acque estratte dal sottosuolo, al fine di conseguire una riduzione del volume di rifiuti prodotti e della loro pericolosità;
- adeguare e misure di sicurezza alle caratteristiche specifiche del sito e dell'ambiente da queste influenzato;
- evitare ogni possibile peggioramento dell'ambiente e del paesaggio dovuto alle opere realizzate;
- presentare una dettagliata analisi comparativa delle diverse tecnologie di bonifica applicabili al sito in esame, in considerazione delle specifiche caratteristiche dell'area, in termini di efficacia nel raggiungere gli obiettivi finali, concentrazioni residue, tempi di esecuzione, impatto sull'ambiente circostante degli interventi; questa analisi deve essere corredata da un'analisi dei costi delle diverse tecnologie. Le alternative presentate dovranno permettere di comparare l'efficacia delle tecnologie anche in considerazione della riduzione della gestione a lungo termine delle misure di sicurezza, dei relativi controlli e monitoraggi;
- indicare se, qualora previste, si dovrà procedere alla rimozione o al mantenimento a lungo termine delle misure di sicurezza e dei relativi controlli e monitoraggi.

Ciò premesso, si procede all'analisi delle matrici SUOLO e ACQUE che, stando al Piano della Caratterizzazione, risultano contaminate dai seguenti agenti inquinanti: Cromo esavalenti, Piombo, altri metalli e materiali inorganici (quali Ferro e Manganese), sostanze appartenenti alla famiglia degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (come Pirene e Benzopirene).

La scelta del trattamento da effettuare non è mai univoca: la migliore soluzione possibile combina insieme più trattamenti efficaci e garantisce il massimo risultato al prezzo più vantaggioso e nel minor tempo possibile.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



## 5.2 MATRICE SUOLO E SEDIMENTI E TRATTAMENTI POSSIBILI

Il suolo è un complesso corpo vivente, in continua evoluzione, che fornisce all'umanità gli elementi necessari al proprio sostentamento. Esso gioca un ruolo prioritario nella salvaguardia delle acque sotterranee, nel controllo della quantità di CO<sub>2</sub> atmosferica, nella regolazione dei flussi idrici superficiali con dirette conseguenze sugli eventi alluvionali e franosi, nel mantenimento della biodiversità, nei cicli degli elementi nutritivi, ecc. . .

In presenza di una discarica interrata, come quella della Località Largo Croce del Comune di Casalduni, il terreno compromesso a causa del diretto contatto con i rifiuti depositati, risulta essere il maggiore vettore di sostanze inquinanti all'interno delle altre matrici ambientali (aria e acqua), anche a danno della salute umana.

**Come richiesto dall'ARPAC e come il buonsenso suggerisce, risulta quindi necessario isolare i rifiuti per evitare che gli agenti inquinanti arrivino alla falda acquifera o, se ciò è già accaduto, per limitare il danno ed evitare che l'inquinamento delle acque di falda si propaghi.**

A supporto della scelta delle più adeguate metodologie di bonifica da proporre in progetto, si riportano a seguire **le tabelle "MATRICE SCREENING DEI TRATTAMENTI EX SITU PER LA MATRICE SUOLO E SEDIMENTI"** elaborate dal Settore Siti Contaminati – Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Tra i trattamenti possibili, evitando quelli che presentano la lettera **N** (cioè quelli ad efficienza limitata) in corrispondenza della sostanza che inquina il sito, si prendono in considerazione diverse soluzioni. I migliori interventi di bonifica e di messa in sicurezza sono selezionati con l'aiuto della matrice ed in osservanza delle direttive dell'Allegato 3 - Parte IV del D.Lgs. 152/2006 (cfr. paragrafo 5.1 CRITERI GENERALI).

Nel caso in esame le sostanze inquinanti che superano i limiti di legge (validati dall'ARPAC) o che per principio di massima cautela saranno considerati eccedenti e contaminanti la matrice suolo sono: Cromo (VI), Piombo, Ferro, Manganese, Nichel, Benzopirene, Benzo-perilene, Pirene e Solfati. I migliori interventi di bonifica e di messa in sicurezza in presenza di tali agenti sono quelli evidenziati in rosso nelle due tabelle sotto riportate ed in seguito descritti:

- tra i trattamenti fisico/chimici *ex situ*: Estrazione Chimica e Soil Washing
- tra i trattamenti *ex situ*: Capping e escavazione + smaltimento off site del suolo contaminato.

23

Tra tutti i trattamenti possibili per la matrice suolo e sedimenti, quello risolutivo sarebbe l'**ESCAVAZIONE E SMALTIMENTO OFF SITE** della porzione di suolo contaminato e contaminante. Sebbene tale trattamento risolverebbe definitivamente il problema dei rifiuti liberamente interrati (che verrebbero immediatamente stoccati in una discarica autorizzata), non sarà possibile intervenire in questo modo: infatti per arrivare ai rifiuti sommersi bisognerebbe smantellare e poi ripristinare recenti opere di sistemazione urbana (una nuova piazza, una strada ed un parco giochi per bambini), con la conseguenza che l'intervento risulterebbe invasivo ed economicamente insostenibile.

Si eviterà quindi il trattamento della matrice suolo, con la conseguenza che anche gli altri trattamenti possibili (cfr. tabella a seguire) non sono applicabili al caso in esame per i motivi sopra esposti.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano





## MATRICE DI SCREENING TRATTAMENTI EX SITU PER LA MATRICE SUOLO E SEDIMENTI

	Arsenico	Cadmio	Cromo	Piombo	Mercurio	Zinco	Altri metalli e inorganici	Idrocarburi Aromatici	Idrocarburi Policiclici Aromatici	Idroc. Alifatici Clorurati canc.	Idroc. Alifatici Clorurati non canc.	Idroc. Alifatici Alogenati canc.	Nitrobenzeni	Clorobenzeni	Fenoli non Clorurati	Fenoli Clorurati	Ammine Aromatiche	Fitofarmaci	Diossine e Furani
<b>TRATTAMENTI BIOLOGICI EX SITU (previa escavazione)</b>																			
BIOPILE	N	N	N	N	N	N	S	A	A	A	A	A	N	A	A	A	L	L	L
COMPOSTAGGIO	N	N	N	N	N	N	N	A	A	L	L	L	A	A	A	L	L	N	N
LANDFARMING	N	N	N	N	N	N	N	A	A	L	L	L	S	L	A	L	A	L	L
BIOREATTORI	N	N	N	N	N	N	S	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	N
<b>TRATTAMENTI FISICO/CHIMICI EX SITU (previa escavazione)</b>																			
ESTRAZIONE CHIMICA	A	A	A	A	A	A	A	L	L	L	L	L	N	A	L	A	A	A	N
OSSIDAZIONE / RIDUZIONE CHIMICA	N	N	A	N	N	N	N	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
SOIL WASHING	A	A	A	A	A	A	A	L	L	L	L	L	N	L	L	L	L	L	L
SOLIDIFICAZIONE / STABILIZZAZIONE	A	A	A	A	A	A	A	N	N	N	N	N	N	L	N	L	L	L	A
<b>TRATTAMENTI TERMICI EX SITU (previa escavazione)</b>																			
INCENERIMENTO / PIROLISI	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DESORBIMENTO TERMICO	N	N	N	N	A	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>ALTRO</b>																			
CAPPING (CONTENIMENTO)	A	A	A	A	A	A	A	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	A	A
CAVAZIONE E SMALTIMENTO OFF SITE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

24

**Legenda:**

N efficienza non dimostrata  
A efficienza dimostrata

L efficienza limitata  
S efficienza in funzione del contaminante, del sito e della progettazione



OGGETTO: "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



### 5.3 MATRICE ACQUA E TRATTAMENTI POSSIBILI

Il rischio maggiore in un sito potenzialmente inquinato come quello del Comune di Casalduni risiede nella lenta ed inesorabile contaminazione delle acque di falda. Gli strati di suolo che la ricoprono dovrebbero essere sufficienti a garantirne la difesa contro le contaminazioni. Di fatto, però, il suolo potrebbe aver subito tali e tante aggressioni da parte delle sostanze in esso presenti da decenni, da aver perso in gran parte il suo potere depuratore e filtrante.

Infatti, con il passare del tempo la pioggia penetra nel cumulo di rifiuti, corrode i recipienti che contengono i liquami e le eventuali scorie chimiche e si viene a formare una soluzione tossica concentrata (il percolato) che si infiltra nel suolo fino a raggiungere la falda acquifera. La pericolosità del percolato dipende, ovviamente, dal tipo di rifiuti conferiti. Quelli provenienti dall'attività domestica sono così ricchi di sostanze nutritive da influenzare i processi di eutrofizzazione (arricchimento di sostanze nutritive) delle acque; quelli industriali, invece, possono formare veri cocktail di veleni al piombo, al cadmio, al mercurio e perfino al cianuro. È stato calcolato che una discarica di sette ettari di superficie può produrre più di 20 milioni di litri di percolato all'anno e che questo processo continua per almeno 50 anni. Se ai tempi lunghi di filtrazione del suolo aggiungiamo l'estrema lentezza del movimento globale dell'acqua di falda, possiamo concludere che l'inquinamento delle acque di oggi è la conseguenza di processi avviati ormai da decenni e che, inoltre, il nostro comportamento attuale potrebbe procurarci un «futuro idrico» ancora più preoccupante.

**Come richiesto dall'ARPAC e come il buonsenso suggerisce, risulta quindi necessario isolare i rifiuti ed innescare un processo di purificazione dagli agenti inquinanti presenti nella falda acquifera sottostante il sito potenzialmente inquinato della Località Largo Croce del Comune di Casalduni.**

A supporto della scelta delle più adeguate metodologie di bonifica da proporre in progetto, si riportano a seguire **le tabelle "MATRICE SCREENING DEI TRATTAMENTI IN SITU ED EX SITU PER LA MATRICE ACQUA"** elaborate dal Settore Siti Contaminati – Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Tra i trattamenti possibili, evitando quelli che presentano la lettera **N** (cioè quelli ad efficienza limitata) in corrispondenza della sostanza che inquina il sito, si prendono in considerazione diverse soluzioni. I migliori interventi di bonifica e di messa in sicurezza sono selezionati con l'aiuto della matrice ed in osservanza delle direttive dell'Allegato 3 - Parte IV del D.Lgs. 152/2006 (cfr. paragrafo 5.1 CRITERI GENERALI).

Nel caso in esame le sostanze inquinanti che superano i limiti di legge (validati dall'ARPAC) o che per principio di massima cautela saranno considerati eccedenti e contaminanti la matrice acqua sono: Cromo (VI), Piombo, Ferro, Manganese, Nichel, Benzopirene, Benzo-perilene, Pirene e Solfati. I migliori interventi di bonifica e di messa in sicurezza in presenza di tali agenti sono quelli evidenziati in rosso nelle due tabelle sotto riportate ed in seguito descritti:

- tra i trattamenti fisico/chimici *in situ*: Barriere Permeabili Reattive
- tra i trattamenti *ex situ*: Lagunaggi e Pump & Treat con filtri ai carboni attivi

Escludendo infine trattamenti come il lagunaggio (che richiede l'impiego di troppe risorse oltre ad essere di difficile realizzazione nell'area oggetto di intervento in quanto già antropizzata), si procede a descrivere in modo dettagliato i possibili trattamenti efficaci rimasti.

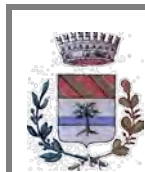




**MATRICE DI SCREENING TRATTAMENTI IN SITU ED EX SITU PER LA MATRICE ACQUA**

	Arsenico	Cadmio	Cromo	Piombo	Mercurio	Zinco	Altri metalli e inorganici	Idrocarburi Aromatici	Idrocarburi Policiclici Aromatici	Idroc. Alifatici Clorurati canc.	Idroc. Alifatici Clorurati non canc.	Idroc. Alifatici Alogenati canc.	Nitrobenzeni	Clorobenzeni	Fenoli non Clorurati	Fenoli Clorurati	Ammine Aromatiche	Fitofarmaci	Diossine e Furani
<b>TRATTAMENTI BIOLOGICI IN SITU</b>																			
BIOREMEDIATION	N	N	N	N	N	N	S	A	A	A	A	A	L	L	A	L	A	L	L
ATTENUAZIONE NATURALE MONITORATA	N	N	N	N	N	N	N	A	A	L	L	L	N	L	A	L	L	L	L
PHYTOREMEDIATION	A	A	L	L	A	A	L	L	L	L	L	L	N	L	L	L	L	L	L
<b>TRATTAMENTI FISICO/CHIMICI IN SITU</b>																			
AIR SPARGING	N	N	N	N	N	N	N	A	A	L	L	L	N	L	A	L	L	L	L
OSSIDAZIONE CHIMICA	N	N	L	N	N	N	S	N	N	L	L	L	L	L	N	L	N	L	L
OSSIDAZIONE ELETTROCHIMICA	N	N	L	N	N	N	S	N	N	A	A	L	N	L	N	L	L	L	L
IN-WELL AIR STRIPPING	N	N	N	N	N	N	N	L	L	L	L	L	N	N	L	N	L	N	N
DUAL/MULTI PHASE EXTRACTION	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A
<b>BARRIERE PEREABILI REATTIVE</b>	N	N	A	A	N	A	S	L	L	A	A	A	A	A	L	A	A	A	A
<b>TRATTAMENTI BIOLOGICI EX SITU</b>																			
BIOREATTORI	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	L	A	L	A	N	N
<b>LAGUNAGGI</b>	A	A	L	A	L	A	A	L	L	L	L	L	A	L	L	L	L	N	N
<b>TRATTAMENTI FISICO/CHIMICI EX SITU (con estrazione delle acque e conferimento in idoneo impianto)</b>																			
OSSIGENAZIONE AVANZATA	N	N	N	N	N	N	S	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
AIR STRIPPING	N	N	A	N	N	N	N	N	N	A	A	A	N	N	N	N	N	N	N
<b>CARBONI ATTIVI</b>	L	L	L	L	L	L	S	A	A	A	A	A	S	A	A	A	A	A	A
<b>PUMP AND TREAT</b>	A	A	A	A	A	A	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	A
SCAMBIO IONICO	A	A	A	A	A	A	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

**Legenda:** N efficienza non dimostrata      L efficienza limitata  
 A efficienza dimostrata                      S efficienza in funzione del contaminante, del sito e della progettazione



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
 Dott. Ing. Barbato Iannella  
 Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
 Dott. Gerardo Cipriano



### 5.3.1 CARBONI ATTIVI

Il carbone attivo è una forma grezza di grafite, dalla quale si differenzia per la sua particolare struttura altamente porosa, imperfetta e casuale. La struttura grafitica conferisce al carbone attivo una vastissima superficie interna di *adsorbimento* (fino a 1000 m<sup>2</sup>/g) che gli permette di attrarre e fissare una ampia gamma di composti solubili in acqua.

L'*adsorbimento* è un processo nel quale un solido (per l'appunto il carbone attivo) è usato per la rimozione di sostanze solubili in acqua. Esso esiste in due varianti: Carbone Attivo in Polvere (PAC) e Carbone Attivo Granulare (GAC). La versione GAC è usata principalmente nel trattamento delle acque.

Il carbone attivo possiede le più forti forze fisiche di *adsorbimento* (o i più grandi volumi di porosità disponibile all'*adsorbimento*) di qualsiasi altro materiale conosciuto, grazie ad una serie di pori di differenti dimensioni (che vanno da fessure o crepe visibili fino a pori di dimensioni molecolari).

**Cinque grammi di carbone attivo possono avere una superficie disponibile per l'*adsorbimento* pari a un campo da calcio.**

A cos'è l'*adsorbimento*? Le molecole dalla fase liquida o gassosa sono fissate in modo fisico ad una superficie, in questo caso la superficie appartiene al carbone attivo. Il processo di *adsorbimento* avviene in tre fasi:

- **Macro-trasporto:** movimento di materiale organico attraverso il sistema di macro-pori del carbone attivo (macro-poro > 50nm);
- **Micro-trasporto:** movimento di materiale organico attraverso il sistema di micro-pori e meso-pori del carbone attivo (micro-poro < 2nm; meso-poro 2-50nm);
- **Assorbimento:** attaccamento fisico di materiale organico sulla superficie del carbone attivo nei suoi meso-pori e micro-pori.

Il livello di attività dell'*adsorbimento* è basato sulla concentrazione della sostanza nell'acqua, la temperatura e la polarità della sostanza. Una sostanza polare (cioè una sostanza ben solubile in acqua) non può essere rimossa dal carbone attivo o comunque è rimossa male, mentre una sostanza non polare può essere completamente rimossa dal carbone attivo. Ogni tipo di carbone ha propria isoterma di *adsorbimento* e nel settore di trattamento delle acque tale isoterma è definita dalla funzione di Freundlich.

**Funzione di Freundlich:**  $x/m = K_f C_e^{1/n}$

$x/m$  = sostanza adsorbita per grammo di carbone attivo

$C_e$  = differenza di concentrazione (prima e dopo)

$K_f, n$  = costanti specifiche

L'*adsorbimento* è creato dalle *forze di London*, che sono uno dei tipi di forze di Wan Der Waals che esistono tra le molecole. E' un'attrazione molto simile a quella tra i pianeti.

Le forze di dispersione di London hanno un raggio di azione molto corto e quindi sono molto sensibili alle distanze tra la superficie del carbone e la molecola di adsorbato. Sono inoltre additive, cioè la forza di *adsorbimento* è la somma delle interazioni tra tutti gli atomi. Il corto raggio di azione e il fatto che queste forze siano additive fa sì che le forze di *adsorbimento* del carbone attivo siano i legami fisici più forti di qualunque altro materiale conosciuto.

### 5.3.2 BARRIERA PERMEABILE REATTIVA

Studi recenti hanno permesso di aprire la strada a tecnologie innovative riguardanti il trattamento e la bonifica di siti contaminati. Il settore chimico-fisico ha sicuramente dato gli sforzi maggiori, ottenendo risultati soddisfacenti. Già da alcuni anni, per esempio, si sono registrate applicazioni in diversi siti inquinati di trattamenti che utilizzano barriere reattive permeabili (**PRB**).

Nella sua forma più semplice la tecnologia è costituita da una zona di trattamento "gate" installata lungo il percorso di flusso delle acque sotterranee costituita da **pozzi filtranti riempiti di materiali reattivi, come il ferro granulare, i carboni attivi, le zeoliti e gli ossidi di ferro amorfi.**

I contaminanti vengono degradati, assorbiti o precipitati a seconda del materiale reattivo impiegato. Il vantaggio di questo sistema è che non richiede una fonte di energia esterna per il pompaggio delle acque contaminate: dopo l'installazione la barriera funziona passivamente. E' chiaro



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



che il mantenimento dell'attività della barriera può risultare problematico; inoltre l'eventuale rimozione e sostituzione possono a loro volta costituire un problema. La messa a punto delle PRB, quindi, richiede un attento studio progettuale al fine di ottimizzare i costi di installazione, di gestione e l'efficacia del trattamento di bonifica.

La barriera reattiva permeabile (PRB) è una delle più promettenti tecnologie di trattamento passivo di una contaminazione a carico della falda, dovuta all'efficacia dimostrata nei riguardi di diversi contaminanti ed anche a basso costo, se comparato a quello di altre tecnologie in-situ.

Una configurazione tipica di una PRB consiste nel posizionare, ortogonalmente alla direzione del flusso dell'acqua di falda del sistema acquifero, una zona permeabile di trattamento che contiene materiale reattivo. Quest'ultima ha il compito di immobilizzare o decomporre i contaminanti, quando attraversata dal flusso che si muove per effetto del gradiente naturale.

Le PRB possono essere installate in maniera permanente o semi-permanente e si ha anche l'opportunità di sostituire alcuni elementi in corso d'opera.

Le reazioni chimico-fisiche che avvengono all'interno della barriera, consentono di ridurre la concentrazione di contaminante nell'acqua di falda attraverso diversi meccanismi, di cui i principali sono:

- **degradazione**: è il meccanismo più interessante in quanto modifica la costituzione del contaminante rendendolo meno tossico e più biodegradabile. Non è richiesta né la sostituzione né la pulizia della barriera;
- **adsorbimento**: consente di trattenere il contaminante sulla superficie dei costituenti della barriera. Ciò comporta la necessità di una successiva estrazione della barriera;
- **precipitazione**: la reazione chimica che avviene all'interno della barriera fa sì che il contaminante precipiti e si depositi. L'estrazione del precipitato può rendersi necessaria per la sua eventuale pericolosità o per ripristinare i complessi reattivi della barriera.

Le barriere reattive permeabili sono indicate per l'intercettazione ed il trattamento della frazione solubile di una contaminazione a carico del sistema acquifero. I contaminanti che possono essere rimossi con una barriera reattiva con ferro zero valente sono: composti organici alogenati (tetraclorometano, triclorometano, diclorometano, esacloroetano, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, tetracloroetene, tricloroetene, ecc.), composti organici aromatici (benzene, toluene, etil benzene), metalli pesanti e radionuclidi oltre a solfati, nitrati, fosfati.

Nell'applicazione delle PRB, sono utilizzate diverse possibili configurazioni:

- Trincea continua;
- Funnel and gate;
- Reattore interrato;
- Raccolta passiva con reattori.

Le configurazioni più importanti sono: la trincea continua e il funnel and gate.

- La **trincea continua** è caratterizzata da una singola zona reattiva, il plume viene intercettato per intero dal materiale reagente (perché si estendono su tutto o su una porzione dello spessore saturo). Questa soluzione, consente di non alterare in maniera significativa le originarie condizioni di deflusso sotterraneo oltre ad essere più semplice dal punto di vista progettuale.

- Il **funnel and gate**, invece, consiste in una parete permeabile posizionata tra due barriere impermeabili o a bassa permeabilità a forma di imbuto (funnel) che dirigono l'inquinante dalla regione contaminata verso la barriera reattiva permeabile (gate).

Il "gate" viene scavato mediante l'utilizzo di benne o di escavatori e poi riempito del materiale reagente. Il "funnel" impermeabile, invece, viene realizzato mediante diaframmi plastici o plancole in acciaio.

In entrambi i casi (sia per la trincea continua che per il funnel and gate), l'estensione e la geometria della barriera devono essere tali da garantire, al variare delle condizioni di flusso e anche in presenza di oscillazioni esterne (oscillazioni della tavola d'acqua, fenomeni di ricarica, pompaggio, ecc.), di intercettare completamente il pennacchio inquinante. Inoltre è necessario che la permeabilità del mezzo reattivo sia superiore a quella dell'acquifero, onde evitare la diversione delle linee di flusso attorno alla barriera stessa.





## PROGETTO ESECUTIVO

La scelta tra le due configurazioni dipende dalle caratteristiche idrogeologiche del sito e dal costo del materiale reattivo. **Quando si ha un alto costo del materiale reattivo, è preferibile la configurazione del funnel and gate in quanto la zona reattiva non necessita di tanto materiale. In altro modo, se si utilizza materiale a buon mercato (ferro granulare) è più redditizio evitare la costruzione di muri impermeabili ed impiegare la trincea continua.**

La profondità che si può realisticamente raggiungere con le tecniche di scavo convenzionali non supera i 25-30 m.

Nella fase di progettazione di una PRB, bisogna tenere conto di alcuni requisiti tra cui la conoscenza della caratterizzazione del sito (*assetto stratigrafico, geometria dell'acquifero*: per determinare profondità e spessore del fondo impermeabile nel quale viene immersa la PRB, *piezometria*: per valutare le escursioni del livello di falda e la variazione di flusso che potrebbero causare fenomeni di aggiramento, *parametri idrodinamici*: utili per il dimensionamento e *parametri geologici*: necessari per progettare lo scavo del terreno), l'investigazione dei parametri critici (come il tempo di permanenza delle sostanze inquinanti) e la stabilità dei possibili prodotti di trasformazione. Inoltre, prima dell'installazione di una PRB, devono essere risolti alcuni problemi quali: il progetto di installazione, la selezione dell'appropriato materiale reattivo o delle miscele di materiali, le misure geometriche della zona relativa (altezza, lunghezza, spessore) e del costo dell'installazione. E' di fondamentale importanza la fase di studio in laboratorio delle cinetiche di degradazione e dei coefficienti di resa. In presenza di ferro granulare, i solventi organici clorurati si degradano secondo una cinetica del primo ordine dipendente dalla superficie specifica del materiale. Si può affermare che gli idrocarburi peralogenati tendono a ridursi più velocemente di quelli meno alogenati, così la dechlorinazione si mostra più rapida per quelli saturi di carbonio rispetto a quelli insaturi.

Una fase importante nella progettazione è quella della modellizzazione numerica dei fenomeni di flusso che permette la valutazione della zona di captazione e la determinazione delle velocità di attraversamento della barriera. Dalla conoscenza della velocità di attraversamento e dello spessore della barriera è possibile risalire al tempo di permanenza, che deve essere sufficientemente elevato da garantire la completa degradazione di tutti i contaminanti e degli eventuali sottoprodotti. Nella configurazione funnel and gate è necessario tenere in considerazione l'aumento della velocità di attraversamento del materiale reattivo specialmente in prossimità delle giunzioni tra funnel and gate.

In entrambe le configurazioni, per assicurare un corretto funzionamento nel tempo, si rende necessario stimare la riduzione di permeabilità della barriera a seguito della formazione di precipitati con conseguente riduzione del tempo di permanenza e dell'efficacia della stessa.

**Una opportuna rete di monitoraggio deve essere realizzata nell'intorno della barriera in modo da valutare le concentrazioni in uscita, la funzionalità nel tempo oltre ad eventuali fenomeni di aggiramento.**

### I vantaggi maggiori di questo processo 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;
- il monitoraggio può venire concentrato nel tempo.

Benché la tecnologia delle PRB sia continuamente in progresso, ci sono anche **alcuni svantaggi**:

- 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;
- all'interno della barriera possono verificarsi fenomeni di precipitazione che possono portare alla diminuzione della permeabilità della barriera stessa: è importante, quindi, la presenza di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee a valle della barriera che consenta di monitorare in continuo l'efficacia del trattamento.

Come già stato detto, nella maggioranza dei casi, le sostanze organiche sono degradate dal ferro zerovalente. Uno dei più comuni contaminanti organici è l'1,1,2-tricloroetilene (TCE), che è molto utilizzato per il trattamento sgrassante dei metalli, seguito da diclorometano (DCE); anche tetracloroetilene e diclorometano, che è utilizzato nello strappaggio di vernici e nelle puliture a secco industriali, sono frequentemente trovati nelle falde acquifere.

Spesso tra i contaminanti inorganici, inclusi nei metalli pesanti, vi sono Cd, Co, Zn, Pb, Mn, Ni e cationi complessi come  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $CrO_4^{2-}$ .

Un'elevata concentrazione di metalli pesanti o radionuclidi è solitamente individuata in presenza di rifiuti industriali, rifiuti minerari e nucleari.

La caratterizzazione dei contaminanti riveste una grande importanza nel progettare ed installare una barriera permeabile reattiva, una volta determinata la composizione organica e inorganica della falda, si valutano i materiali reattivi più appropriati e si prevedono i possibili precipitati, che andranno ad incidere sull'efficienza e sulla durata della barriera; devono, quindi, essere eseguite una serie di prove di laboratorio finalizzate a determinare: il materiale reattivo ideale e le costanti di degradazione relative alle reazioni di rimozione dei contaminanti.

### La selezione del materiale reattivo è basata su criteri di seguito riportati:

- **Reattività:** è desiderabile avere un basso tempo di residenza ed un'alta velocità di reazione, con l'obbligo di mantenere lo spessore della barriera entro limiti accettabili;
- **Stabilità:** ci si aspetta che il materiale rimanga attivo per un lungo periodo di tempo, in quanto non risulta facilmente sostituibile;
- **Disponibilità e costi:** l'ammontare di materiale reattivo richiesto per la costruzione di una barriera reattiva è notevole, perciò è essenziale minimizzare i costi attraverso la quantità impegnata nella PRB;
- **Prestazioni idrauliche:** la permeabilità idraulica del materiale dipende dalla sua particolare forma di distribuzione e deve avere un valore maggiore o uguale a quello del terreno circostante. Deve essere determinata la migliore misura della particella per permettere permeabilità appropriate e un sufficiente tempo di contatto;
- **Conducibilità idraulica:** la conducibilità idraulica del materiale permeabile deve essere superiore, o quanto meno paragonabile, a quella del sistema acquifero in modo che la cattura dell'acqua contaminata sia assicurata e che non si instaurino fenomeni di diversione delle linee di flusso;
- **Compatibilità ambientale:** è importante che il reattivo non formi qualche sottoprodotto quando reagisce con i contaminanti e che non sia esso stesso sorgente di contaminazione;
- **Sicurezza:** la maneggevolezza del materiale non deve generare alcun rischio per la salute dei lavoratori.

Rimanendo valide queste considerazioni di massima, il ferro zero valente è il mezzo reattivo più utilizzato per barriere pilota o in scala reale. Viene commercializzato da diverse società con caratteristiche differenti in quanto a purezza ed a capacità di degradazione.

Il periodo di efficienza di una PRB è una questione di grande preoccupazione, specialmente quando i contaminanti sono solventi clorurati o radionuclidi che rimangono presenti per diversi anni. Vengono quindi studiate prove in colonna utilizzando velocità di filtrazione superiori a quelle che si riscontrano in realtà per accelerare il processo di invecchiamento e di intasamento causato dalla formazione e deposizione di precipitati provocati da costituenti inorganici come Ca, Mg, e Na che vanno ad influenzare le prestazioni sulla superficie del reattivo.

Un cambiamento della permeabilità idraulica della barriera, dovuto all'intasamento della superficie delle particelle di ferro, può alterare il flusso del percolato, che può di conseguenza abbassarsi al di sotto dell'acquifero o passare attorno alla barriera. Altro parametro importante per assicurare una lunga durata al processo, è determinato dal valore dell'ossigeno disciolto, prima che avvenga la reazione con il ferro, infatti, se sono presenti elevate concentrazioni di ossigeno all'interno dell'acqua di falda può ossidare i primi centimetri di barriera e creare problemi di precipitazione di idrossidi di ferro. Per questa ragione di solito si costruiscono zone di pretrattamento, dove l'ossigeno disciolto è consumato prima di entrare nella zona zero valente.



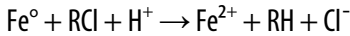
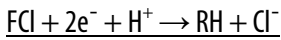
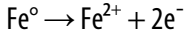


**Ferro zero valente**

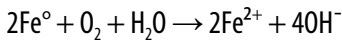
Uno dei più comuni materiali reattivi, nelle odierne applicazioni, è il ferro granulare zero valente. Il largo uso di ferro è dovuto alla sua abilità di degradare diverse sostanze organiche come gli idrocarburi clorurati e qualche composto inorganico come cromo, nichel, uranio, solfati ed altri. La velocità di degradazione dipende dalla superficie specifica del ferro. Il ferro granulare è il metallo più a buon mercato disponibile e tra i meno costosi materiali reattivi in genere.

Viene ottenuto per macinazione di rottami di ferro dopo una accurata cernita.

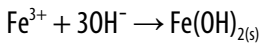
Il meccanismo di degradazione riduttiva di solventi clorurati con ossidazione del Fe° a Fe<sup>2+</sup> :



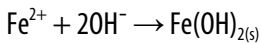
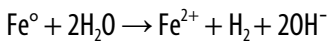
Quando l'ossidazione di Fe° è condotta in condizioni aerobiche, il Fe<sup>2+</sup> prodotto dalla reazione:



è ossidato successivamente a Fe<sup>3+</sup> e a pH superiori a 2, viene precipitato come idrossido di Fe, andando a influenzare la permeabilità della barriera:

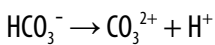


Anche nell'ossidazione anaerobica del ferro a contatto con l'acqua si ottiene la formazione di ossidi e idrossidi di Fe, come descritto dalla reazione:

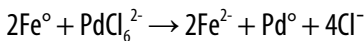


In questo caso la velocità della reazione è molto piccola (rispetto a quella di degradazione dei solventi clorurati) ed i prodotti non sempre inibiscono la degradazione degli organici. Anche una piccola presenza di SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> è possibile causa della formazione i solfuri.

Anche i costituenti inorganici hanno effetti sulle prestazioni delle barriere di degradazione per VOC; minerali come CaCO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> sono formati da anioni carbonato prodotti dalla reazione:



dovuta all'incremento di pH. Comunque, la presenza di tali specie non sempre influenza la permeabilità idraulica o la reattività delle barriere di ferro. Nella dechlorazione del TCE con ferro elementare si formano prodotti intermedi di reazione come 1,1-dicloroetilene e 1,2-dicloroetilene che ritardano il processo di degradazione, si può quindi modificare la superficie del ferro elementare con Pd, secondo la reazione redox:



Il materiale migliorato così prodotto, manifesta un considerevole incremento ed una completa degradazione del TCE. Atri sistemi bimetallici come Fe/Cu hanno mostrato di accelerare la velocità di degradazione rispetto al trattamento con un singolo metallo.

Ci possono essere alternative al ferro zero valente come:

	OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."	PROGETTISTI INCARICATI: Dott. Ing. Barbato Iannella Dott. Arch. Flavian Basile
	PROGETTO ESECUTIVO	GEOLOGO INCARICATO: Dott. Gerardo Cipriano
A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -		





## **PROGETTO ESECUTIVO**

- *schiuma di ferro*: la quale ha il vantaggio di avere una elevata superficie ed elevata porosità. Viene preparata per congelamento di silicati solubili con alluminio silicati a questa base viene aggiunto il materiale reattivo costituito da Fe metallico, ossidi di ferro, materiali ceramici, la miscela così ottenuta viene trasformata in schiuma iniettabile;
- *ferro colloidale*: più costoso del Fe° ma possiede il vantaggio della iniettabilità e può raggiungere elevate profondità.

Altri comuni materiali oltre al ferro zero valente sono:

### **Materiale organico**

Molti materiali a basso costo sono utilizzati come sorgente di carbonio organico, tra questi: torba, acqua di scolo, fanghiglia, concimi, legname e fogliame. Il materiale organico ed i batteri sono miscelati con calcare che mantiene il pH neutrale e con sabbia che controlla la permeabilità della barriera reattiva. Le reazioni di riduzione sono responsabili dell'immobilizzazione dei contaminanti, come le reazioni di riduzione di  $\text{NO}_3^-$  e la precipitazione riduttiva di metalli pesanti.

### **Zeoliti**

E' noto che allumino-silicati cristallini sono usati per la rimozione di cationi, anioni e composti organici non polari da soluzioni acquose. Le ammine si dispongono sulla superficie della zeolite naturale sostituendo irreversibilmente i cationi presenti ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). La zeolite risulta alterata chimicamente solo nella sua parte superficiale mentre i pori interni, le cui piccole dimensioni non consentono l'ingresso delle ammine, risultano disponibili per l'adsorbimento di cationi inorganici di dimensioni compatibili con quelle delle cavità interne. Inoltre essendo le molecole di ammina quaternaria costituite da una coda organica e da una testa carica positivamente, si ha l'assorbimento di contaminanti organici idrofobi sulla coda organica per partizionamento idrofobico mentre i contaminanti anionici sono attratti dalla parte positiva della molecola.

### **Costruzione della barriera**

Viene realizzato uno scavo mediante escavatore a braccio rovescio o benna mordente, utilizzando un fango a biopolimeri per assicurare la stabilità delle pareti fino al riempimento con ferro zero valente. I biopolimeri sono composti biodegradabili che, una volta a contatto con l'acqua, formano una soluzione viscosa in grado di sostenere lo scavo di una trincea.

Le fasi di lavorazione prevedono:

- Apertura di una porzione di scavo di lunghezza pari a quella di un pannello;
- Posizionamento di un tubo separatore provvisorio in acciaio, con funzione di "tappo", per evitare la fuoriuscita del ferro zero valente;
- Posizionamento di una tubazione in PVC microfessurato per il ricircolo degli enzimi;
- Piazzamento del fango per mezzo di ferro zero valente disposto all'interno dello scavo per mezzo di tramoggia;
- Riempimento del pannello (nel tratto non sturo) mediante sabbia.

Completata la realizzazione ed il riempimento di tutti i pannelli, si procede con la rottura del fango, biopolimeri mediante l'iniezione di enzimi. A tale proposito le tubazioni, posizionate all'interno di ogni pannello, verranno utilizzate per ricircolare l'acqua contenente gli enzimi di rottura. Il ricircolo dovrà essere effettuato almeno 2-3 volte, in modo tale da garantire la totale degradazione del fango.

Ultimata la costruzione della barriera, si realizza la chiusura della testa con tre strati di argilla compattata.

Durante le fasi di costruzione devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- il ferro zero valente non deve essere esposto agli agenti atmosferici (es. umidità) né messo a contatto con materiale estraneo;
- la preparazione della miscela ferro-sabbia sarà effettuata utilizzando una betoniera da cemento, evitando l'uso di acqua durante la miscelazione;
- se la miscela non viene subito utilizzata, deve essere stoccata con le stesse modalità del ferro zero valente;
- la distanza tra il fronte dello scavo e l'ultimo pannello non dovrà superare mai i 30 m, per prevenire il collasso dello scavo;
- il ferro dovrà essere immerso nello scavo con l'ausilio della tramoggia dotata di tubo-guida; la bocca del tubo-guida dovrà essere affondata nello scavo in modo da convogliare il ferro direttamente nella posizione prevista;
- durante tutte le lavorazioni e per tutta la durata della costruzione, deve essere impedito alle acque meteoriche di penetrare nello scavo.





Inoltre, devono essere verificate le caratteristiche del ferro, dei fanghi e dello scavo, per controllare le caratteristiche e l'assenza di contaminazione.

### **Monitoraggio**

E' previsto il monitoraggio allo scopo di analizzare l'evoluzione dei fenomeni di contaminazione in atto. I punti di monitoraggio consentono di valutare l'andamento spaziale e temporale delle concentrazioni, permettendo la verifica delle cinetiche di degradazione e il mantenimento delle condizioni di assenza di rischio. Vengono installati dei piezometri che avranno la funzione di:

- assicurare che la scia d'inquinante venga adeguatamente catturata e trattata;
- verificare che non si generino prodotti intermedi tossici;
- assicurare che non si verifichino problemi di under o di overflow e che la zona di cattura sia conforme a quella prevista;
- stimare la longevità della barriera mediante studi geochimica e piezometrici, che evidenzino la presenza di fenomeni di occlusione dei pori all'interno del materiale reattivo o con analisi su campioni prelevati nella zona permeabile di trattamento.

### **5.3.3 PUMP & TREAT**

Il Pump & Treat è uno dei sistemi di bonifica delle falde inquinate più applicabili e più applicati a livello nazionale ed internazionale. I sistemi Pump & Treat possono avere l'obiettivo di rimuovere i contaminanti discolti o anche di sbarrare idraulicamente il deflusso delle acque contaminate verso potenziali recettori all'esterno dell'area contaminata.

In presenza di prodotto di galleggiamento NAPLs (Non-Aqueous Phase Liquids), i sistemi di recupero delle fasi separate sono progettati per effettuare il pompaggio dei NAPLs e dell'acqua di falda da pozzi o trincee di recupero. Il pompaggio rimuove l'acqua e, abbassando il livello piezometrico in corrispondenza del pozzo, crea un cono di depressione che favorisce il richiamo della fase separata presente in galleggiamento, all'interno del pozzo.

33

### **Uso appropriato della tecnologia Pump & Treat**

I sistemi Pump & Treat vengono utilizzati primariamente per realizzare i seguenti obiettivi:

*Contenimento idraulico:* per controllare il movimento della falda contaminata, prevenendo la continua espansione della zona contaminata.

*Trattamento:* per ridurre le concentrazioni dei contaminanti discolti nelle acque sotterranee ad un livello tale che la falda soddisfi valori standard di igiene o che l'acqua prelevata dalla falda possa essere impiegata per uso benefico.

Sebbene il contenimento idraulico ed il trattamento possano rappresentare obiettivi separati, più frequentemente, i costi di bonifica sono assunti per raggiungere una combinazione di entrambi i metodi. Ad esempio, se il ripristino non è fattibile, il primo obiettivo può essere rappresentato dal contenimento. Al contrario, laddove un pozzo contaminato viene usato per acqua potabile ma la fonte contaminante non è stata identificata, il trattamento alla sommità del pozzo può permettere un uso continuato dell'acqua nonostante la falda rimanga contaminata.

### **Tecniche intelligenti del sistema Pump & Treat**

Un componente fondamentale dei costi di bonifica di acque sotterranee usando il sistema Pump & Treat è la rimozione o il controllo del contaminante. Quindi, l'effettiva bonifica di acque sotterranee utilizzando la tecnologia Pump & Treat, richiede una conoscenza approfondita dei contaminanti e delle caratteristiche del sito. In aggiunta, il progetto di bonifica dovrebbe imporre l'implementazione di un sistema dinamico di gestione basato su un rapporto realistico di obiettivi.

### **Rimozione/Controllo del contaminante**

Qualunque sforzo di pulizia di acque sotterranee sarà minato a meno che le fonti contaminanti organiche e inorganiche siano identificate, localizzate ed eliminate, o almeno controllate, per prevenire ulteriori contaminazioni della falda. Sostanze tossiche inorganiche possono fungere da sorgente continua di contaminazione attraverso meccanismi come la dissoluzione e il desorbimento. In molti siti contaminati, i liquidi organici sono i maggiori apportatori di contaminazione delle acque sotterranee. Persino quando i liquidi organici risiedono esclusivamente nella zona



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



insatura (l'area compresa tra il piano campagna e l'acquifero), questi possono fungere da sorgente di contaminazione delle acque sotterranee. In questo caso, la contaminazione avviene quando l'acqua percolante entra in contatto con il liquido (a volte chiamato *prodotto*) o i suoi vapori e trasporta i materiali dissolti nell'acqua sotterranea. I vapori possono anche migrare nell'acquifero e contaminare l'acqua sotterranea senza infiltrazione.

La rimozione della sorgente è il modo più efficace per prevenire ulteriore contaminazione. Laddove i contaminanti organici e inorganici sono confinati nella zona insatura del terreno, la rimozione è usualmente l'opzione preferita. Quando la rimozione non è fattibile, e tipicamente è il caso di DNAPLs (dense non-aqueous phase liquids) che risiedono sotto l'acquifero, il contenimento è una fase iniziale essenziale nella bonifica. In alcune situazioni, il contenimento può essere ottenuto mediante capping, che previene o riduce infiltrazione di acque meteoriche attraverso il suolo contaminato. Il capping può risultare inefficace se il flusso dell'acquifero avviene all'interno della zona di contaminazione o quando sono presenti vapori NAPL.

### Caratterizzazione approfondita del sito

Innanzitutto bisogna ricordare che i sistemi di bonifica applicabili ad un sito, ragionevolmente non possono essere applicati altrove. Occorre quindi caratterizzare globalmente il sito contaminato, per assolvere a due importanti funzioni:

- Una valutazione globale dei tipi, dell'estensione e delle forme di contaminazione del sottosuolo, aumenta la probabilità di raggiungimento degli obiettivi di trattamento. Questo richiede una comprensione delle fasi fisiche in cui esistono i contaminanti (principalmente fasi assorbite e acquose per contaminanti inorganici, e fasi assorbite, NAPL, fasi acquose e di gas per liquidi organici) e una quantificazione della distribuzione tra le fasi.
- Una caratterizzazione approfondita tridimensionale e idrogeologica del terreno di sottosuolo, inclusa la distribuzione granulometrica, caratteristiche di assorbimento e conduttività idraulica, fornisce una solida base per la collocazione di pozzi per Pump & Treat.

### Gestione Dinamica dei Pozzi di Estrazione

Per essere efficaci, gli sforzi di bonifica mediante Pump & Treat devono andare al di là di una iniziale caratterizzazione del sito, usando informazioni ottenute nel corso delle operazioni di bonifica per una buona gestione dei pozzi di estrazione anche in fase dinamica. Ad esempio, raccogliere informazioni durante le perforazioni e durante l'installazione dei pozzi di estrazione, monitorare i cambiamenti dei livelli nell'acqua attraverso i pozzi di monitoraggio e notare la concentrazione di contaminanti tenendo i pozzi sotto osservazione, permette di ottenere un ritratto molto attendibile del sito.

La gestione dinamica del pozzo di estrazione, basata su informazioni multi-comprehensive, può avere ottimi risvolti e benefici sia in campo economico che sull'ambiente. In generale, informazioni addizionali sul sito e sul lavoro di Pump and Treat permettono agli operatori di prendere decisioni informate sull'uso efficiente delle risorse di bonifica. Più nello specifico, questo approccio di gestione flessibile può facilitare il contenimento efficace della risorsa idraulica.

### Progetto ed operazioni per il sistema Pump & Treat

Il principio fondamentale per il funzionamento di un sistema Pump & Treat è il posizionamento di un pozzo (o di più pozzi) all'interno del quale l'acqua viene pompata ad una velocità tale da impedire al plume contaminante di continuare ad ingrandirsi viaggiando attraverso il liquido freatico nel sottosuolo.

Ultimamente sono stati concepiti e sviluppati diversi modelli matematici per calcolare la migliore zona di cattura dell'acqua di falda, associando la linea di percorso sotterranea di quest'ultima ai tempi di percorrenza verso i pozzi di estrazione o verso le fognature. Questi modelli forniscono informazioni sul deflusso delle acque generato dall'applicazione di soluzioni Pump & Treat oltre che sulla scelta della frequenza e dei punti di monitoraggio.

La rimozione dei contaminanti dall'acqua di falda dovrebbe essere un processo dinamico che usa le informazioni sulla risposta del sistema per migliorare l'efficienza delle operazioni di pompaggio. Gli elementi fondamentali per un efficiente sistema di pompaggio sono:

- *Bonifica della sorgente inquinante combinata al contenimento del plume*, Questo processo può essere attivato attraverso un adeguato progetto del campo di flusso pompaggio iniziale.





## **PROGETTO ESECUTIVO**

- *Pompaggio adattabile*, che prevede la progettazione del campo pozzi tale che l'estrazione e l'iniezione possano essere variate in modo da ridurre le zone di stagnazione. I pozzi di estrazione possono essere periodicamente spenti (ed altri accesi) e l'intensità del pompaggio variata per assicurare che il plume contaminante sia captato alla maggiore velocità possibile.
- *Pompaggio pulsato*, che ha il potere di incrementare il rapporto della massa inquinante rimossa per volume di acqua di falda in cui le limitazioni di trasferimento di massa restringono le concentrazioni di agenti contaminanti disciolti. Durante la pausa del sistema di pompaggio, la concentrazione di agenti contaminanti aumenta a causa della diffusione (desorbimento) e della dissoluzione nell'acqua di falda che in questa fase si muove più lentamente. Quando il pompaggio riprende, l'acqua di falda con una maggiore concentrazione di contaminanti viene rimossa aumentando così il rapporto di rimozione di massa.

### **Trattamento dell'acqua di falda contaminata**

Al momento che pozzi di estrazione portano i contaminanti presenti nell'acqua in superficie, il trattamento risulta relativamente semplice, posto che i metodi di estrazione siano stati appropriatamente selezionati e che la capacità dell'impianto di trattamento sia adeguata.

I metodi di trattamento sono distinguibili in due categorie:

**MOTODO BIOLOGICO:** i metodi di trattamento biologico usano microrganismi per degradare composti e materiali organici in prodotti inorganici. I metodi possono essere applicati per il trattamento delle acque sotterranee contaminate da composti organici, quando le concentrazioni sono basse abbastanza da non inibire i processi biologici.

I migliori trattamenti biologici sono:

- Sistemi di fango attivo;
- Reattore a sequenza discontinua;
- Carboni attivi potenziati in fango attivo (sistema biofisico);
- Contattori biologici rotanti;
- Reattore aerobico biologico a letto fluido.

**METODO FISICO/CHIMICO:** si tratta di metodi fisici, chimici o di una combinazione dei due, che possono essere usati per rimuovere agenti contaminanti dalle acque sotterranee.

I metodi più comunemente usati sono:

- Air Stripping
- Carboni attivi;
- Scambio ionico;
- Osmosi inversa;
- Pioggia chimica di metalli;
- Ossidazione chimica;
- Filtraggio;
- Ossidazione a raggi ultravioletti (UV).

### **Monitoraggio**

Un appropriato progetto del Piano di Monitoraggio è essenziale per misurare il funzionamento del sistema di Pump & Treat, per riscontrare il contenimento idraulico e l'effettivo raggiungimento degli obiettivi di recupero della falda.

In genere il **monitoraggio del contenimento idraulico** consiste:

- nella misurazione delle testine idrauliche per determinare se il sistema Pump & Treat genera involuzioni interne che impediscono il flusso delle acque sotterranee e generano la migrazione dei contaminanti disciolti attraverso il confine della zona di contenimento;
- nel monitoraggio della qualità delle acque di falda per intercettare qualunque movimento di contaminanti o l'eventuale incremento della massa inquinante oltre la zona di contenimento di confine.

Invece il monitoraggio del recupero della falda principalmente implica la misurazione della concentrazione di contaminante nei pozzi di pompaggio e di osservazione per determinarne la velocità e l'efficacia nella rimozione della massa.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



**5.4 SELEZIONE E ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE, DI MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA O PERMANENTE, NONCHÉ INDIVIDUAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DI INTERVENTO A COSTI SOSTENIBILI (B.A.T.N.E.E.C. - BEST AVAILABLE TECHNOLOGY NOT ENTAILING EXCESSIVE COSTS) AI SENSI ART. 242 DEL DLGS 152/06**

Stando al Piano della Caratterizzazione le matrici ACQUA E SUOLO dell'area oggetto di intervento risultano contaminate dai seguenti agenti inquinanti:

- Cromo esavalenti
- Piombo
- Altri metalli e materiali inorganici (quali Ferro e Manganese)
- Sostanze appartenenti alla famiglia degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (come Pirene e Benzopirene).

SOLUZIONE	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	TECNICA	MATRICE TRATTATA	TIPOLOGIA DI INQUINANTE TRATTATO*	COSTI UNITARI	
					LAVORI	GESTIONE
1	Trattamenti fisico/chimici in situ – on site	BARRIERE PERMEABILI REATTIVE AI CARBONI ATTIVI	ACQUA	Cromo VI, Piombo, IPA	Per costruzione 50-100 €/m <sup>3</sup> Per materiale adsorbente 100-500 €/m <sup>3</sup>	Monitoraggio 100.000-250.000€
2	Trattamenti fisico/chimici in situ – on site	SISTEMA PUMP & TRAT AI CARBONI ATTIVI con reimmissione in falda delle acque trattate	ACQUA	Cromo VI, Piombo	0,2-0,4 €/m <sup>3</sup>	Energia 0,1-0,2 €/kWh Operai 20.000-30.000 €/anno Trattamento 1-5€/m <sup>3</sup> Monitoraggio 100.000-250.000€
3	Trattamenti fisico/chimici in situ – off site	SISTEMA PUMP & TRAT AI CARBONI ATTIVI con conferimento a discarica del percolato e delle acque di falda inquinate	ACQUA	Cromo VI, Piombo, inorganici, IPA	210 €/m <sup>3</sup>	Monitoraggio 100.000-250.000€

36

\* cfr. tabelle "MATRICE SCREENING DEI TRATTAMENTI" elaborate dal Settore Siti Contaminati – Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale riportate nei capitoli precedenti.

Tenendo in considerazione l'efficacia del trattamento della matrice falda rispetto agli inquinanti presenti nel sito in esame ed i costi unitari dei possibili trattamenti (vedasi tabelle "MATRICE SCREENING DEI TRATTAMENTI" elaborate dal Settore Siti Contaminati – Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, di messa in sicurezza operativa o permanente, nonché per l'individuazione delle migliori

	OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."	PROGETTISTI INCARICATI: Dott. Ing. Barbato Iannella Dott. Arch. Flaviano Basile
	PROGETTO ESECUTIVO	GEOLOGO INCARICATO: Dott. Gerardo Cipriano
A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -		



tecniche di intervento a costi sostenibili (B.A.T.N.E.E.C. - Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs) ai sensi Art. 242 del DLgs 152/06, **la soluzione più conveniente è la numero 3.**

La soluzione è dettagliatamente descritta negli elaborati di progetto.

## 5.5 PROPOSTA PROGETTUALE

### 5.5.1 INTERVENTI DI BONIFICA MATRICE FALDA

Di seguito si riassumono i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo e di acqua di falda prelevati nell'ambito delle attività di caratterizzazione e successive integrazioni. Siccome il certificato urbanistico assegna una destinazione d'uso verde pubblico privato e residenziale, i limiti che vengono considerati per i campioni di suolo sono quelli relativi ai siti a verde pubblico, privato e residenziale.

#### 5.5.1.1 Suolo e sottosuolo


Denominazione Limite D.Lgs. 152/06 (A) <sup>1</sup>	Profondità dal P.C. (m)	Cobalto mg/kg	Stagno mg/kg
<b>P1Pc</b>	2,5-4	26	2,3
<b>P1Pc</b>	6-7		1,8
<b>P2Pc</b>	1-2		1,5
<b>P2Pc</b>	2,5-3,5		1,5
<b>P3Pc</b>	3-4		1,2
<b>P3Pc</b>	5-6	28	1,8
<b>P3Pc</b>	9-10	31	2,1
<b>P4Pc</b>	3-4		2,0
<b>P4Pc</b>	5,5-7	31	2,5
<b>P4Pc</b>	24-25		1,3

37

<sup>1</sup> A= siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (mg/kg espressi come sostanza secca)

Tab. 1: Eccedenze rilevate per la matrice suoli.

Tabella 1 – Eccedenze rilevate per la matrice suolo dalle CSC definite dal Dlgs 152/2006

	OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."	PROGETTISTI INCARICATI: Dott. Ing. Barbato Iannella Dott. Arch. Flaviano Basile
	PROGETTO ESECUTIVO A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -	GEOLOGO INCARICATO: Dott. Gerardo Cipriano



## 5.5.1.2 Acque sotterranee - Piano di Caratterizzazione

Per le acque sotterranee nella tabella sono riportati i superamenti riscontrati delle CSC definite dal D.Lgs. 152/06 per le analisi per il Piano della Caratterizzazione.

Nel complesso, la contaminazione rilevata è riconducibile ai seguenti gruppi di contaminanti:

- Metalli (Ferro, Manganese, Nichel e Piombo);

Di seguito si riporta una descrizione dettagliata dei superamenti rilevati.

Denominazione	Ferro (µg/l)	Manganese (µg/l)	Piombo (µg/l)
Limite D.Lgs. 152/06	200	50	10
P1Pc	1400	630	83
P2Pc			58
P3Pc	290		
P4Pc	400	220	82

Tabella 3: Superamenti nelle acque sotterranee per il Piano della caratterizzazione

### Risultati relativi alle controanalisi condotte dal Laboratorio Arpac del Dipartimento di Benevento per la redazione del Piano della Caratterizzazione.

Le analisi condotte dall'ARPAC Dipartimento Provinciale di Benevento hanno mostrato un superamento delle CSC come riportato in Tabella 4 nel punto P3Pc da parte del Manganese (1583 µg/l), Nichel (71,1 µg/l) e Piombo (16,9 µg/l).

38

Denominazione	Nichel (µg/l)	Manganese (µg/l)	Piombo (µg/l)
Limite D.Lgs. 152/06	20	50	10
P3Pc	71,1	1583	16,9

Tabella 4: Superamenti nelle acque sotterranee controanalisi Arpac per il Piano della caratterizzazione





### 5.5.1.3 Metalli

Solo il punto denominato "Pozzo Monte" non presenta eccedenze mentre sono state rilevate eccedenze in tutti i piezometri indagati, relative ai seguenti analiti:

Ferro: n. 7 eccedenze con valore massimo, pari a 2300 mg/l, rilevato nel piezometro P5Ip. Manganese: n. 8 eccedenze con valore massimo, pari a 6700 mg/l, rilevato nel piezometro P3Pc. Mercurio: n. 1 eccedenza con valore, pari a 1,8 mg/l, rilevato nel piezometro P2Pc.

Nichel: n. 2 eccedenze con valore, pari a 51 mg/l, rilevato nei piezometri P3Pc e P4Ip.

Piombo: n. 8 eccedenze con valore massimo, pari a 200 mg/l, rilevato nel piezometro P3Ip

Dal punto di vista idrologico la formazione affiorante rappresentata da detriti sciolti è da considerarsi mediamente permeabile nella coltre superficiale con il valore di K compreso tra 2,0-4,0 E-4; viceversa il substrato assume valori compresi tra 10<sup>-6</sup> e 10<sup>-8</sup>.

Procedendo con la profondità la frazione detritica sciolta tende ad esaurirsi per poi passare ancora a letto alla formazione argillosa e argillo-marnosa con una velocità di flusso < 0,035 cm/h, con un coefficiente di permeabilità K che può assumere valori compresi tra 10E-6 e 10E-8 con un grado di porosità < del 20% quindi quasi impermeabili.

Tali peculiarità idrolitologiche conferiscono ai materiali affioranti una generale sterilità con l'aumentare della profondità per quanto attiene al reperimento di falde acquifere o di accumuli idrici di un certo rilievo negli spessori più esterni: a riprova di quanto ora esposto ed asserito si afferma che nelle microaree di recapito delle operazioni di spandimento sono state cartografate o censite rare manifestazioni sorgentizie e poche falde episupeficiali attraverso il censimento di pozzi di un certo interesse.

Il flusso freatico assume una direzione direzione NW-SE rispetto alla discarica con una soggiacenza della falda di 12,00 m a monte e 3,00 m a valle.

Le argille marnose azzurre pressoché impermeabili (1x10<sup>-6</sup><K<1x10<sup>-8</sup> cm/sec) attestati tra -3,00 m (a valle) e -13,00 metri dal p.c. rappresentano l'impermeabile relativo garantendo l'assenza di contaminazione di eventuali falde più profonde.

In relazione alla falda campionata e contaminata in fase di caratterizzazione da metalli **Fe, Mn e Pb** (dato parte) e da **Ni, Mn e Pb** (dato ARPAC) l'estensione indicativa della falda contaminata è pari a 6.464 m<sup>2</sup> pari ad un volume presunto di 12.928 m<sup>3</sup> = 12.928.000l (Vedasi Elaborato B.7 – Planimetria con individuazione del sito CSPI 2015C005).

**Per quanto riguarda** la bonifica della falda campionata e contaminata è applicabile la metodologia ex site del **PUMP & TREAT**.

Il prelievo ed il trattamento di acque sotterranee può essere inteso come misura di sicurezza (se si ha inquinamento delle fasi solide del sottosuolo il P&T svolge unicamente la funzione di barriera idraulica, controllando il flusso delle acque sotterranee) o come tecnologia di bonifica delle acque sotterranee (se accoppiata all'aggiunta di reagenti per favorire le reazioni di degradazione chimica o biologica dei contaminanti presenti nell'acquifero). La tecnologia di P&T non agisce sulla sorgente di contaminazione ma, attraverso il controllo idraulico dell'acquifero, consente di contenere il pennacchio inquinato.

L'acqua di falda contaminata è estratta dal sottosuolo attraverso un diaframma drenante a portata di estrazione tale da intercettare l'intero pennacchio di contaminazione o, comunque, il volume di acquifero che si intende idraulicamente controllare. Le acque emunte sono poi inviate ad una vasca di stoccaggio per poi essere avviate al più vicino impianto di trattamento SANAV srl di Benevento.

L'estrazione dell'acqua non garantisce che il contaminante sia stato rimosso dal suolo o dal sottosuolo; infatti la sorgente di contaminazione può essere presente nella zona insatura o in una porzione di acquifero diversa da quella da cui l'acqua è estratta.

Inoltre, se la sostanza inquinante è assorbita alle fasi solide del sottosuolo anche nella zona di saturazione, l'estrazione di acqua può non portare alla sua rimozione. Infatti la rimozione del contaminante dalla sorgente è dipendente dalle caratteristiche superficiali dei solidi, dalle condizioni geologiche e idrogeologiche del sito e dalla tipologia del sistema di estrazione.

Per questi motivi i fenomeni di desorbimento dalla fase solide possono essere molto lenti e, per le sostanze a bassa solubilità, l'estrazione di acqua sotterranea può non influire significativamente sugli equilibri di ripartizione tra solido e liquido.

Le numerose applicazioni di questa tecnica hanno permesso di verificare che, in molti casi, anche dopo molti anni di estrazione delle acque inquinate, non si osserva una significativa diminuzione della concentrazione delle sostanze inquinanti disciolte. La continua presenza delle sostanze contaminanti sulla fase solida o di fasi organiche separate dalla fase acquosa si manifesta con i fenomeni noti come:

o **Tailing**: al procedere dell'estrazione di acqua sotterranea la velocità di diminuzione della concentrazione delle sostanze inquinanti si riduce progressivamente; tale effetto ha come conseguenza il fatto che i tempi per raggiungere gli obiettivi di qualità fissati come obiettivi della







bonifica siano molto superiori a quelli previsti sulla base delle equazioni di diffusione, basate sul fatto che le reazioni chimiche di desorbimento siano all'equilibrio;

o **Rebound**: a seguito di una interruzione delle operazioni di estrazione si osserva, alla ripresa dell'estrazione, un aumento della concentrazione delle sostanze in soluzione. Al procedere dell'estrazione la concentrazione può di nuovo diminuire.

Tali fenomeni (Figura 1) sono dovuti al fatto che il passaggio in soluzione delle sostanze inquinanti è dipendente dalle cinetiche di desorbimento e diffusione, alla eterogeneità del mezzo poroso.

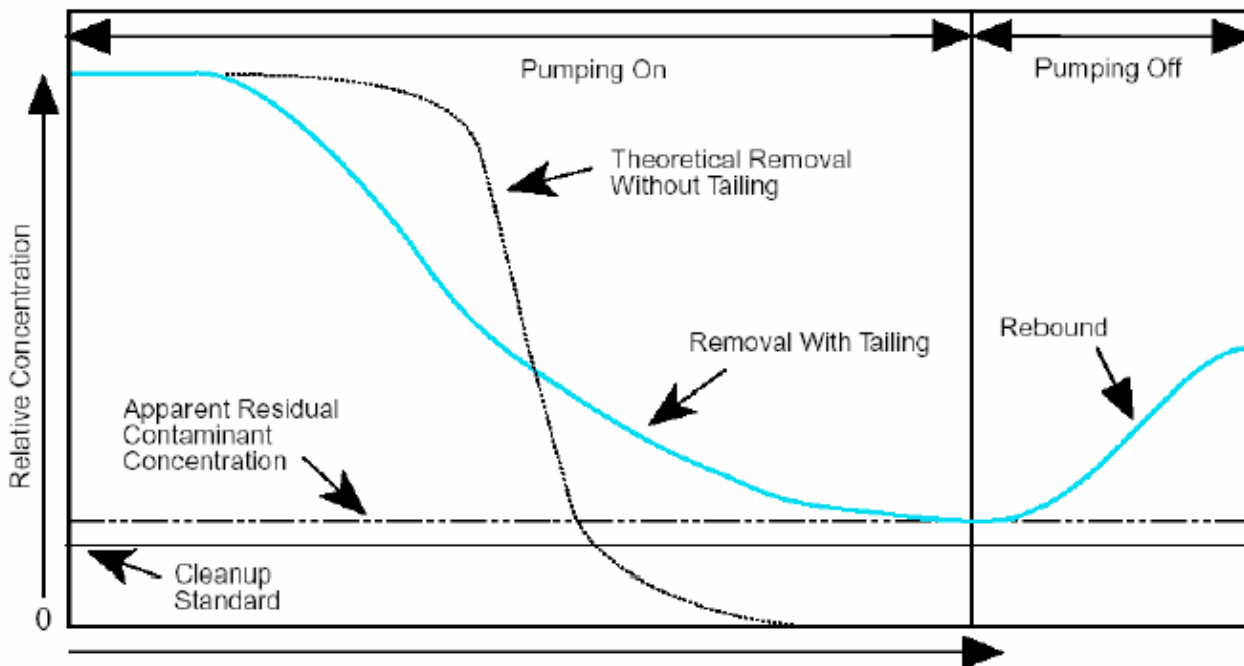


Figura 1 – fenomeni di tailing e rebound in un intervento di P&T

La tecnica di P&T presenta i vantaggi e svantaggi mostrati in Tabella 4.

Vantaggi	Svantaggi
<p>La relativa semplicità di esecuzione e la facilità di progettazione di un sistema di diaframmi drenanti possono garantire la realizzazione di un intervento di messa in sicurezza a medio/lungo termine</p> <p>Durante le attività di bonifica condotte con altre tecniche si possono realizzare barriere di pozzi per controllare le attività svolte sul sito di intervento</p>	<p>Questa tecnica non riduce la concentrazione della sorgente quando questa è costituita da sottosuolo inquinato</p> <p>Gli svantaggi principali riscontrabili sono relativi agli effetti di tailing (con aumento dei tempi di funzionamento richiesti) e rebound (con un aumento della concentrazione all'interruzione della fase di pompaggio)</p> <p>Il raggiungimento degli obiettivi di bonifica può richiedere anni</p>

Per i relativi costi e per quanto non specificamente indicato nella presente relazione si veda la TAV. A.19 – Relazione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale (B.A.T.N.E.E.C.), di messa in sicurezza operativa o permanente, nonché per l'individuazione delle migliori tecniche di intervento a costi sostenibili (B.A.T.N.E.E.C. - Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs) ai sensi Art. 242 del DLgs 152/06.





La proposta progettuale di bonifica dell'area inquinata dal cloruro di vinile e dal cadmio, tenendo conto delle considerazioni suindicate prevede pertanto i seguenti interventi:

- Movimentazioni e trasporti di modeste quantità di terreni di risulta
- Cinturazione parziale lato valle: diaframma drenante (hmax: 11,00 m dal p.c.); pozzo di raccolta (hmax: 16,00 m dal p.c.)
- Diaframma drenante lato monte (hmax: 14,00 m dal p.c.); pozzo di raccolta (hmax: 19,00 m dal p.c.):
- Capping aiuole discarica
- Opere regimazione e raccolta acque
- Progetto paesaggistico

## 5.5.2 DETERMINAZIONI ANALITICHE SULLA QUALITÀ DEI RIFIUTI

In merito a tale punto, visto il contesto urbanistico in cui è inserita la ex discarica RSU di Largo Croce, si è ritenuto fare riferimento ai dati relativi allo smaltimento degli RSU in Campania.

Si rammenta a tale scopo che gli indirizzi strategici e normativi per la gestione dei rifiuti definiti dall'Unione Europea e ripresi nella normativa nazionale (D.Lgs. 152/06) individuano lo smaltimento in discarica come il terminale residuale di un sistema impiantistico costituito dall'integrazione delle diverse tipologie di trattamento. L'attuale quadro della gestione dei rifiuti in provincia di Benevento vede nel conferimento in discarica il quasi esclusivo destino di quanto non raccolto in forma differenziata. La discarica è un luogo in cui vengono depositati in modo non selezionato i rifiuti solidi urbani e tutti i rifiuti provenienti dalle attività umane (detriti di costruzioni, scarti industriali, ecc. . .). La direttiva europea 99/31/CE, recepita in Italia dal D.Lgs. 36/2003, prevede tre diverse categorie di discarica: discarica per rifiuti inerti; discarica per rifiuti non pericolosi (tra i quali gli RSU - Rifiuti Solidi Urbani); discarica per rifiuti pericolosi. Prima di essere smaltiti in discarica, tutti i rifiuti devono essere soggetti a trattamento e ne deve essere abbattuto il contenuto organico in modo da ridurre la pericolosità per l'ambiente e la salute pubblica.

A sua volta, la discarica deve essere progettata e costruita in modo tale che i rifiuti siano confinati, evitando l'inquinamento del terreno, delle acque freatiche e delle acque superficiali. In particolare, devono essere approntati sistemi e/o misure volti a ridurre al minimo i disturbi e i rischi provenienti dalla discarica e causati da: emissione di odori e polvere; materiali trasportati dal vento; uccelli, parassiti ed insetti; rumore e traffico; incendi. In più, ogni discarica è progettata per accogliere un determinato volume di rifiuti e, quindi, ha una vita limitata. Dopo la sua chiusura, deve essere sorvegliata per almeno 30 anni e l'ultima fase di sistemazione dell'area di discarica consiste nella piantumazione del sito.

Il D.Lgs. 36/2003 prevede che i rifiuti prima di poter essere smaltiti in discarica soddisfino i criteri di ammissibilità definiti nel D.M. del 27 settembre 2010. Un produttore che intende smaltire un proprio rifiuto in discarica deve effettuare una "caratterizzazione di base", ovvero fornire informazioni relative a tutte le caratteristiche del rifiuto in modo tale che lo smaltimento avvenga in condizioni di sicurezza. Se la "caratterizzazione di base" di una tipologia di rifiuti soddisfa i criteri di ammissibilità per una determinata categoria di discarica, tali rifiuti sono considerati ammissibili e vengono sottoposti ad una verifica di conformità effettuata dal gestore della discarica sulla base dei dati forniti dal produttore. La verifica di conformità consiste in una o più analisi effettuate sul rifiuto, la principale delle quali è rappresentata dal test di cessione, mirato a verificare la potenziale capacità del rifiuto di liberare sostanze pericolose per l'ambiente.

Le discariche, così come gli impianti produttivi a più elevato impatto ambientale, sono sottoposte ad una Autorizzazione Integrata Ambientale prevista dal D.Lgs 59/2005 e s.m.i, nella quale è previsto che il Gestore esegua una serie di autocontrolli sulle matrici ambientali per verificare l'adeguata gestione dell'impianto. Anche Arpa, con minor frequenza, esegue controlli e verifiche su tali impianti.

Le linee guida per effettuare un corretto monitoraggio di un impianto oggetto di un'Autorizzazione Integrata Ambientale sono indicate dal documento norme linee guida sul monitoraggio.

Il campionamento, le determinazioni analitiche per la caratterizzazione di base e la verifica di conformità sono effettuati con oneri a carico del detentore dei rifiuti o del gestore della discarica, da persone ed istituzioni indipendenti e qualificate. I laboratori devono possedere una comprovata esperienza nel campionamento ed analisi dei rifiuti e un efficace sistema di controllo della qualità.

Il campionamento e le determinazioni analitiche possono essere effettuate dai produttori di rifiuti o dai gestori qualora essi abbiano costituito un appropriato sistema di garanzia della qualità, compreso un controllo periodico indipendente.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



## 1. Metodo di campionamento ed analisi del rifiuto urbano biodegradabile.

Il campionamento della massa di rifiuti da sottoporre alla successiva analisi deve essere effettuato tenendo conto della composizione merceologica, secondo il metodo di campionamento ed analisi IRSA, CNR, NORMA CII-UNI 9246.

Secondo quanto previsto dalla direttiva 1999/31/CE, art. 2, lettera m), devono essere considerati fra i rifiuti urbani biodegradabili gli alimenti, i rifiuti dei giardini, la carta ed il cartone, i pannolini e gli assorbenti.

## 2. Analisi degli eluati e dei rifiuti.

Il campionamento dei rifiuti ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica deve essere effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati" e alle norme UNI EN 14899 e UNI EN 15002. Le prove di eluizione per la verifica dei parametri previsti dalle tabelle 2, 5, 5a e 6 del presente decreto sono effettuate secondo le metodiche per i rifiuti monolitici e granulari di cui alla Norma UNI 10802.

La determinazione degli analiti negli eluati e' effettuata secondo quanto previsto della norma UNI 10802. Per la determinazione del DOC si applica la norma UNI EN 1484. I risultati delle analisi degli eluati sono espressi in mg/l; per i rifiuti granulari, per i quali si applica un rapporto liquido/solido di 10 l/kg di sostanza secca, tale valore di concentrazione, effettuando i test di cessione secondo le metodiche di cui alla Norma UNI 10802, equivale al risultato espresso in mg/kg di sostanza secca diviso per un fattore 10.

La determinazione del contenuto di oli minerali nella gamma C10-C40 e' effettuata secondo la norma UNI EN 14039.

Per la digestione dei rifiuti tal quali, sono utilizzati i metodi indicati dalle norme UNI EN 13656 e UNI EN 13657.

La determinazione del TOC nel rifiuto tal quale e' effettuata secondo la norma UNI EN 13137.

Il calcolo della sostanza secca e' effettuato secondo la norma UNI EN 14346.

Per determinare se un rifiuto si trova nello stato solido o liquido si applica il procedimento riportato nella norma UNI 10802.

La determinazione dei PCB deve essere effettuata sui seguenti congeneri: congeneri significativi da un punto di vista igienico-sanitario: 28, 52, 95, 99, 101, 110, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 170, 177, 180, 183, 187 congeneri individuati dall'OMS come "dioxin like": 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189.

Le determinazioni analitiche di ulteriori parametri non specificatamente indicati dalle norme sopra riportate devono essere effettuate secondo metodi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale."

In merito alla qualità dei rifiuti solidi urbani occorre ricordare che essi costituiscono delle matrici molto differenziate ed eterogenee, come:

- Composizioni;
- Granulometria;
- Dimensioni;
- Caratteristiche.

La loro classificazione avviene secondo quanto stabilito dalla norma (D.L. 5 febbraio 1997, n.22 decreto Ronchi.) che non si rifà, sé non in parte a parametri analitici o chimico-fisici, ma bensì all'origine o alla pericolosità.

Tuttavia, la conoscenza della composizione e della caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti è necessaria per la scelta e la progettazione dei sistemi di gestione e trattamento.

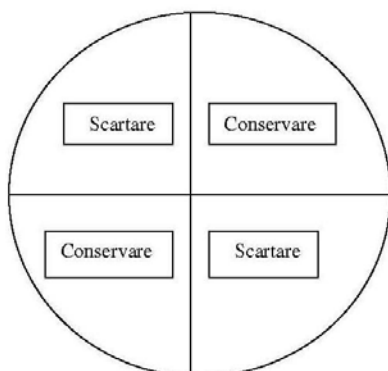
L'Analisi merceologica dei rifiuti avviene attraverso

1. individuazione del campione di rifiuti rappresentativo della composizione merceologica dei rifiuti raccolti in un certo bacino di utenza.
2. metodica di analisi del CNR → 3-4 tonnellate pesatura ed inquartamento del campione, previa separazione degli oggetti ingombranti.

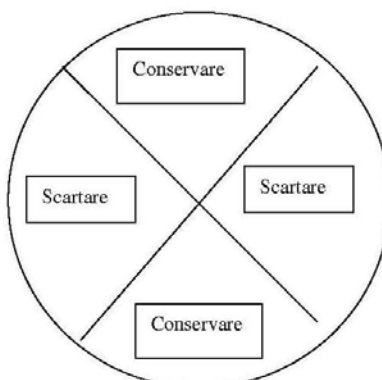




## Primo inquartamento

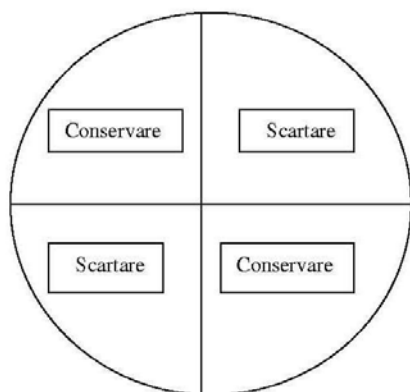


**Altezza 60 cm**  
**Peso 3000-4000 Kg**

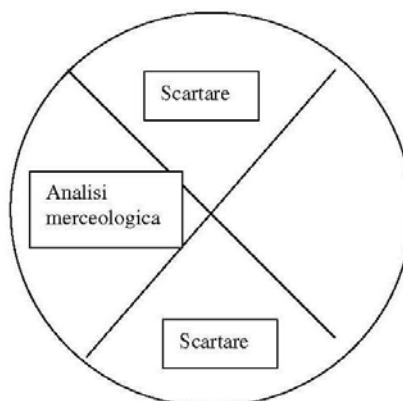


**Altezza 30 cm**  
**Peso 1500-2000 Kg**

## Secondo inquartamento



**Altezza 25 cm**  
**Peso 750-800 Kg**



**Altezza 25cm**  
**Peso 350-400 Kg**

Le classi merceologiche conferite nella discarica in località Defensola sono:

- vetro;
- altri inerti: porcellana, ceramica, pietre, gessi, mattoni, materiali di risulta provenienti da scavi, ecc..;
- metalli: ferro, alluminio e altri metalli;
- alluminio: include lattine di alluminio ma anche fogli di alluminio in film come buste per le patatine, per il caffè, vaschette per alimenti, ecc..;
- pile e batterie: incluse le pile a bottone;
- farmaci: confezioni con medicinali interi o parti di essi;
- contenitori T e/o F: contenitori anche vuoti, di sostanze tossiche ed infiammabili;



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



- altri pericolosi: termometri, lampade a fluorescenza e a vapori metallici, siringhe, ecc.;
- tessili: abiti, giacche, stoffe, ecc.;
- pelli e cuoio: scarpe, cinture, ecc.;
- plastica in film: buste e sacchetti di plastica, polietilene da imballo sottile ecc.;
- contenitori in plastica: solo contenitori per liquidi (latte, acqua, bibite, detersivi, ecc.);
- altra plastica: contenitori vari non per liquidi, plastica rigida per imballi, polistirene ed altri poliespansi, oggetti in plastica dura in genere;
- organico putrescibile: alimenti, materiale organico di origine vegetale o animale;
- carta: carta e materiali cellulorici che possono essere assimilati quali ad esempio cotone idrofilo, assorbenti igienici, pannolini per infanti;
- cartone: cartone da imballo;
- legno.

#### 5.5.2.1.1 Analisi chimico – fisica dei rifiuti

Oltre alle caratteristiche merceologiche, si effettuano anche le seguenti analisi, per caratterizzare l' idoneità rispetto ai trattamenti e per poter quantificare i bilanci di materia delle trasformazioni che avvengono nei trattamenti dei rifiuti ( incenerimento, trattamenti biologici ecc.):

- umidità;
- sostanze volatili;
- ceneri;
- analisi elementare;
- potere calorifico;
- densità.
- Umidità

L'umidità percentuale si definisce come:

$$U \% = (G - E) / G * 100$$

dove G è il peso in grammi del campione tal quale ed E è il peso del campione essiccato (a 105° C per un certo tempo, come per la determinazione dei solidi totali nelle acque).

Il tenore percentuale secco , complemento a 100% dell'umidità, è quindi definibile come:

$$SS \% = E / G * 100$$

L'umidità dipende molto dalla quantità di sostanza organica presente: 40-45 % per gli RSU tal quali.

Valori medi di umidità per alcune frazioni merceologiche (%)

- Carta – cartone 6
- Materie plastiche 2
- Metalli 2
- Frazioni organiche 70
- Sottovaglio 30

Sostanze volatili – ceneri

La sostanza secca prima definita può essere classificata in componente volatile (sost. organica) e ceneri (sost. inorganica).

Le ceneri si ottengono per calcinazione in forno a muffola a 650°C per 4 – 6 ore.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



Sia le sostanze volatili SV che le ceneri C vengono espresse in percentuale sul peso della sostanza secca:

$$SV = (PS - PC) / PS * 100$$

e inversamente:

$$C = (PS - PSV) / PS * 100$$

dove:

PC = peso delle ceneri in grammi

PS = peso del secco in grammi

PSV = peso del secco volatile in grammi

Analisi elementare

Serve per:

- individuare la presenza e la concentrazione di elementi inquinanti;
- valutare la presenza di elementi nutrienti, necessari nei processi di trattamento biologico;
- calcolo teorico del potere calorifico.

### **ESEMPIO: RIFIUTI BENEVENTO 1993**

#### **Analisi elementare**

<b>Carbonio</b>	% s.s	<b>40,85</b>
<b>Azoto</b>	% s.s	<b>1,28</b>
<b>Idrogeno</b>	% s.s	<b>6,26</b>
<b>Ossigeno</b>	% s.s	<b>32,05</b>
<b>Zolfo</b>	% s.s	<b>0,08</b>
<b>Cadmio</b>	mg/Kg s.s	<b>1,82</b>
<b>Cromo totale</b>	mg/Kg s.s	<b>44,78</b>
<b>Piombo</b>	mg/Kg s.s	<b>185,68</b>
<b>Rame</b>	mg/Kg s.s	<b>112,24</b>
<b>Zinco</b>	mg/Kg s.s	<b>370,31</b>
<b>Arsenico</b>	mg/Kg s.s	<b>0,58</b>
<b>Antimonio</b>	mg/Kg s.s	<b>1,41</b>
<b>Mercurio</b>	mg/Kg s.s	<b>1,24</b>
<b>Fluoruri</b>	mg/Kg s.s	<b>75,43</b>
<b>Cloruri</b>	mg/Kg s.s	<b>5003,05</b>
<b>Bromuri</b>	mg/Kg s.s	<b>n.r</b>





## Potere calorifico

*Potere calorifico superiore PCS* : joule o calorie sviluppate dalla completa combustione del campione secco.

*Potere calorifico inferiore secco PCIS* o *PCIS* : ottenuto sottraendo dal PCS il calore latente di evaporazione dell'acqua che si forma per reazione/combinazione dell'idrogeno presente nel combustibile con l'ossigeno e che ovviamente alla temperatura di combustione si trova in forma di vapore:

$$PCIS = PCS - 597,5 * n \quad \text{Kcal/Kg comb.secco}$$

$$PCIS = PCS - 600 * n$$

N = moli di acqua formata per reazione

*Potere calorifico inferiore PCI* : ottenuto dal PCIS il calore latente di evaporazione dell'acqua contenuta nel combustibile

$$PCI * (100 U\%) Z * U\% / 100 \quad \text{Kcal/Kg comb.umido}$$

$$PCI = PCIS - Z * U\% \quad \text{Kcal/Kg secco nel comb. umido}$$

Z = calore latente di evaporazione dell'acqua.

Il calcolo del PCI, nota la composizione elementare del combustibile, è possibile mediante la Formula di Dulong:

$$PCI = 81 * C + 287,0 * (H - 0,125 * O) + 22,1 * S - 6 * U$$

Kcal/Kg secco contenuto nel combustibile

C, H, O ed S sono le percentuali delle componenti elementari espresso sul secco.

Le percentuali dell'umido e non sul secco si esprimono come:

$$\% \text{ umido} = \% \text{ secco} * (1 - U\%)$$

Quindi esprimendo C, H, O, S come percentuali sul combustibile umido, si ottiene:

$$PCI = 81 * C + 287,0 * (H - 0,125 * O) + 22,1 * S - 6 * U$$

Kcal/Kg combustibile umido

Per passare da Kcal a KJ<sup>a</sup>, si deve moltiplicare per 4,187.

## Densità

La densità delle diverse frazioni merceologiche dipende molto dal grado di compattazione.

Sia nei sistemi di raccolta dei rifiuti (autocompattatori) che a seguito di prolungati stoccaggi (come anche in discarica), la compattazione aumenta.

Ai sensi del D.L. 5 febbraio 1997, n.22 Decreto Ronchi i rifiuti conferiti nella discarica di la Cat di Largo Croce (BN) possono essere assimilati Rifiuti Solidi Urbani ed Assimilabili

- rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione;
- rifiuti non pericolosi provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli alla lettera a), assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità, ai sensi degli art.18 e 21;
- Rifiuti provenienti dallo spezzamento delle strade;
- Rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacunari e sulle rive dei corsi d'acqua;
- Rifiuti vegetali provenienti da aree verdi. Quali giardini, parchi e aree cimiteriali;
- Rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriali;
- Rifiuti derivati dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo.





Ipotesi analisi elementare delle classi merceologiche della ex discarica RSU in località Largo Croce. Comune Casalduni (BN)

% s.s. = percentuale riferita al materiale solido secco.

% t.q. = percentuale sul tal quale (il tal quale corrisponde alla somma del materiale solido secco e del contenuto di acqua)

Sulla base della documentazione fornita dal Comune suddetto e sulla base della documentazione prodotta precedentemente in fase preliminare, si è ricostruita la storia degli eventi che hanno interessato l'area di discarica. L'area, di proprietà comunale, è stata utilizzata per molto più di un decennio tra gli anni '70 e '90 (secondo alcuni residenti interpellati come memoria storica) come artificiale riempimento di un versante poco evoluto sito ai limiti dell'esistente Centro Abitato.

Attualmente ricade all'interno del P.R.G. approvato e vigente con Decreto Sindacale n° 3 del 24/10/1987, come Zona a Verde Pubblico.

Allo stato attuale vi insiste una piazzetta che delimitata a valle da un muro di sostegno in c.a.n. rivestito in pietra locale. La superficie risulta pavimentata in pietra; sono presenti modeste superfici non rivestite adibite ad aiuole.

Dalla documentazione fornita dal Comune di Casalduni e dal dr. Romito, si è senza dubbio accertato che, durante il periodo di attività della discarica, lo stesso ha creato problemi di inquinamento ambientale.

MERCEOLOGIA PRESUNTA RIFIUTI		%	Ci	fb	u	C org	C bio
Valori di default							
MR1	organico - residui alimentari	33,00%	55,00%	70,00%	45,00%	2,12%	1,48%
MR2	residui giardino	4,00%	50,00%	70,00%	45,00%	0,96%	0,67%
MR3	carta e cartone	17,00%	50,00%	60,00%	8,00%	1,93%	1,41%
MR4	materiali risulta scavo e dempolizioni	12,00%	50,00%	20,00%	10,00%	0,27%	0,18%
MR5	legno	6,00%	50,00%	50,00%	20,00%	1,60%	0,96%
MR6	plastica e gomma	10,00%	70,00%	0,00%	2,00%	0,00%	0,00%
MR7	vetro e inerti	10,00%	0,00%	0,00%	3,00%	0,00%	0,00%
MR8	metalli	8,00%	0,00%	0,00%	3,00%	0,00%	0,00%

47

E' evidente che l'impatto ambientale della discarica di RSU presente sul territorio comunale di Casalduni è notevole, soprattutto con riferimento alla componente inquinante del torrente Lenta e dei terreni limitrofi.

Nel NCT l'area di interesse ricade sulle particelle di proprietà comunale n° 260 - 261-262 del Foglio n° 4 su aree laterali immediatamente contigue (particelle n° 74 - 271 - 76 - 418).

Essa risulta perimetrata nell'ambito dello PSAI ed è sottoposta a vincolo rischio frana nell'ambito dello PSAI come Area di Alta Attenzione - A4 e Area a Rischio molto elevato - R4.

Tali dati consentono di affermare che nella discarica, dismessa ormai da quasi un trentennio i residui dagli RSU organici, risultano ormai inattivi e quindi è esclusa la produzione di biogas. Attraverso i naturali processi di decomposizione anaerobica possono prodursi ancora quantità minime di (percolato) contaminanti per la falda acquifera e per il sottostante torrente Lenta.

Da tali considerazioni non si è proceduto alla fase di progettazione, gestione e monitoraggio dell'impianto di gestione del biogas (Allegato I al punto 2.5 del D.l.vo 36 del 2003).



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano





5.5.3 DIMENSIONAMENTO DIAFRAMMA DRENANTE

La barriera idraulica costituisce una misura di contenimento della contaminazione dell'acquifero superficiale. Questa tecnologia è solitamente utilizzata per la rimozione di inquinanti miscibili con l'acqua; non agisce sulla sorgente di contaminazione ma ha lo scopo di contenere il plume inquinato (Tunesi e Napoleoni, 2003).

La barriera idraulica è applicabile per il contenimento di plume contaminati da composti organici e inorganici in particolar modo per quelli caratterizzati da elevata solubilità e che non hanno la tendenza a ripartirsi/riassorbirsi sulle fasi solide. L'intervento può essere effettuato su acquiferi permeabili e caratterizzati da una profondità della falda che non consente l'applicazione di altre tecnologie di trattamento e consiste nel creare una depressione piezometrica per controllare e interrompere il flusso delle acque contaminate.

Le tipologia realizzativa è di seguito descritta:

o barriera costituita da pozzi o da dreni (diaframma drenante) con lo scopo di arrestare il flusso a valle dei contaminanti in modo da isolare potenziali bersagli della contaminazione, quali il torrente Lenta e/o pozzi di acqua potabile.

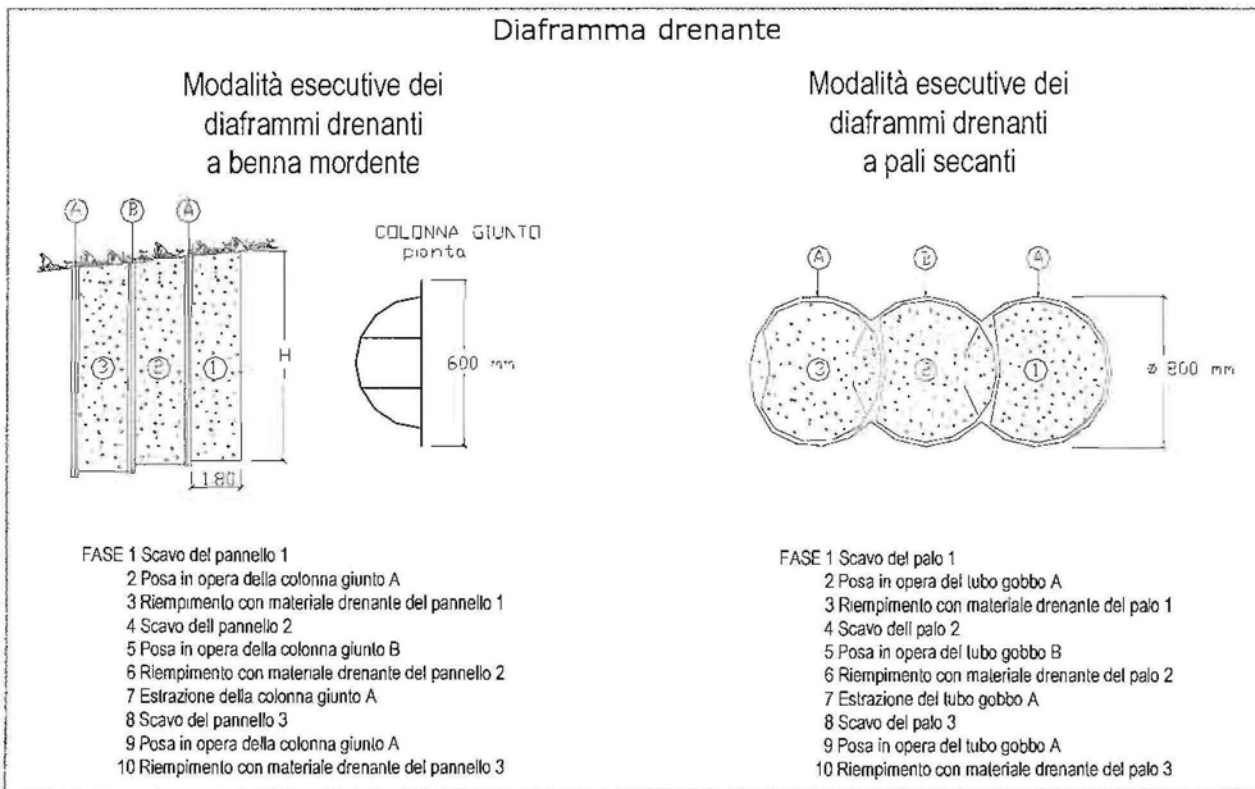
La tecnica presenta i seguenti vantaggi:

o per la semplicità di progettazione e realizzazione è utilizzabile come un intervento di messa in sicurezza;

o possono essere realizzate barriere di pozzi per controllare i risultati delle attività di bonifica condotte con diverse tecniche.

La barriera idraulica è quindi una misura di contenimento della contaminazione dell'acquifero della falda freatica. Essa è costituita da un diaframma drenante realizzato mediante una sequenza di perforazioni di diametro 0,80m e profondità variabile tra 11,00m (lato valle) e 14,00m (lato monte) con riempimento di materiale inerte (ghiaia, ghiaietto, sabbia o materiali sintetici tipo drenaggi drenoter ecc.). Questa tipologia di dreni vengono utilizzati dei tubi sagomati (tubo gobbo) che permettono di avere una secanza tra pali contigui per mantenere la continuità del corpo drenante.

Di seguito viene riportato un esempio di diaframma drenante (vedasi anche Sezione TAV. B.10 Planimetria e sezione di dettaglio di progetto; Tav. B.11.a Particolari costruttivi: Palificata - Diaframma a monte e capping - Pali radice; Tav. B.11.b Particolari costruttivi: Vasca in c.a. - Piezometro).



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



Nella parte terminale del diaframma drenante sarà realizzato un pozzo in PVC/acciaio con phi 100cm della profondità variabile tra 16,00 e 19,00m dal p.c.. di deposito delle acque contaminate con estrazione monofase con l'utilizzo di una doppia pompa per convogliare le acque in una cisterna in c.a.n. impermeabilizzata interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo.

La porzione di acquifero interessata dal flusso verso le opere di captazione è denominata zona di captazione; nello specifico questa zona ha un'ampiezza di circa 66m, misurati lungo la direzione NW-SE della discarica e una soggiacenza della falda di 12,00 m a monte e 3,00 m a valle. Il dimensionamento della barriera idraulica è stato effettuato sulla base di modelli che simulano le proprietà idrodinamiche del mezzo poroso, il trasporto degli inquinanti in falda e gli effetti indotti dal pompaggio sul campo di moto della falda.

Il dimensionamento del diaframma drenante e la portata da estrarre sono stati individuati a partire da due condizioni piezometriche indisturbate significative:

- piezometria media, rappresentativa delle condizioni medie di funzionamento della barriera idraulica. Essa corrisponde alla piezometria ottenuta calibrando il modello rispetto alla livello piezometrico medio di ciascun piezometro nel periodo giugno 2006/dicembre 2012;
- piezometria critica, a cui corrisponde il massimo valore di trasmissività, carico idraulico e gradiente piezometrico, condizioni che sono le più critiche per il funzionamento della barriera idraulica.

La regolazione delle pompe avviene ad opera di un programma di calcolo che individua la portata ottimale da emungere in corrispondenza del pozzo di recapito finale al fine di catturare tutto il fronte contaminato.

La permeabilità nelle elaborazioni qui proposte viene descritta con le classi fondamentali proposte dal Soil Survey Manual (V.S.D.A. - S.S.D.S. 1993) adottate come riferimento nel corso dei rilevamenti del suolo ed identificabili grazie ad una serie di stime di campo di proprietà del suolo, correlate ad essa, quali la tessitura, la struttura, la densità di ciascun orizzonte in siti rappresentativi dei tipi di suolo maggiormente diffusi nella macroarea (suoli caposaldi).

Dal punto di vista idrologico la formazione affiorante rappresentata da detriti sciolti è da considerarsi mediamente permeabile nella coltre superficiale con il valore di K compreso tra  $2,0 \cdot 10^{-4}$  e  $4 \cdot 10^{-4}$ ; viceversa il substrato assume valori compresi tra  $10^{-6}$  e  $10^{-8}$ .

Procedendo con la profondità la frazione detritica sciolta tende ad esaurirsi per poi passare ancora a letto alla formazione argillosa e argillo-marnosa con una velocità di flusso  $< 0,035$  cm/h, con un coefficiente di permeabilità K che può assumere valori compresi tra  $10^{-6}$  e  $10^{-8}$  con un grado di porosità  $<$  del 20% quindi quasi impermeabili.

Tali peculiarità idrolitologiche conferiscono ai materiali affioranti una generale sterilità con l'aumentare della profondità per quanto attiene al reperimento di falde acquifere o di accumuli idrici di un certo rilievo negli spessori più esterni: a riprova di quanto ora esposto ed asserito si afferma che nelle microaree di recapito delle operazioni di spandimento sono state cartografate o censite rare manifestazioni sorgentizie e poche falde episupeficiali attraverso il censimento di pozzi di un certo interesse.

Il Gradiente Idraulico è stato invece calcolato mediante un rapporto espresso in percentuale che vede al numeratore la differenza tra le quote piezometriche di due pozzi ubicati a quote diverse ed al denominatore la differenza delle rispettive quote topografiche s.l.m..

In allegato il calcolo per il dimensionamento del diaframma drenante.



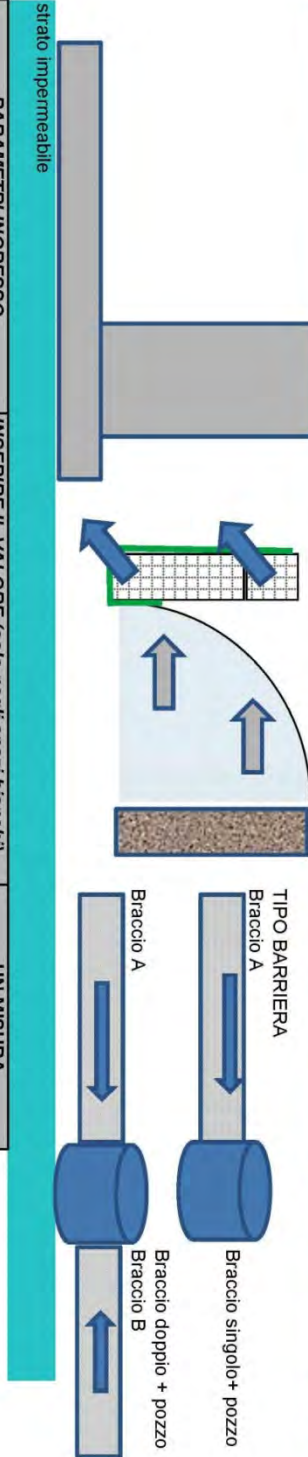


**DIAFRAMMI DRENANTI PER ISOLARE EDIFICI DALLA FALDA FREATICA**



Verifica tecnica del  
12-giu-15  
Committente  
Comune Casalduni

	Braccio A	Braccio B
Terreno di imposta	Detriti	Limi sabbiosi
Spessore strato	12	3
Lunghezza fondazione (m)	66	0
K (m/s)	4.E-03 1.E-03	1.E-05 1.E-03
l (gradiente falda)	3.2E-03	0.0E+00
Q (Darcy) m <sup>3</sup> /s		



PARAMETRI INGRESSO	INSERIRE IL VALORE (solo negli spazi bianchi)	UN.MISURA	
profondità dreni	14.0	m	
numero pozzetti	1.0	N	
Lunghezza braccio A	66.0	m	
Altezza braccio A (N,moduli H=0.5 m)	0.0	N	indica multipli di 0,5 (1=0,5;2=1;3=1,5)
Altezza braccio A (moduli H=1 m)	14.0	N	indica multipli di 1 (1,2,3)
Lunghezza braccio B	0.0	m	
Altezza braccio B (N,moduli H=0.5 m)	0.0	N	indica multipli di 0,5 (1=0,5;2=1;3=1,5)
Altezza braccio B (N,moduli H=1 m)	1.0	N	indica multipli di 1 (1,2,3)



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



**SOLECCITAZIONI ATTESE IN ESERCIZIO SUL SISTEMA DRENOTER**

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TRINCEA DRENANTE	
$\gamma$ terreno (kN/m <sup>3</sup> )	19,00
$\phi$ (gradi)	24,00
c (l/m <sup>2</sup> )	0,00
H (m)	14,00
$\sigma_{h, progetto}$ (kPa)	112,18

sollecitazione sul pannello

PROVE PERMEABILITA' SOTTO CARICO	
$\sigma$ (kPa)	k (m/s)
0	1,00E-03
20	7,36E-04
100	2,27E-04
k (des)	1,50E-04

valore max 100 kPa

PENDENZA TRINCEA DRENANTE (gradi)	NON SUPERIORE AI 20° INSERIRE IL VALORE <b>0,050</b>
GRADIENTE IDRAULICO EQUIVALENTE (AM/VI)	0,0009

Gradiente idraulico (pendenza in °)



**Q (m<sup>3</sup>/s)**  
7,828E-07  
MODULI PICCOLI

**PORTATA SCARICATA AI POZZETTI**  
PENDENZA TRINCEA GRADI  
0,05

**Q (m<sup>3</sup>/s)**  
1,566E-06  
MODULI GRANDI

**Q (m<sup>3</sup>/s)**  
BRACCIO A  
2,192E-05



**Q (m<sup>3</sup>/s)**  
BRACCIO B  
1,566E-06

Q (BRACCIO A)/Q DARCY  
0,007

**VERIFICA SMALTIMENTO ACQUA DI FALDA**

Q (BRACCIO B)/Q DARCY  
#DIV/0!





**TABELLA RIASSUNTIVA**

PARAMETRI DI INGRESSO	INSERIRE IL VALORE (solo negli spazi bianchi)	UN.MISURA	COMPUTO METRICO	
profondità dreni	14,0	m		
numero pozzetti	1,0	N	1,0	POZZETTI (POGEO)
lunghezza braccio A	66,0	m		
Altezza braccio A (N:moduli H=0,5 m)	0,0	N	0	DRENOTER 500 (2 >
Altezza braccio A (moduli H=1 m)	14,0	N	462	DRENOTER 1.000 (2
lunghezza braccio B	0,0	m		
Altezza braccio B (N:moduli H=0,5 m)	0,0	N	0	DRENOTER 500 (2 >
Altezza braccio B (N:moduli H=1 m)	1,0	N	0	DRENOTER 1.000 (2

**VERIFICA SU BARRIERA A BRACCIO SINGOLO (BRACCIO A)**

Portata scaricata al pozzetto **2,19E-05** m<sup>3</sup>/s

**VERIFICA SU BARRIERA A BRACCIO DOPPIO (BRACCIO A+BRACCIO B)**

Portata scaricata al pozzetto **2,35E-05** m<sup>3</sup>/s





Le acque estratte dalla barriera idraulica vengono stoccate in una vasca per poi essere avviate a trattamento presso il depuratore SANAV srl di Benevento (BN). Lo scarico, previo campionamento, deve essere effettuato nel rispetto dei limiti di emissione previsti per acque reflue industriali (art. 243 D. Lgs 152/06).

Le analisi di monitoraggio sull'acqua di falda consentono di valutare gli effetti della barriera idraulica; lungo l'asse della barriera, a causa del richiamo di acqua contaminata non si riscontra una diminuzione delle concentrazioni ma un generale aumento delle stesse.

Per verificare invece l'efficacia dell'intervento è necessario utilizzare dei pozzi di monitoraggio posti idrogeologicamente a valle della barriera (vedasi TAV. B.14 Punti di monitoraggio matrici).

**5.5.4 MODALITÀ DI GESTIONE DELLE ACQUE CONTAMINATE - PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI**

La gestione prevede la programmazione ed esecuzione degli interventi di prelievo e trasporto delle acque contaminate presso impianti autorizzati (SANAV srl di Benevento), organizzando gli stessi secondo necessità e comunque tali da evitare fuoriuscite di acque inquinate.

L'importo presunto del servizio è quantificato in € 27,00 mc oltre IVA, prezzo sul quale dovrà essere effettuato il ribasso d'asta.

Il costo presunto è riportato nella seguente tabella.

Volume falda [t]	Attività gestione [anni]	Costo conferimento impianto [€/t]	Imponibile	IVA	Totale
6.320,00	1	€ 27,00	€ 170.640,00	€ 37.540,80	€ 208.180,80

**5.5.5 PROVE SPERIMENTALI E/O TEST PILOTA DIAFRAMMA DRENANTE PROGETTATO**

Tali prove sperimentali e/o test pilota saranno effettuati in fase di collaudo delle opere realizzate.

**5.5.6 RETE DEI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO DELLA FALDA E DEI POZZETTI ISPETTIVI PER IL CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE INTERCETTATE DAL DIAFRAMMA DRENANTE AI FINI DELLE VERIFICA DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO PROPOSTO**

Come già delineato al punto 7 l'area sarà drenata da due diaframmi drenanti (lato monte e lato valle) realizzati mediante una sequenza di perforazioni di diametro cm. 80 e profondità variabile tra 11,00 (lato valle) e 14,00 m dal p.c. con riempimento di materiale inerte (ghiaia, ghiaietto, sabbia, ecc.).

- Movimentazioni e trasporti di modeste quantità di terreni di risulta
- Cinturazione parziale lato valle: diaframma drenante (hmax: 11,00 m dal p.c.); pozzo di raccolta (hmax: 16,00 m dal p.c.)
- Diaframma drenante lato monte (hmax: 14,00 m dal p.c.); pozzo di raccolta (hmax: 19,00 m dal p.c.):
- Capping aiuole discarica
- Opere regimazione e raccolta acque
- Progetto paesaggistico

Nella parte terminale del diaframma drenante sarà realizzato un pozzo in acciaio di diametro 100 cm della profondità variabile compresa tra 16,00m (lato valle) e 19,00m (lato monte) di deposito delle acque contaminate con estrazione monofase con l'utilizzo di una doppia pompa per convogliare le acque in una cisterna interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo. Tale pozzo sarà utilizzato anche per il campionamento delle acque intercettate.

	OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."	PROGETTISTI INCARICATI: Dott. Ing. Barbato Iannella Dott. Arch. Flaviano Basile
	PROGETTO ESECUTIVO A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -	GEOLOGO INCARICATO: Dott. Gerardo Cipriano



E' prevista la realizzazione di n.4 piezometri per il monitoraggio.

### **5.5.7 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DELLE CRITICITÀ AMBIENTALI DURANTE LE OPERAZIONI DI INTERVENTO (EMISSIONI DIFFUSE E RUMORE)**

Il presente illustra in maniera sintetica i potenziali impatti ambientali previsti nella fase esecutiva sia nella fase esecutiva di realizzazione delle opere che nella successiva fase di gestione post operativa, e le misure di mitigazione adottate per prevenire o ridurre tali impatti su ciascuna componente ambientale.

Si possono distinguere due tipologie di misure di mitigazione:

- la prima tipologia consta di interventi che si sono tradotti in input progettuali, ovvero nella scelta all'interno del progetto di tecnologie o sistemi, applicati a parti dell'impianto, tali da ridurre gli impatti;
- la seconda tipologia consta di procedure operative che, applicate durante la fase di degli interventi di bonifica e messa in sicurezza, consentono di minimizzare i rischi e ridurre gli impatti sull'ambiente.

#### *5.5.7.1 Componente ambiente idrico*

L'area della discarica si colloca in una zona che presenta un corpo idrico superficiale perenne a valle e due corpi idrico superficiali temporanei ad Ovest e ad Est; per quanto riguarda i corpi idrici sotterranei, le indagini eseguite hanno mostrato la presenza di una falda freatica con una soggiacenza media di 3,00m dal p.c. (lato valle)

Sia per le acque superficiali che per quelle sotterranee non si prevedono di conseguenza impatti diretti a causa della realizzazione delle opere. La generazione in fase di cantierizzazione di un impatto sulle acque potrebbe derivare unicamente da sversamenti accidentali sul suolo di sostanze inquinanti.

La prevenzione nei riguardi di ogni potenziale impatto indiretto legato a cause accidentali, avviene attraverso adeguate procedure operative di cantiere relativamente a:

- raccolta e smaltimento delle acque reflue del cantiere e delle acque di dilavamento dei piazzali;
- procedure di gestione e stoccaggio di eventuali sostanze inquinanti impiegate nel cantiere;
- riduzione della polverosità delle aree di cantiere.

La prevenzione delle possibilità di inquinamento dell'ambiente idrico viene effettuata mediante le seguenti opere di progetto e misure operative:

- le acque di pioggia che ricadono in aree dove vi è transito di automezzi o che comunque possono essere in qualche maniera venute a contatto con dei rifiuti vengono trattate e non sversate direttamente in corpi idrici;
- il percolato sarà estratto tramite il pozzo collocato all'interno dell'area discarica; tale sostanza verrà estratta tramite sistemi di pompaggio e trasportata in una vasca in c.a.n. per poi essere smaltita nel depuratore SANAV srl di Benevento.

A seguito della copertura finale della discarica si hanno comunque garanzie di alcuna infiltrazione di acque all'interno dell'ammasso di rifiuti e una rapida graduale riduzione del percolato prodotto.

Con il passare del tempo si esauriscono anche i processi di trasformazione dei rifiuti che comportano anch'essi la formazione di percolato.

#### *5.5.7.2 Emissioni in atmosfera*

Gli impatti sulla componente atmosfera sono originati, in fase di esecuzione dei lavori, dalle emissioni gassose generate dai mezzi di cantiere ma soprattutto dal sollevamento di polveri indotto direttamente dalle lavorazioni in cantiere e indirettamente dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere. Gli interventi adottati per bloccare le polveri comprendono opere di mitigazione e modalità operative finalizzate alla limitazione del sollevamento del particolato.

A tal fine, in particolare, si provvederà a:

- effettuare un adeguato lavaggio delle ruote dei mezzi di cantiere nell'apposita vasca di lavaggio ad ogni viaggio in uscita dal cantiere, al fine di preservare lo stato qualitativo della sede stradale ed evitare il sollevamento di polveri;





## **PROGETTO ESECUTIVO**

- innaffiare periodicamente le aree interessate da lavorazioni che generano polveri, in particolare dove si eseguono attività di movimento terra e di demolizione;
- bagnare, o in alternativa coprire, le aree eventualmente destinate allo stoccaggio di terreno al fine di evitare il sollevamento ed il trasporto delle polveri verso l'esterno;
- stoccare i cumuli di materiali di scavo in aree lontane da possibili ricettori;
- realizzare i piazzali di cantiere con una finitura dello strato superficiale tale da ridurre la generazione di polveri;
- irrorare sistematicamente con acqua, in riferimento alle condizioni meteo-climatiche, i piazzali e le piste interne al cantiere;
- procedere alla pulizia e spazzolatura della viabilità esterna ai cantieri interessata dal transito dei mezzi;
- prevedere l'utilizzo di teloni di copertura aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo per tutti i mezzi adibiti al trasporto di materiale sciolto, al fine di ridurre la diffusione di polveri;
- utilizzare esclusivamente mezzi di cantiere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi; i mezzi di cantiere a motore diesel dovranno essere dotati di filtri auto-rigeneranti per l'abbattimento del particolato. Di tali attività si dovrà dare evidenza anche nel Sistema di Gestione Ambientale con la descrizione di adeguate procedure per il corretto utilizzo ed attestazione della regolare esecuzione della manutenzione;
- installare cartelli segnaletici indicanti l'obbligo di procedere a passo d'uomo all'interno dei cantieri in modo che i mezzi di cantiere procedano a velocità ridotta sulle piste di servizio.

Le emissioni in atmosfera dovute alla fase post operativa di una discarica sono legate prevalentemente a due fonti di produzione differenti:

- fonti di emissione interne, legate principalmente al biogas residuo prodotto dalla decomposizione dei rifiuti;
- fonti di emissione esterne, imputabili al traffico dei mezzi impiegati nel cantiere per l'esecuzione dei lavori.

### 5.5.7.3 Rumore

L'area individuata per la discarica è situata nel comune di Casalduni (BN), che allo stato attuale non è dotato del Piano di Classificazione Acustica. Per quanto riguarda l'area, si fa riferimento alla categoria F secondo la Tabella II del DPR 142/2004.

Di conseguenza, pur non applicandosi il criterio differenziale, i limiti di immissione calcolati nello studio si conformano a quanto previsto dalla classificazione acustica comunale dei territori interferiti; nel caso specifico, mancando tale strumento ci si attiene sempre al limite Tutto il territorio nazionale.

Per la valutazione di tale impatto si è scelto di utilizzare un modello matematico di previsione secondo il Metodo ISO 9613-2, indicato dalle direttive europee come standard di riferimento per la valutazione in campo aperto del rumore prodotto da siti industriali.

Tale metodo è implementato in numerosi software di simulazione acustica.

I modelli suddetti calcolano il valore del Livello di Pressione Acustica equivalente prodotto da una serie di sorgenti puntiformi poste sul territorio.

Nella simulazione sono stati analizzati i seguenti scenari:

#### 1. FASE DI CANTIERE

Esecuzione dello scavo;

Capping;

Realizzazione impianti e servizi.

La lavorazione più critica è risultata essere lo scavo in cui si possono rilevare valori superiori ai 70 dB(A) seppur immediatamente all'esterno del perimetro del sito in esame; comunque il livello di pressione sonora massimo stimato in facciata ai ricettori più vicini non supera i 50 dB(A) (non si applica il periodo di riferimento notturno in quanto il cantiere opera solo nella fascia oraria diurna), valore che è compatibile con i valori di legge.

Per la gestione post-operativa del sito di discarica è prevista, dopo la ricopertura delle vasche, la raccolta del percolato e del biogas prodotto fino a completa bonifica dell'area. In questa fase non saranno presenti macchine operatrici ma esclusivamente gli impianti di raccolta e pompaggio, oltre all'impianto di trattamento del biogas. Gli impianti avranno un funzionamento a ciclo continuo che comprende anche il periodo di







referimento notturno. Si è quindi scelto di eseguire una simulazione acustica nello scenario post esercizio, trascurando l'impianto di raccolta del percolato (acusticamente irrilevante) e considerando l'impianto di trattamento e bruciatura del biogas alla torcia apparente al massimo regime. Le simulazioni mostrano come il rumore rimanga essenzialmente contenuto all'interno dell'area di discarica: il contributo al livello di pressione sonora presso i ricettori analizzati si stima essere inferiore a 30 dB(A), compatibile, anche in periodo di riferimento notturno, con le classi acustiche più sensibili. Questo aspetto risulta molto importante, dal momento che l'impianto di trattamento del biogas continuerà a funzionare per alcuni anni anche dopo la bonifica e la messa in sicurezza permanente della discarica.

In fase esecutiva è prevista un'organizzazione di dettaglio delle aree di cantiere in termini di impatto acustico, tale da mantenere gli impianti fissi rumorosi alla massima distanza dai ricettori e le distanze opportune tra i vari gruppi di lavoro in modo da non produrre sovrapposizioni di contributi di emissione sul singolo ricettore.

Una volta definiti layout e macchinari di cantiere in funzione della minimizzazione dell'impatto acustico, dovranno comunque essere attuate tutte le possibili azioni di mitigazione del rumore anche tramite la scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione delle stesse e ponendo particolare attenzione alle modalità operative e di predisposizione del cantiere.

A titolo indicativo ma non esaustivo si dovrà:

o prevedere misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili;

o garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, l'operatività in simultaneo di macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca;

o prevedere che i principali impianti fissi di cantiere non superino i valori di potenza sonora prescritti dalla vigente normativa;

o scegliere i macchinari che, a parità di prestazioni, siano più silenziosi; tutti i macchinari impiegati dovranno comunque avere livelli di potenza sonora compatibili con i limiti imposti dal D.Lgs. 262/2002 ed eventuali s.m.i.. Inoltre, sarà necessario predisporre un elenco delle macchine che realmente verranno utilizzate in cantiere con le relative caratteristiche acustiche;

o prevedere la richiesta di deroga ai limiti di emissione/immissione acustica per le sole attività non completamente mitigabili, prima dell'inizio delle lavorazioni rumorose in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

### 5.5.8 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO NELLA FASE POST-OPERATIVA

Il Piano di monitoraggio e controllo prende in esame gli aspetti e le attività che nel loro insieme attengono alla corretta ed efficace gestione della discarica in fase post operativa al fine di soddisfare tutta la normativa di settore.

Vengono pertanto dapprima definite le modalità di omologa, di accettazione e di conferimento già richiamate nel piano di gestione operativa, per passare poi a definire:

- la periodicità e il soggetto responsabile del sistema di controllo;
- il sistema di regimazione acque di pioggia;

Vengono individuate inoltre le attività di monitoraggio ambientale consistenti nel rilievo periodico del campo acustico interno ed esterno all'impianto, nella misurazione quotidiana dei parametri meteorologici (pioggia, temperatura, vento, u.r., evaporazione), nonché definiti i programmi temporali delle manutenzioni delle diverse opere componenti la discarica che sono presenti nella gestione post operativa della stessa discarica.

Il piano di monitoraggio prevede:

- monitoraggio acque di falda dei due pozzi da realizzare in fase esecutiva;
- modalità di impiego della tecnica "pump & treat", al fine del risanamento delle acque prelevate dal sottosuolo;
- inserimento nel monitoraggio del percolato di tutti i parametri di cui alla tabella 1 dell'allegato 2 al D.Leg.vo 36/2003 relativi alle acque sotterranee;
- verifica mediante monitoraggio dell'impatto acustico ai sensi della normativa nazionale sul perimetro della discarica e all'esterno della stessa, in fase di esecuzione dei lavori.



OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flaviano Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano



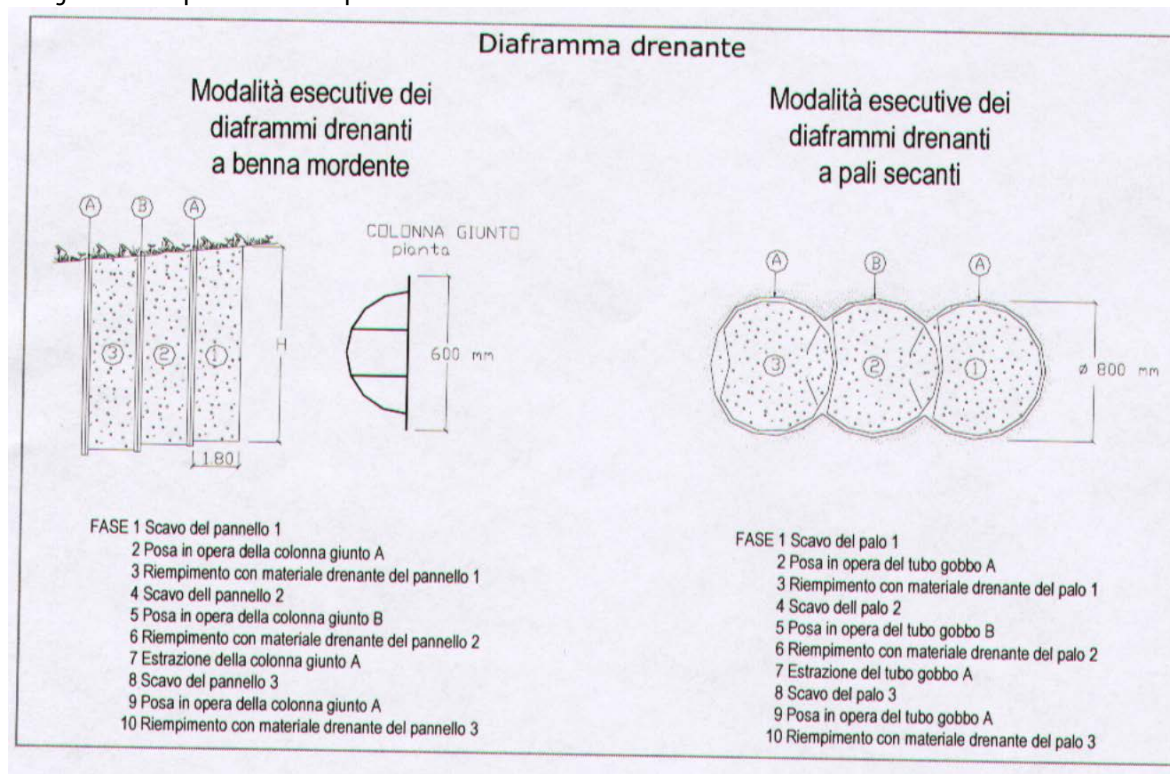
Il monitoraggio sistematico delle acque drenate dai diaframmi drenanti si effettua nel pozzo in PVC/acciaio attrezzato con doppia pompa per il monitoraggio chimico delle acque sotterranee. H= 11,00 ÷ 14,00m, interno al diaframma drenante di monte e di valle.

Inoltre il Piano di Monitoraggio e Controllo come recepito dal Comune in esito delle Indicazioni della ARPAC di Benevento deve essere effettuato ai sensi del D.Lgs. 36/2003 secondo quanto previsto dall'allegato 2 Punto 5, con la frequenza prevista dalla Tabella 2 (colonna - frequenza misure gestione post- operativa). In particolare dovranno essere analizzati per le acque sotterranee tutti i parametri di cui alla Tabella 1, compreso i parametri che hanno restituito un superamento accertato dalla parte durante le indagini di caratterizzazione non riscontrato da ARPAC, per un periodo minimo di 5 anni eventualmente esteso per un ulteriore periodo fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

**5.5.9 IL PROGETTO E L'ESECUZIONE  
DIAFRAMMA DRENANTE**

Il diaframma drenante sarà realizzato mediante una sequenza di perforazioni di diametro cm. 80 e profondità di 11,00÷14,00m con riempimento di materiale inerte (ghiaia, ghiaietto, sabbia, ecc.). Questa tipologia di dreni vengono utilizzati dei tubi sagomati (tubo gobbo) che permettono di avere una secanza tra pali contigui per mantenere la continuità del corpo drenante.

Di seguito viene riportato un esempio di diaframma drenante.



Nella parte terminale del diaframma drenante saranno realizzati due pozzi in PVC/acciaio di diametro cm 100 della profondità di m. 16,00 ÷ 19,00m di deposito delle acque contaminate con estrazione monofase con l'utilizzo di una pompa per convogliare le acque in una cisterna interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo.

**MONITORAGGIO E CONTROLLO CHIMICO E BIOLOGICO DELLE ACQUE**

Verrà collocata una rete di piezometri per controllare il livello della falda. Le acque saranno poi controllate periodicamente dal punto di vista chimico e biologico, sia il percolato, sia le acque di falda per seguire l'evolversi del fenomeno fino al totale annullamento dell'inquinamento.

In particolare saranno previsti:

	OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."	PROGETTISTI INCARICATI: Dott. Ing. Barbato Iannella Dott. Arch. Flavian Basile
	PROGETTO ESECUTIVO	GEOLOGO INCARICATO: Dott. Gerardo Cipriano



- setti drenanti con pompaggio adeguato ad intercettare il flusso di sostanze inquinanti presenti nelle acque sotterranee e relativa attrezzatura di campionamento;
- analisi chimico-fisiche delle acque sotterranee con cadenza trimestrale;
- analisi biologiche acqua di falda e percolato con cadenza trimestrale.

### **CAPTAZIONE DEL PERCOLATO**

Il percolato eventualmente presente sarà asportato periodicamente per mezzo del pozzo esistente nell'ax discarica RSU e conferito in impianto SANAV srl di Benevento per lo smaltimento.

### **OPERE DI CONSOLIDAMENTO**

Il consolidamento del versante sarà realizzato tramite una palificata su n° 02 pali di fondazione sfalsati (L=18,00 m; phi =0,80 m). Per evitare possibili problemi alle opere fondali dei prospicienti fabbricati durante la realizzazione dei diaframmi è prevista l'esecuzione di un reticolo di micropali lungo Largo Croce.

## **6. CONCLUSIONI**

Il collaudo degli interventi di bonifica/messa in sicurezza permanente dovrà valutare la rispondenza tra il progetto esecutivo e la realizzazione in termini di:

- raggiungimento delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) o di concentrazioni soglia di rischio (CSR) in caso di intervento di bonifica;
- efficacia delle misure di sicurezza in caso di messa in sicurezza permanente, in particolare di quelle adottate al fine di impedire la migrazione degli inquinanti all'esterno dell'area oggetto dell'intervento;
- efficienza di sistemi, tecnologie, strumenti e mezzi utilizzati per la bonifica/messa in sicurezza permanente, sia durante l'esecuzione che al termine delle attività di bonifica e ripristino ambientale o della messa in sicurezza permanente.

Per le esecuzioni a regola d'arte delle opere e quindi il raggiungimento degli obiettivi finali di Bonifica del sito si ricorda di attenersi alle indicazioni/prescrizioni di carattere generale già indicate nel parere della C.d.S. del 10/09/2015 dal punto 8 al punto 16 recepite nella Relazione Integrativa trasmessa dal R.U.P. del Comune di Casalduni con nota n. 04847 del 23/10/2015 acquisita al protocollo ARPAC n. 065399 del 26/10/2015;

Inoltre ai fini del raggiungimento ottimale del risultato di Bonifica si rimanda alle prescrizioni contenute nel parere della Provincia di Benevento in data 17/11/2015.

Benevento, febbraio 2016.

I tecnici incaricati

Ing. Barbato Iannella

Arch. Flavian Basile

Geol. Gerardo Cipriano




OGGETTO : "LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE(codice sito CSPI 2015C005)."

PROGETTO ESECUTIVO

A.1.a - RELAZIONE TECNICA GENERALE ILLUSTRATIVA -

PROGETTISTI INCARICATI:  
Dott. Ing. Barbato Iannella  
Dott. Arch. Flavian Basile

GEOLOGO INCARICATO:  
Dott. Gerardo Cipriano

		<b>COMUNE DI CASALDUNI</b>		
		Provincia di Benevento		
		<b>LAVORI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SITO EX DISCARICA COMUNALE ALLA LOCALITA' LARGO CROCE (codice sito CSPI 2015C005)."</b>		
		<b>QUADRO ECONOMICO A BASE DI GARA</b>		
<b>A)</b>	<b>Importo totale lavori</b>			
A1)	Importo lavori soggetti a ribasso		€ 1 593 535,42	
A2)	Oneri della sicurezza interni	€ 11 443,77		
A3)	Oneri della sicurezza aggiuntivi	€ 24 391,36		
	<b>Importo totale lavori (A)</b>			<b>€ 1 629 370,55</b>
<b>B)</b>	<b>Somme a disposizione della stazione appaltante</b>			
B1)	Indagini geologiche-studio geologico e consulenza			€ 39 800,00
B2)	Imprevisti			€ 43 474,02
B3)	Oneri di smaltimento, monitoraggio e controllo iva inclusa			€ 250 000,00
B4)	Accantonamenti art.12 D.P.R. n.207/2010			€ 24 440,56
B5)	Contributo ANAC			€ 600,00
B6)	<b>SPESE GENERALI</b>			
B6.1)	Progettazione definitiva			€ 18 058,80
B6.2)	Progettazione esecutiva			€ 15 874,79
B6.3)	Coordinatore sicurezza in fase di progettazione			€ 5 958,19
B6.4)	Direzione lavori-contabilità-C.S.E.			€ 39 509,04
B6.5)	Collaudo tecnico-amministrativo			€ 9 829,51
B6.6)	Fondo ex art. 92 dlgs 163/2006 e smi 2%			€ 32 587,41
B6.7)	Consulenza e supporto a RUP			€ 8 146,85
B6.8)	Spese per commissioni giudicatrici			€ 7 332,17
B6.9)	Spese pubblicità			€ 3 500,00
B7)	Iva sui lavori e sugli imprevisti (A+B2)			€ 167 284,46
B8)	Iva e cassa sulle competenze tecniche (B1+B6.1+B6.2+B6.3+B6.4+B6.5+B6.6+B6.7)			€ 45 632,72
	<b>Totale Somme a Disposizione dell'Amministrazione (B)</b>			<b>€ 712 028,53</b>
<b>TOTALE GENERALE</b>				<b>€ 2 341 399,08</b>