

SMC

Committente			
SMC Smaltimenti Controllati SpA Via G. Bensi 12/3 - Milano 20152 Tel. +39 02.413051 – Fax. +39 02.41272733			
Provincia	TORINO	Comune	Chivasso
Oggetto			
PROGETTO DEFINITIVO			
Coordinamento Generale Progettazione Architetto Giorgio Giani - archistudio associati Lungo po cadorna 5, 10124 torino - tel/fax +39 011 8128756 – email archistudio.associati@gmail.com			
Relazione	06_R01		
Titolo	RELAZIONE TECNICA		

Progettisti documento	GEOSTUDIO Studio Tecnico Associato C.so Trapani, 39 10139 Torino 
Codice commessa	DICH12014ZJ

Revisione	Data	Redazione documento	Verifica documento	Validazione documento
00	Ottobre 2014	GEOSTUDIO Studio Tecnico Associato	UFFICIO TECNICO	RESPONSABILE COMMESSA
01	Luglio 2015	Ing. Geol. Giuseppe Biolatti	Ing. Federico Sauer	Dott. S. Chizzali
02				

SOMMARIO

1	Premessa	6
2	Dati topografici ed amministrativi	7
2.1	Ubicazione ed accessibilità	7
2.2	Precedenti autorizzazioni e/o provvedimenti concernenti la discarica “Chivasso 3”	7
2.3	Strumenti urbanistici, vincoli giuridici	9
2.4	Tipologie di rifiuti scaricati	10
2.4.1	Rifiuti ammessi nei primi due anni di attività	10
2.4.2	Rifiuti ammessi a partire dal terzo anno di attività	15
2.5	Ritmi di conferimento (scenario verosimile)	16
3	Dimensioni e dati costruttivi	17
3.1	Superficie	17
3.2	Volumetrie e tempi di esaurimento	17
4	Interventi in progetto	18
4.1	Interventi preparatori	18
4.1.1	Generalità	18
4.1.2	Opere di rimozione ed adeguamento reti a servizio della discarica	18
4.1.3	Opere di risagomatura	19
4.1.4	Rimozione tralicci di Terna e di Ferrovie dello Stato	20
4.2	Rifacimento del capping di Chivasso 2	22
4.3	Opere di allestimento	22
4.3.1	Opere di movimento terra	22
4.3.2	Struttura del fondo vasca e delle scarpate	23
4.3.3	Impermeabilizzazione minerale	27
4.3.4	Impermeabilizzazione con geomembrana	28
4.4	Sistema di drenaggio e prelievo del percolato	29
4.5	Opere accessorie	30
4.5.1	Caratteristiche generali	30
4.5.2	Pozzi piezometrici	30
4.5.3	Recinzione	31
4.5.4	Palazzina uffici, area lavaggio mezzi, pesa	31
4.5.5	Termocamere	32
5	Rete di regimazione delle acque di origine meteorica	33
5.1	Situazione attuale	33

5.2	Situazione di progetto.....	35
5.2.1	Quantificazione degli apporti meteorici	37
5.2.2	Calcolo della portata di deflusso.....	39
5.3	Dimensionamento delle canalette perimetrali	42
6	Raccolta e smaltimento del percolato	43
6.1	Bilancio idrologico per il calcolo della quantità di percolato.....	43
6.1.1	Caratteristiche tipiche qualitative del percolato.....	43
6.1.2	Bilancio idrico della discarica	48
6.1.3	Stima della quantità di percolato prodotto in fase di gestione attiva	49
6.1.4	Stima della quantità di percolato prodotto in fase di gestione passiva	50
6.2	Drenaggio e raccolta del percolato	52
6.2.1	Sistema di drenaggio ed estrazione del percolato.....	52
6.2.2	Estrazione del percolato.....	53
6.2.3	Sistema di stoccaggio temporaneo del percolato	55
6.3	Controllo delle acque e gestione del percolato	55
7	Smaltimento del biogas.....	56
7.1	Aspetti generali.....	56
7.2	Processi di produzione del biogas	57
7.2.1	Premessa	57
7.2.2	Fase aerobica	58
7.2.3	Fase facoltativa anaerobica.....	58
7.2.4	Fase metanigena anaerobica instabile.....	58
7.2.5	Fase metanigena anaerobica stabile.....	59
7.2.6	Fase di esaurimento	59
7.3	Caratteristiche qualitative del biogas.....	60
7.4	Valutazione della produzione di biogas.....	64
7.4.1	Produzione del biogas da parte delle discariche esaurite.....	68
7.5	Criteri di dimensionamento e verifica delle opere.....	70
7.5.1	Premessa	70
7.5.2	Pozzi di estrazione	70
7.5.3	Opere di convogliamento e regolazione	72
7.5.4	Nuova centrale di combustione del biogas	73
7.6	Interventi sul sistema di estrazione del biogas delle discariche preesistenti	74
7.6.1	Situazione attuale dell'impianto di estrazione del biogas sulla discarica "Chivasso 2"	74
7.6.2	Modifiche previste alla rete di captazione del biogas Chivasso 2.	78

7.6.3	Adeguamento delle teste di pozzo per l'intercettazione del biogas dalle discariche preesistenti.	81
7.6.4	Realizzazione di un drenaggio aggiuntivo sulla scarpata di "Chivasso 3"	82
8	Fasi di esercizio e di ricopertura finale.....	82
8.1	Evoluzione della discarica in fase di allestimento e gestione.....	82
8.2	Ricopertura e sistemazione finale.....	83
8.2.1	Descrizione del sistema di copertura in progetto.....	83
8.2.2	Equivalenza per il drenaggio delle acque fra strato di materiale granulare e geocomposito drenante	86
9	Cronoprogramma dei lavori.....	92

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica, con i relativi elaborati grafici, ha lo scopo di illustrare il progetto definitivo di allestimento di un nuovo settore di discarica per rifiuti non pericolosi, nell'ambito del progetto di piattaforma integrata di trattamento denominata "Wastend" finalizzato all'ottimizzazione del recupero e del riciclaggio dei rifiuti, con produzione di materie prime secondarie.

Il progetto, redatto in ottemperanza alle disposizioni del D.Lgs. 36/2003, ha la finalità di ottimizzare lo sfruttamento dei volumi residui ancora disponibili, nonché di migliorare l'impermeabilizzazione e il deflusso delle acque meteoriche nella parte centrale della discarica esaurita denominata Chivasso 2, al fine di ridurre la produzione residua di percolato da parte del lotto stesso, migliorando così le attività di bonifica ambientale e recupero delle discariche esaurite, già completate sulle adiacenti "Chivasso 0" (con rifacimento totale della discarica e rimozione dei vecchi rifiuti depositati a suo tempo senza protezioni ambientali) e "Chivasso 1" (con risagomatura sommitale ed adeguamento della rete di deflusso delle acque e realizzazione di un sovrastante campo fotovoltaico).

L'intervento in progetto, senza comportare alcuna occupazione di nuove aree, si configura come incremento della capacità ricettiva del complesso delle discariche di Regione Pozzo, da realizzare mediante raccordo morfologico tra i rilevati di rifiuti adiacenti, prevedendo l'impermeabilizzazione della fascia che attualmente separa le due discariche "Chivasso 2" e Chivasso 3" e delle scarpate prospicienti, al di sopra degli strati di impermeabilizzazione esistenti e/o in corso di realizzazione.

Come meglio descritto nel seguito, il nuovo intervento, pur poggiando sulla discarica esaurita "Chivasso 2" (ed, in parte, sulla scarpata sud della "Chivasso 3"), costituisce sotto tutti i punti di vista una discarica a sé stante (che sarà denominata "Chivasso 2.1", dotata di propria impermeabilizzazione e di propri sistemi di estrazione del percolato e del biogas, oltre che indipendente dal punto di vista gestionale).

Si provvederà, inoltre, nell'ambito del miglioramento dell'impermeabilizzazione sommitale di Chivasso 2, alla riprofilatura morfologica delle scarpate perimetrali esistenti (attualmente assestatesi su pendenze variabili con massimi di 15-18°) su un'acclività di circa 21,8° ed alla realizzazione di una nuova impermeabilizzazione di base al di sopra del capping esistente (previa asportazione del terreno agrario), finalizzata alla sopraelevazione dello stoccaggio di rifiuti di Chivasso 2 in condizioni "idraulicamente" separate dalla vasca sottostante.

Le scelte progettuali sono state fatte nel pieno rispetto dei criteri di sostenibilità ambientale, limitando le pressioni ambientali sulle risorse naturali, minimizzando il consumo delle risorse naturali, riducendo le emissioni in atmosfera, nell'acqua e nel suolo.

Pertanto sono stati scelti, ove possibile, materiali e tecniche di lavorazione a basso impatto ambientale, così da garantire la riduzione delle pressioni ambientali sia nelle fasi di realizzazione che di gestione della discarica, nel pieno rispetto delle direttive comunitarie, nazionali e regionali.

2 DATI TOPOGRAFICI ED AMMINISTRATIVI

2.1 Ubicazione ed accessibilità

Il sito in oggetto è individuabile sulla cartografia ufficiale in scala 1:25.000 a cura dell'I.G.M., Tav. I S.E. "Chivasso" del F° 56 "Torino", in base alle coordinate U.T.M.: 32T MR 120 081 (riferite al baricentro del sito) e si attesta ad un'altitudine media di circa 200 m s.l.m.

La zona di intervento ricade totalmente all'interno del comprensorio delle discarica già esistenti.

Il sito interessato dall'intervento in progetto, ossia l'intera vasca denominata "Chivasso 2", la fascia di separazione tra "Chivasso 2" e "Chivasso 3", e la porzione Sud-Est di "Chivasso 3", è individuabile catastalmente alle seguenti particelle nel Comune di Chivasso:

Foglio n. 31, Particelle n. 26, 27, 29, 31, 58, 59, 129, 130, 154, 156, 158, 162, 164 come evidenziato nella G00 - "Planimetria catastale".

Per quanto concerne l'accessibilità all'area di discarica in oggetto, si individuano due importanti arterie di collegamento nelle immediate vicinanze:

- l'autostrada A4 "Torino – Milano";
- l'autostrada A5 "Torino – Aosta".

Il sito è inoltre facilmente raggiungibile in virtù della vicinanza delle seguenti strade Statali:

- n. 11 detta "Padana superiore",
- n. 26 detta "della Valle d'Aosta";
- n. 31 bis detta "Monferrato".

Per raggiungere il sito, è necessario transitare sull'ampia strada, di nuova realizzazione, dedicata al servizio dell'area industriale denominata CHIND, al termine della quale sono stati appositamente realizzati una rotonda ed un attraversamento della Gora della Campagna, che delimita il lato meridionale del comprensorio di discarica in oggetto, e che prosegue fino a raggiungere l'area di intervento.

Tale percorso garantisce l'accesso dei mezzi conferitori verso l'area di intervento direttamente dall'area industriale, eliminando completamente il traffico nella zona "Mulino / Cascina Coccarello" dal transito dei mezzi pesanti, permettendo nel contempo di collegare a questo nuovo sistema viario le strade esistenti e funzionanti senza alcuna ripercussione negativa.

Dalla rotonda, infatti, si dipartono in uscita due assi stradali:

- uno dedicato a convogliare il flusso di traffico all'interno dell'area di intervento;
- l'altro per il traffico diretto esternamente all'area.

Da qui la viabilità prosegue lambendo l'area della "Chivasso 0", costeggiando quindi, sul lato Est, le discariche esaurite site in località "Regione Pozzo".

2.2 Precedenti autorizzazioni e/o provvedimenti concernenti la discarica "Chivasso 3"

La discarica "Chivasso 2", sulla quale poggia per la maggior parte l'intervento in progetto, è stata esaurita prima dell'entrata in vigore del D. Lgs. 36/2003, ed è attualmente dotata di capping

multistrato costituito da strato drenante per il gas, strato impermeabile in argilla, materassino drenante per le acque ipodermiche e terreno agrario, rinverdita e rivegetata.

Per quanto concerne la “Chivasso 3” attualmente in coltivazione, si osserva che essa è realizzata e gestita in virtù di:

- Delibera della Giunta Provinciale n. 1235 – 232023/2000 del 17 novembre 2000, con la quale si autorizzava il progetto della discarica, da allestire in 4 lotti successivi, unitamente al ripristino ed alla riattivazione dell’impianto di cernita (che era stato originariamente autorizzato con D.G.P. prot. n. 164-12242/297 del 23.07.1987, poi integrate dalla D.G.R. n. 52-38875 del 3.07.1990, dalla D.G.P. n. 28-130982/1995 del 29.06.1995, dalla D.G.P. n. 35-128958/97 del 17.07.1997 e dalla D.G.P. n. 112-109131/1999 del 22.06.1999);
- Determinazione Dirigenziale n. 192-463939/2005 del 16 novembre 2005 con cui la Provincia di Torino ha rilasciato una “Proroga dei termini autorizzativi per lo svolgimento dell’attività di smaltimento rifiuti in discarica per rifiuti non pericolosi denominata Chivasso 3”.
- Determinazione Dirigenziale n.113-147650/2006 del 10 maggio 2006, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. l’*“Autorizzazione della sopraelevazione della discarica per rifiuti non pericolosi denominata Chivasso 3 sita in località Fornace Slet del Comune di Chivasso”*.
- Determinazione Dirigenziale n. 312-575387/2006 del 29 dicembre 2006, con la quale la Provincia di Torino ha rilasciato la classificazione in sottocategorie della discarica Chivasso 3.
- Determinazione Dirigenziale n. 236-1221686/2007 del 23 ottobre 2007, con cui la Provincia di Torino ha rilasciato Autorizzazione all’adeguamento volumetrico della discarica per rifiuti non pericolosi denominata Chivasso 3, sita in località Fornace Slet, Comune di Chivasso.
- Delibera della Giunta Provinciale n. 797-39959 del 29 luglio 2008, con la quale la Provincia di Torino ha rilasciato il giudizio positivo di compatibilità ambientale in ordine al progetto *“Discarica controllata per rifiuti non pericolosi ampliamento Chivasso 3, lotti 5 e 6”*;
- Determinazione Dirigenziale n.288-62959/2008 del 12 dicembre 2008, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. *“l’Autorizzazione Integrata Ambientale ai sensi del D.Lgs 18/02/2005, n.59 e smi”* che sostituisce l’autorizzazione unica ai sensi del D.Lgs 152/2006 del progetto di *“Discarica controllata per rifiuti non pericolosi ampliamento Chivasso 3 lotti 5 e 6”*.
- Determinazione Dirigenziale n.226-41088/2010 del 10 novembre 2010, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. *“il Provvedimento di Aggiornamento dell’Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata con Determinazione del Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche n. 288-62959/2008 del 12 dicembre 2008.*
- Determinazione Dirigenziale n. 88-19080/2011 del 25 maggio 2011, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. una Presa d’Atto di una modifica all’Autorizzazione Integrata Ambientale.

- Determinazione Dirigenziale n. 162-30100/2011 del 18 agosto 2011, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. un Provvedimento di Aggiornamento all'Autorizzazione Integrata Ambientale.
- Determinazione Dirigenziale n. 233-42414/2011 del 21 novembre 2011, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. una Modifica della Determinazione Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche 88-19080/2011 del 25 maggio 2011.
- Determinazione Dirigenziale n. 68-9634/2012 del 19 marzo 2012, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. delle prescrizioni integrative all'Autorizzazione Integrata Ambientale.
- Determinazione Dirigenziale n. 5-1511/2013 del 09 gennaio 2013, con la quale il Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche ha rilasciato alla Società S.M.C. S.p.A. una Presa d'Atto di una modifica all'Autorizzazione Integrata Ambientale.
- Determinazione Dirigenziale n. 4-204/2014 del 09 gennaio 2014, con la quale il Dirigente del Servizio Pianificazione e Gestione Rifiuti, Bonifiche, Sostenibilità Ambientale – Provincia di Torino ha rilasciato il documento di riesame dell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

2.3 Strumenti urbanistici, vincoli giuridici

Sull'area interessata dal progetto non sussistono vincoli di carattere idrogeologico, militare, sismico o archeologico.

L'intervento non risulta interessare aree sottoposte a vincolo paesistico – ambientale ai sensi del D.Lgs. n. 42/2004 in quanto la “Gora della Campagna” che cinge l'area della discarica, non è considerata acqua pubblica ⁽¹⁾.

Si segnala invece l'esistenza della fascia di rispetto di 100 m che il Piano Regolatore di Chivasso prescrive tutt'intorno alle preesistenti discariche per R.S.U. ed R.S.A.U. denominate “Chivasso 1” (a nord del sito in studio) e “Chivasso 2” (a sud), come da P.R.G.C. del Comune di Chivasso.

Si evidenzia, infine, come l'autorizzazione unica ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. 152/2006 del progetto “Realizzazione di una discarica controllata Chivasso 0 per rifiuti non pericolosi con messa in sicurezza dell'area di discarica ex art. 12 D.P.R. 915/82”, sostituita dall'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata con Determinazione Dirigenziale n. 130-26649/2009 del 30 giugno 2009, costituisce variazione del P.R.G.C. del Comune di Chivasso.

L'intero comprensorio delle discariche di Regione Pozzo, pertanto, risulta classificato dal P.R.G.C. del Comune di Chivasso come “area di discarica”.

⁽¹⁾) Sentenza TAR Piemonte n. 0809/01, R.G. 0722/91

2.4 Tipologie di rifiuti scaricati

2.4.1 Rifiuti ammessi nei primi due anni di attività

Nei primi due anni di attività, nel corso dei quali la discarica riceverà rifiuti di provenienza esterna, i rifiuti che verranno ammessi nella discarica in progetto saranno gli stessi attualmente ammessi nella discarica “Chivasso 3” con l’aggiunta del solo codice 191208 “prodotti tessili”:

02 RIFIUTI PRODOTTI DA AGRICOLTURA, ORTICOLTURA, ACQUACOLTURA, SELVICOLTURA, CACCIA E PESCA, TRATTAMENTO E PREPARAZIONE DI ALIMENTI

0201 rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca

020104 rifiuti plastici (ad esclusione degli imballaggi)

020110 rifiuti metallici

03 RIFIUTI DELLA LAVORAZIONE DEL LEGNO E DELLA PRODUZIONE DI PANNELLI, MOBILI, POLPA, CARTA E CARTONE

0301 rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli e mobili

030101 scarti di corteccia e sughero

*030105 segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci diversi da quelli di cui alla voce 03 01 04 (**)*

0303 rifiuti della produzione e della lavorazione di polpa, carta e cartone

030301 scarti di corteccia e legno

04 RIFIUTI DELLA LAVORAZIONE DI PELLI E PELLICCE, NONCHÉ DELL'INDUSTRIA TESSILE

0401 rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce

040109 rifiuti delle operazioni di confezionamento e finitura

0402 rifiuti dell'industria tessile

040209 rifiuti da materiali compositi (fibre impregnate, elastomeri, plastomeri)

040221 rifiuti da fibre tessili grezze

040222 rifiuti da fibre tessili lavorate

07 RIFIUTI DEI PROCESSI CHIMICI ORGANICI

0702 rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso (PFFU) di plastiche, gomme sintetiche e fibre artificiali

070299 rifiuti non specificati altrimenti (limitatamente a rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso (PFFU) di plastiche, gomme sintetiche e fibre artificiali)

12 RIFIUTI PRODOTTI DALLA LAVORAZIONE E DAL TRATTAMENTO FISICO E MECCANICO SUPERFICIALE DI METALLI E PLASTICA

1201 rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica

120105 limatura e trucioli di materiali plastici

15 RIFIUTI DI IMBALLAGGIO, ASSORBENTI, STRACCI, MATERIALI FILTRANTI E INDUMENTI PROTETTIVI (NON SPECIFICATI ALTRIMENTI)

1501 imballaggi (compresi i rifiuti urbani di imballaggio oggetto di raccolta differenziata)

150101 imballaggi in carta e cartone

150102 imballaggi in plastica

150103 imballaggi in legno

150104 imballaggi metallici

150105 imballaggi in materiali compositi

150106 imballaggi in materiali misti

150107 imballaggi in vetro

16 RIFIUTI NON SPECIFICATI ALTRIMENTI NELL'ELENCO

1601 veicoli fuori uso appartenenti a diversi modi di trasporto (comprese le macchine mobili non stradali) e rifiuti prodotti dallo smantellamento di veicoli fuori uso e dalla manutenzione di veicoli (tranne 13, 14, 1606 e 1608)

160106 veicoli fuori uso, non contenenti liquidi né altre componenti pericolose

*160112 pastiglie per freni, diverse da quelle di cui alla voce 160111 (**)*

160116 serbatoi per gas liquido

160117 metalli ferrosi

160118 metalli non ferrosi

160119 plastica

160120 vetro

1602 scarti provenienti da apparecchiature elettriche ed elettroniche

*160214 apparecchiature fuori uso diverse da quelle di cui alle voci da 160209 a 160213 (**)*

*160216 componenti rimossi da apparecchiature fuori uso, diversi da quelli di cui alla voce 160215 (**)*

1603 prodotti fuori specifica e prodotti inutilizzati

*160304 rifiuti inorganici, diversi da quelli di cui alla voce 160303 (**)*

17 RIFIUTI DELLE OPERAZIONI DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PROVENIENTE DA SITI CONTAMINATI)

1702 legno, vetro, plastica

170201 legno

170202 vetro

170203 plastica

1704 metalli (incluse le loro leghe)

170405 ferro e acciaio

170407 metalli misti

*170411 cavi, diversi da quelli di cui alla voce 170410 (**)*

19 RIFIUTI PRODOTTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI, IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE FUORI SITO, NONCHÉ DALLA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA E DALLA SUA PREPARAZIONE PER USO INDUSTRIALE

1910 rifiuti prodotti da operazioni di frantumazione di rifiuti contenenti metallo

191001 rifiuti di ferro e acciaio

191002 rifiuti di metalli non ferrosi

1912 rifiuti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti (ad esempio selezione, triturazione, compattazione, riduzione in pellet) non specificati altrimenti

191201 carta e cartone

191203 metalli non ferrosi

191204 plastica e gomma

191205 vetro

*191207 legno diverso da quello di cui alla voce 191206 (**)*

191208 Prodotti tessili

*191212 altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, diversi da quelli di cui alla voce 19 12 11 (**)* (limitatamente a residui che non contengono frazioni biodegradabili, con IRD non superiore a 1.000 mg O₂/kg s.v.h

20 RIFIUTI URBANI (RIFIUTI DOMESTICI E ASSIMILABILI PRODOTTI DA ATTIVITA' COMMERCIALI E INDUSTRIALI NONCHE' DALLE ISTITUZIONI) INCLUSI I RIFIUTI DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA

2001 Frazioni oggetto di raccolta differenziata (tranne 1501)

200101 carta e cartone

200102 vetro

200110 abbigliamento

200111 prodotti tessili

*200138 legno diverso da quello di cui alla voce 200137 (**)*

200139 plastica

200140 metallo

2003 Altri rifiuti urbani

200303 Residui della pulizia stradale

200307 Rifiuti ingombranti

Inoltre, saranno ammessi al conferimento presso la discarica, esclusivamente per il loro utilizzo all'interno del perimetro della discarica medesima per le operazioni di copertura giornaliera e per la realizzazione di piste di accesso ai piazzali di carico e strutture di contenimento, i RIFIUTI INERTI contrassegnati dai seguenti codici CER:

01 RIFIUTI DERIVANTI DA PROSPEZIONE, ESTRAZIONE DA MINIERA O CAVA, NONCHÉ DAL TRATTAMENTO FISICO O CHIMICO DI MINERALI

0104 rifiuti prodotti da trattamenti chimici e fisici di minerali non metalliferi

*010408 Scarti di ghiaia e pietrisco, diversi da quelli di cui alla voce 01 04 07 (**)*

010409 Scarti di sabbia e argilla

10 RIFIUTI PRODOTTI DA PROCESSI TERMICI

1012 Rifiuti della fabbricazione di prodotti di ceramica, mattoni, mattonelle e materiali da costruzione

101208 Scarti di ceramica, mattoni, mattonelle e materiali da costruzione (sottoposti a trattamento termico)

RIFIUTI DELLE OPERAZIONI DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PROVENIENTE DA SITI CONTAMINATI) **(ad esclusione di rifiuti provenienti da siti sottoposti a procedure di bonifica ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 e smi, presso i quali è stato rilevato il**

superamento delle CSC indicate nell'allegato 5, tabella 1 stabiliti per siti ad uso commerciale e industriale

17 01 cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche

170101 cemento

170102 mattoni

170103 mattonelle e ceramiche

*170107 miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 17 01 06 (**)*

1703 miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame

170302 miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01

17 05 terra (compreso il terreno proveniente da siti contaminati), rocce e fanghi di dragaggio

*170504 terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03 (**)*

*170506 fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 17 05 05 (**)*

*170508 pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 17 05 07 (**)*

17 09 altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione

*17 09 04 rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09; (**)* limitatamente a materiali derivanti da attività di costruzione, demolizione e ristrutturazione di immobili, non recuperabili

19 RIFIUTI PRODOTTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI, IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE FUORI SITO, NONCHÉ DALLA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA E DALLA SUA PREPARAZIONE PER USO INDUSTRIALE

191209 Minerali (ad esempio sabbia, rocce)

20 RIFIUTI URBANI (RIFIUTI DOMESTICI E ASSIMILABILI PRODOTTI DA ATTIVITÀ COMMERCIALI E INDUSTRIALI NONCHÉ DALLE ISTITUZIONI) INCLUSI I RIFIUTI DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA

2002 Rifiuti prodotti da giardini e parchi (inclusi i rifiuti provenienti da cimiteri)

200202 Terra e roccia

2003 Altri rifiuti urbani

200301 Rifiuti urbani non differenziati; limitatamente a rifiuti inerti derivanti da lavori di piccola manutenzione domestica, nel rispetto di quanto riportato nella D.G.R. n. 12-1977 del 16/01/2006, inerente la “Raccolta differenziata dei rifiuti inerti derivanti da piccola manutenzione domestica”, ai fini dell’applicazione della sanzione prevista dall’art. 17 della L.R. n. 24/2002.

È altresì ammesso al conferimento presso la discarica i rifiuti speciali non pericolosi contrassegnati dai codici **CER 160103 – pneumatici fuori uso** e **191204 – plastica e gomma**, esclusivamente per utilizzo come materiali da ingegneria, rispettivamente per la protezione delle pareti, come zavorra per la copertura provvisoria e per la realizzazione della copertura finale il primo, e per la costituzione dello strato di drenaggio del gas nella copertura definitiva il secondo.

2.4.2 Rifiuti ammessi a partire dal terzo anno di attività

Dal terzo anno in poi, allorché la discarica sarà a servizio esclusivo degli impianti di trattamento Wastend, i rifiuti in ingresso saranno solo quelli costituiti dai suddetti impianti, cioè i seguenti:

19 RIFIUTI PRODOTTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI, IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE FUORI SITO, NONCHÉ DALLA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA E DALLA SUA PREPARAZIONE PER USO INDUSTRIALE

1905 rifiuti prodotti dal trattamento aerobico di rifiuti solidi

190501 parte di rifiuti urbani e simili non compostata

1908 rifiuti prodotti dagli impianti per il trattamento delle acque reflue, non specificati altrimenti

190801 residui di vagliatura

190805 fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane

190812 fanghi prodotti dal trattamento biologico di acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 19 08 11

190814 fanghi prodotti da altri trattamenti di acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 19 08 13

1909 rifiuti prodotti dalla potabilizzazione dell'acqua o dalla sua preparazione per uso industriale

190901 rifiuti solidi prodotti dai processi di filtrazione e vaglio primari

190902 fanghi prodotti dai processi di chiarificazione dell'acqua

1912 rifiuti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti (ad esempio selezione, triturazione, compattazione, riduzione in pellet) non specificati altrimenti

191204 plastica e gomma

191208 Prodotti tessili

191209 Minerali (ad esempio sabbia, rocce)

191212 altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, diversi da quelli di cui alla voce 19 12 11.

Resterà invece invariato, quanto già indicato per i primi due anni, in merito ai rifiuti da utilizzare come materiale di ingegneria per le operazioni di copertura giornaliera e per la realizzazione di piste di accesso ai piazzali di carico e strutture di contenimento, per la protezione delle pareti, come zavorra per la copertura provvisoria e per la realizzazione della copertura finale, e per la costituzione dello strato di drenaggio del gas nella copertura definitiva.

2.5 Ritmi di conferimento (scenario verosimile)

Come evidenziato nel seguente grafico, il trend dei conferimenti annuali, a partire dall'autorizzazione dell'intervento in progetto, presenta un picco, pari a 100.000 t/anno nei primi due anni di funzionamento: in tali anni, verranno conferiti in discarica rifiuti speciali non recuperabili di provenienza esterna, non essendo ancora attivi gli impianti di riciclaggio del complesso Wastend. I flussi di cassa connessi con tali conferimenti consentiranno la costruzione e l'avviamento progressivo degli impianti nel corso degli anni, come descritto nelle specifiche relazioni, cosicché i conferimenti in discarica si ridurranno come valore complessivo, ed in particolare si annulleranno, già dal terzo anno, i rifiuti non provenienti dagli impianti Wastend, come rappresentato sul grafico che segue.

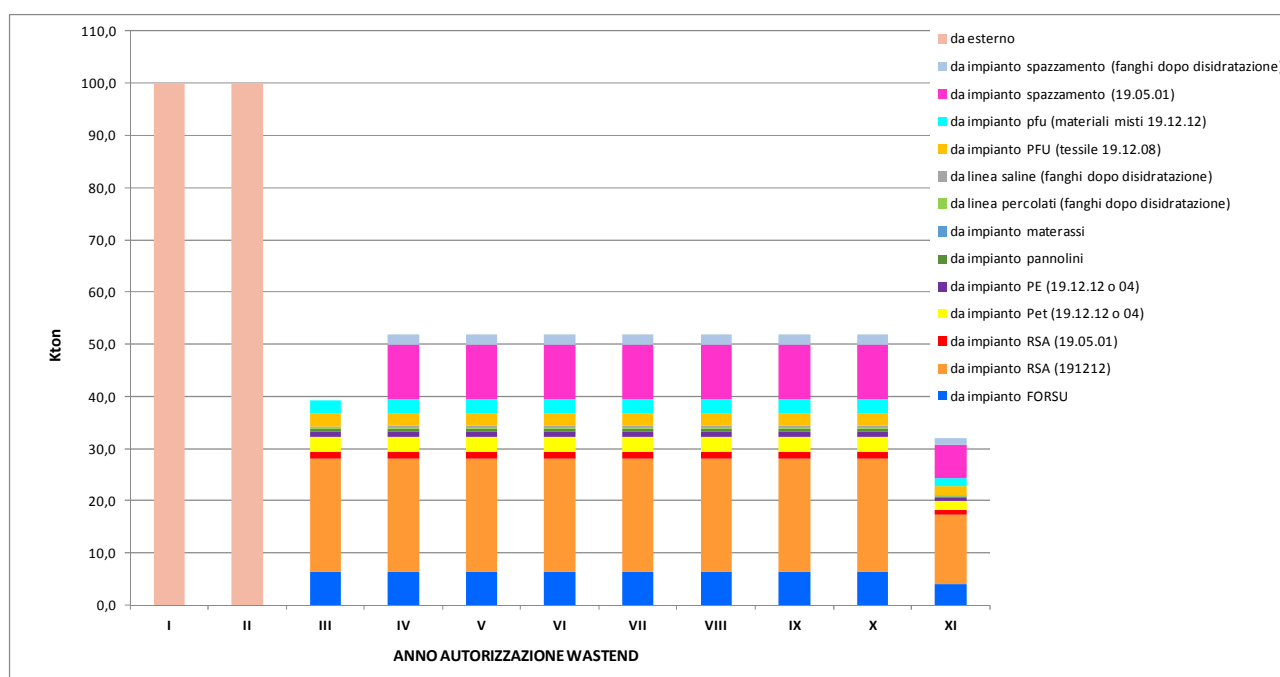


Figura 2-1. Previsionale dei conferimenti annuali nel corso dell'attività attività della discarica in oggetto.

3 DIMENSIONI E DATI COSTRUTTIVI

3.1 Superficie

L'intervento in progetto interessa una superficie di circa 110.000 m² (misurati in pianta) corrispondenti alla fascia compresa tra le vasche di Chivasso 3 e Chivasso 2, ed all'intera superficie di Chivasso 2.

Si procederà, infatti, previa asportazione del terreno agrario, alla realizzazione di una nuova impermeabilizzazione di fondo, in conformità alle normative vigenti (D. Lgs. 36/03), al di sopra della discarica Chivasso 2 e del lato di Chivasso 3 antistante la Chivasso 2, oltre all'impermeabilizzazione della stretta area compresa tra le vasche di Chivasso 2 e Chivasso 3.

Per quanto riguarda le superfici di Chivasso 2 non interessate dalla nuova impermeabilizzazione (cfr. *Tav. 06_T04*), in fase di allestimento del secondo stralcio della discarica si procederà al rifacimento del capping nella zona pianeggiante lungo il lato sud – ovest di Chivasso 2, interessata dalla presenza del laghetto (che si presume essere una delle cause principali dell'elevata produzione di percolato da parte di Chivasso 2). Non si interverrà, invece, sulle scarpate fuori terra già recuperate e non interessate dai lavori, ed in particolare sulla scarpata sud di Chivasso 2 (prospiciente la discarica “Chivasso 0”). Tali aree, oggi ben rivegetate, verranno mantenute con funzione di quinta verde di protezione e di “vivaio” dal quale prelevare il materiale verde per il recupero ambientale dei settori di discarica via via esauriti ⁽²⁾.

L'area interessata dall'abbancamento di rifiuti ammonterà, pertanto, a circa 62.400 m², tutti compresi all'interno della perimetrazione attuale delle discariche, senza l'utilizzo di nuove superfici. L'intera superficie interessata, infatti, risulta integralmente compresa all'interno del complesso di discariche di Regione Pozzo, senza alcun incremento dell'area occupata dall'impianto nel suo complesso.

3.2 Volumetrie e tempi di esaurimento

L'incremento del volume disponibile all'interno dell'invaso, al termine delle opere di impermeabilizzazione, risulta, da rilievo, pari a circa 724.600 m³, dei quali 200.000 m³ riferibili alla prima fase (area tra Chivasso 3 e Chivasso 2) e 524.600 m³ relativi alla seconda fase (sopraelevazione di Chivasso 2). A tale volumetria occorre sommare il volume di rifiuti derivanti a seguito dei cedimenti delle discariche esistenti, sulle quali il nuovo intervento si poggia, che è stato

⁽²⁾ Solo dopo l'allestimento e l'entrata in esercizio di tutti e tre gli stralci della discarica, ed il rifacimento del capping nella zona del laghetto, si potrà verificare l'effetto degli interventi sulla riduzione della produzione di percolato da parte di Chivasso 2, e valutare, di conseguenza, l'eventuale necessità di ulteriori adeguamenti del capping nelle zone ove non si è ancora intervenuto. Qualora tali interventi (non compresi nel presente progetto) risultassero necessari, essi avverranno dopo l'ultimazione del recupero ambientale su tutta la discarica Chivasso 3, e su una parte significativa della nuova discarica Wastend “Chivasso 2.1”.

stimato in circa 1 m sull'intera superficie occupata dai rifiuti stessi. Considerando pertanto un incremento del volume disponibile pari a circa 62.400 m³, la capacità dell'invaso risulta pari a 787.000 m³. Ammettendo un peso di volume apparente di 0,81 t/m³ ⁽³⁾ si ottiene una capacità di smaltimento di circa 637.500 t.

Il cronoprogramma dei conferimenti, secondo lo scenario più verosimile, prevede che, per i primi due anni si avrà un flusso pari a circa 100.000 ton di rifiuti provenienti dall'esterno; a partire dal terzo anno fino all'undicesimo, anno di chiusura della discarica, saranno conferiti gli scarti prodotti dagli impianti di trattamento.

4 INTERVENTI IN PROGETTO

4.1 Interventi preparatori

4.1.1 Generalità

La realizzazione dell'intervento in progetto, come illustrato in *Tav. 06_T04 – "Planimetria opere preparatorie"*, richiederà la preventiva rimozione e/o adeguamento di alcune reti di servizi interrati (privati, a servizio della discarica) ed aerei (linea elettrica A/T e linea elettrica delle Ferrovie), presenti all'interno dell'area di intervento in progetto, nonché la realizzazione di interventi di risagomatura dei rilevati di Chivasso 2, da completare prima procedere all'allestimento di Chivasso 2.1.

Si evidenzia come le opere di rimozione ed adeguamento reti a servizio della discarica e parte delle opere di risagomatura debbano essere completate ai fini dell'allestimento del primo lotto (fase 1), mentre la rimozione dei tralicci non precluda in alcun modo tale prima fase di allestimento di Chivasso 2.1, ma sia, invece, necessaria all'allestimento del lotto 2.

4.1.2 Opere di rimozione ed adeguamento reti a servizio della discarica

Nella fascia che attualmente separa le vasche di Chivasso 2 e Chivasso3, sono presenti alcuni servizi e sottoservizi interrati che dovranno essere rimossi per poter procedere all'allestimento del primo lotto: i gabbioni di contenimento del capping di Chivasso 3 ed il tratto di canaletta

⁽³⁾ Si parla di peso di volume "apparente" in quanto esso è dato dal rapporto fra il peso dei rifiuti conferiti ed il volume occupato in discarica, senza tenere conto del fatto che una parte del peso viene persa sotto forma di percolato o di biogas, ed una parte del volume è occupata dagli infrastrati anziché dai rifiuti. Il vero peso di volume dei rifiuti, meno significativo per gli scopi del presente lavoro, è di difficile valutazione in quanto richiederebbe il prelievo di un campione indisturbato di rifiuti dal corpo discarica, e la determinazione di peso e volume in laboratorio. Rispetto alla precedente versione del progetto, si è adottato un peso di volume leggermente inferiore, per tenere conto della diversa composizione merceologica e del minor addensamento medio, conseguente alla minor altezza raggiunta dai rifiuti in discarica.

perimetrale insistente sull'area di raccordo tra Chivasso 2 e Chivasso 3, un tratto di collegamento dell'acqua potabile (a servizio degli uffici della discarica), una tubazione di allaccio di un pozzo di estrazione del percolato (P35) da Chivasso 3 al sistema di stoccaggio, due sottostazioni di regolazione del biogas, nonché tubazioni varie interrato di allaccio delle stesse alla centrale di combustione e cavidotti ad essa affiancati.

Lo smantellamento dei sopracitati tratti di collegamento delle reti di trasporto del percolato e del biogas renderà necessaria la modifica della tubazione di rilancio del percolato dal pozzo P35 a Ovest di Chivasso 3, la rilocalizzazione delle sottostazioni di regolazione del biogas al di fuori dell'area di intervento e la realizzazione di nuovi allacci alla centrale di combustione del biogas lungo il perimetro di Chivasso 3 e Chivasso 2. Sulla *Tav. 06_T04 – “Planimetria opere preparatorie”* è individuata la nuova tubazione di rilancio che dal pozzo P35, arriva fino ai serbatoi presenti presso l'area di servizio.

Nell'ambito delle opere preparatorie è previsto anche l'adeguamento della rete di deflusso delle acque meteoriche, con smantellamento della canaletta lungo il confine fra le discariche Chivasso 2 e Chivasso 3 e del relativo punto di scarico nella Gora di Chivasso (punto di scarico n. 1) come meglio dettagliato nella descrizione e negli schemi planimetrici riportati al successivo capitolo 5.

4.1.3 Opere di risagomatura

Ai fini dell'allestimento dell'invaso in progetto, inoltre, saranno necessarie fondamentalmente opere di movimento terre per l'asportazione del terreno agrario del capping esistente e di rimodellamenti morfologici.

Più nel dettaglio dovranno essere asportati 70 cm di terreno agrario da gran parte della superficie di Chivasso 2 (con le eccezioni descritte al precedente paragrafo 3.1), su un'estensione di circa 100.000 m², mentre sulla porzione di Chivasso 3 interessata dal progetto, laddove già presente, dovrà essere asportato uno spessore di terreno agrario pari a 1 m (allo stato attuale, l'area di capping definitivo di Chivasso 3 ricompresa nell'area del presente intervento, ammonta a circa 4.000 m²): dovranno essere, pertanto, asportati circa 70.000 m³ di terreno agrario dalla superficie di Chivasso 2 e circa 4.000 m³ da Chivasso 3.

I rimodellamenti morfologici riguarderanno l'adeguamento delle scarpate perimetrali di Chivasso 2 alla pendenza di 21,8° in luogo della attuale, variabile e con massimi di 15-18° (ridottasi nel tempo per effetto del cedimento dei rifiuti abbancati), e la realizzazione di un sottofondo di idonea pendenza (2%) atto alla stesura degli strati di impermeabilizzazione sui due “fondo vasca”, rispettivamente nella fascia compresa tra Chivasso 2 e Chivasso 3, e nella porzione sub pianeggiante di Chivasso 2 dove la presenza dei tralicci non ha in passato consentito l'abbancamento dei rifiuti.

Tali risagomature comporteranno l'impiego di circa 200.000 m³ di inerte terroso di idonee caratteristiche geotecniche. In tale applicazione potranno trovare impiego i materiali di scavo derivanti dalla realizzazione dell'adiacente impianto Wastend, e terre e rocce da scavo o rifiuti

inerti costituiti da materiali ghiaioso – terrosi non contaminati, caratterizzati da codice CER 010408, 010409, 010413, 010504, 170504, 170508, previa verifica dell'idoneità delle caratteristiche geotecniche (da confrontarsi con l'angolo di attrito di 35° utilizzato nelle verifiche di stabilità allegate alla relazione geologica e geotecnica).

Prima di procedere all'impermeabilizzazione di fondo dell'area destinata all'abbancamento dei rifiuti, occorrerà, inoltre, procedere alla modifica delle teste dei pozzi di estrazione del biogas esistenti in modo da minimizzare l'altezza fuori terra degli stessi e realizzando nuovi allacci alle sottostazioni di regolazione del biogas esistenti.

Nello specifico, per ciò che concerne i pozzi che ricadono al di sotto della nuova impermeabilizzazione della discarica Chivasso 2.1, verranno realizzate delle tubazioni di collettamento alle sottostazioni di regolazione esistenti, immerse all'interno di uno strato di materiale ghiaioso drenante della potenza di circa 20 cm, al di sopra del quale potrà essere realizzato l'allestimento dei nuovi strati impermeabilizzanti. Per ogni pozzo, al fine di limitare il punzonamento che questo potrebbe provocare sulla nuova impermeabilizzazione, verrà effettuato uno scavo nel corpo rifiuti, di profondità pari a circa 2,5 m, che sarà riempito da pneumatici triturati. Inoltre, per ogni testa pozzo è previsto il collegamento di due tubazioni, di convogliamento del biogas, in modo da garantire la continuità del funzionamento del pozzo di estrazione in caso di rottura o danneggiamento di una delle due tubazioni. Si veda a tal proposito la tavola integrativa *"int_tavola_60 discarica"*.

Invece, per ciò che riguarda i pozzi di estrazione esterni alla discarica Chivasso 2.1, che ricadono al di sotto dei rilevati costituiti dal materiale di riporto, questi verranno prolungati, mediante tubazione cieca, al di fuori del rilevato stesso. Laddove è presente il capping costituito dai teli geosintetici, verrà realizzato un "messicano", al fine di non interrompere il sistema di impermeabilizzazione sommitale. Per i dettagli si rimanda alla tavola integrativa *"int_tavola_61 discarica"*.

La recinzione non necessita di adeguamenti, dato che tutti gli interventi previsti sono all'interno della recinzione esistente.

4.1.4 Rimozione tralicci di Terna e di Ferrovie dello Stato

Come illustrato in *Tav. 06_T04 "Planimetria opere preparatorie"*, l'allestimento del secondo lotto della nuova Chivasso 2.1 in progetto richiederà la rimozione di due tralicci a servizio delle Ferrovie dello Stato ed un traliccio di Terna, attualmente presenti all'interno dell'area di intervento.

La fattibilità di tali rimozioni è già stata data dagli enti gestori, i quali hanno allo studio soluzioni possibili compatibili con la morfologia finale di Chivasso 2.1.

È già stata, altresì, preventivamente verificata l'assenza di interferenze tra la linea di RFI e la linea di TERNA, dopo la sopraelevazione di entrambe le linee, come schematizzato dalla figura seguente.

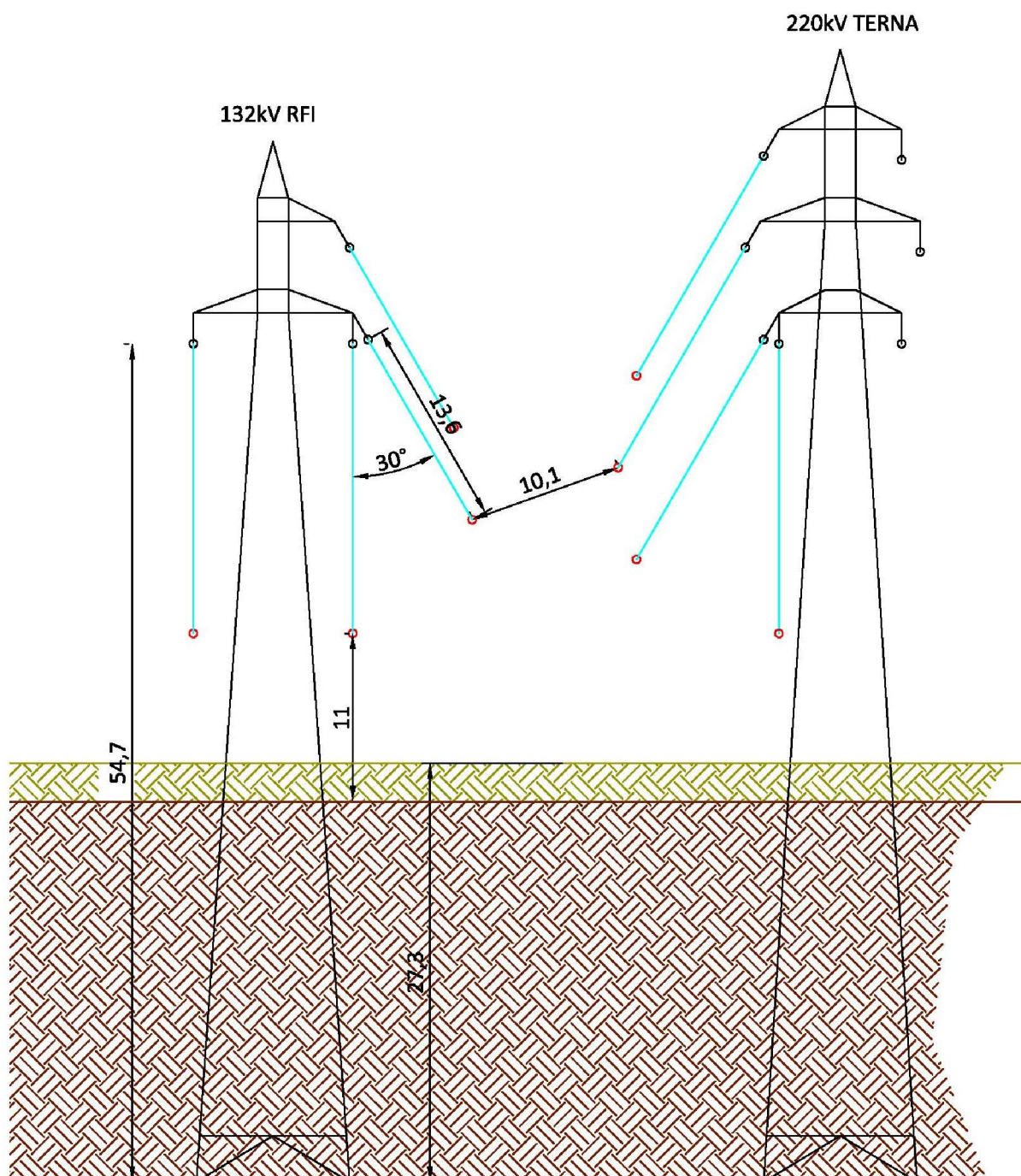


Figura 4-1. Sezione trasversale delle linee elettriche, con verifica dell'assenza di interferenze fra le due linee.

La sezione – tipo di seguito riportata illustra la possibilità di rimuovere ulteriori due tralicci oltre a quelli posti all'interno dell'area di intervento, sostituendoli con altri, posizionati esternamente alla vasca di Chivasso 2, di dimensioni ed altezza idonee a consentire il superamento delle quote di stato finale del rilevato con il franco di sicurezza previsto dalle normative vigenti in materia, e a realizzare il raccordo con la linea esistente.

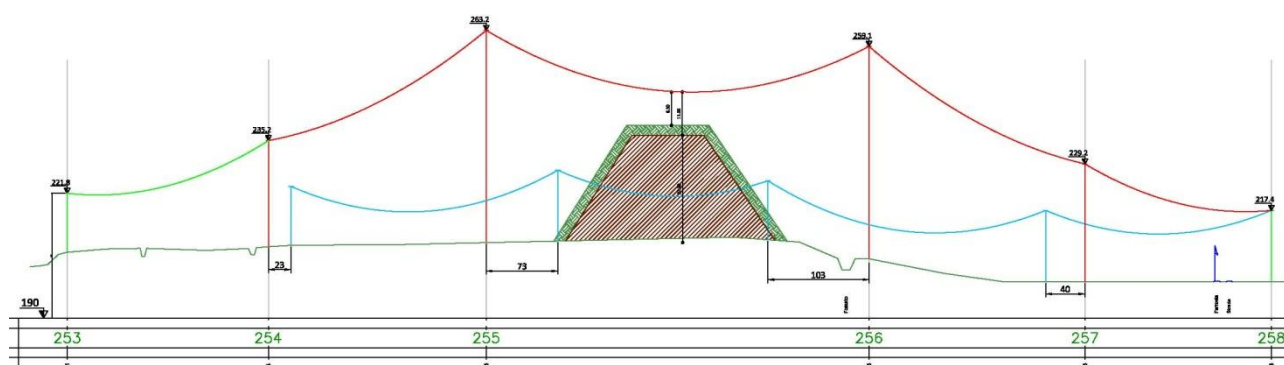


Figura 4-2. Profilo schematico della sopraelevazione della linea elettrica.

4.2 Rifacimento del capping di Chivasso 2

La superficie dei settori pianeggianti di Chivasso 2, ad esclusione delle aree interessate dalla nuova impermeabilizzazione di fondo vasca finalizzata all'abbancamento di rifiuti in sopraelevazione, sarà sottoposta a rifacimento del capping esistente.

Previa asportazione dei soprassuoli arboreo - arbustivi presenti, nonché dello strato di terreno agrario, si procederà, ove necessario, agli interventi di rimodellamento morfologico (cfr. Tav. 6_T04) e successivamente al rifacimento del capping mediante la disposizione dei seguenti strati:

- un manto bentonitico;
- una geomembrana HDPE di spessore 1,5 mm;
- un geocomposito drenante, costituito da un nucleo di georete estrusa (HDPE) e da un geotessile non tessuto, per le acque superficiali in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere sottostanti;
- una geostuoia "aggrappante";
- uno strato di terreno naturale agrario con $s > 70$ cm, volto a fornire un'adeguata protezione alle barriere sottostanti contro l'erosione e le escursioni termiche;
- uno strato di terreno vegetale di spessore pari ad almeno 30 cm in grado di accogliere la vegetazione finale.

4.3 Opere di allestimento

4.3.1 Opere di movimento terra

Le opere di movimento terra possono essere considerate come semplici risagomature, finalizzate ad incrementare la pendenza delle scarpate di Chivasso 2, assestatisi su deboli pendenze (circa 15-18°), per ottenere una maggiore superficie da impermeabilizzare a costituire un nuovo "fondo

vasca” per la sopraelevazione in progetto ed ottimizzare, così, la capacità ricettiva di aree già attualmente interessate dall’abbancamento di rifiuti.

Gli scavi consisteranno, come già detto al precedente paragrafo, essenzialmente nella rimozione di 70 cm di terreno agrario del capping di Chivasso 2, prima di eseguire le risagomature sopra citate, e di 1 m di terreno agrario di Chivasso 3 laddove, all’interno dell’area di progetto sia già stato eventualmente completato il capping.

I veri e propri scavi di sbancamento riguarderanno solo una piccola parte del primo lotto in allestimento, nella porzione Est della fascia di separazione tra Chivasso 2 e Chivasso 3, per una superficie pari a circa 850 m² ed una volumetria di scavo di circa 500 m³ (cfr. *Tav. 06_T07 Sezioni di allestimento*, sezione B-B).

4.3.2 Struttura del fondo vasca e delle scarpate

La progettazione di una discarica deve soddisfare, innanzitutto, le condizioni necessarie per impedire l’inquinamento del terreno, delle acque sotterranee o delle acque superficiali e deve assicurare un’efficiente raccolta del percolato.

A causa dei meccanismi di trasformazione biochimica ad opera di batteri aerobici, anaerobici e anossici e dei fenomeni di precipitazione meteorica, infatti, i rifiuti posti in discarica danno luogo alla formazione di percolato e biogas. Ciò può determinare un impatto negativo sull’ambiente circostante, a meno che non si adottino accorgimenti idonei ad impedirne le possibili ripercussioni.

Il pacchetto di impermeabilizzazione della discarica in oggetto è stato progettato, quindi, in modo da porsi nelle migliori condizioni di sicurezza, conformemente ai dettami del D.Lgs. 36/2003, con un’ulteriore perfezionamento consistente nell’incremento dello spessore dell’impermeabilizzazione minerale sul fondo vasca fino a 1,5 metri, in luogo del limite minimo di 1 metro previsto dalla normativa.

Pertanto, in analogia con la discarica Chivasso 3 già esistente, l’impermeabilizzazione sarà costituita da uno strato di argilla dello spessore di 1,5 m, rullata e compattata, e da criteri costruttivi distinti per il catino di fondo, le pareti e la copertura comunque progettati nel rispetto dei criteri definiti dall’allegato 1 del D.Lgs 36/03.

La struttura impermeabilizzante dei catini di fondo avverrà, quindi, procedendo, dal basso verso l’alto, mediante:

- stesura di un geotessile non tessuto da 300 g/mq;
- stesura di uno strato naturale di argilla di spessore non inferiore ad 1,50 m e coefficiente di permeabilità $K \leq 1 \times 10^{-9}$ m/sec; tale strato dovrà essere disposto in strati ben compattati da 20 cm, così come previsto dalla Direttiva Comunitaria 31/199/CE, recepita dal D.Lgs. n. 36/2003 al paragrafo 2.4.2. dell’allegato 1. La compattazione sarà preferibilmente effettuata mediante macchina ad azione statica con rullo in modo da compenetrare le zolle e compattare il terreno in profondità. Durante la fase di compattazione il terreno dovrà essere in condizioni di saturazione con acqua;

- stesura di una geomembrana sintetica in HDPE dello spessore di 2 mm;
- stesura di un ulteriore geotessile non tessuto da 300 g/mq, per la protezione meccanica della geomembrana. Il TNT disposto sul fondo permetterà infatti ai mezzi operativi, durante la realizzazione dell'impianto, di poter transitare sul liner stesso senza creare lacerazioni durante la fase di disposizione dello strato drenante di fondo, costituito da materiale drenante;
- stesura di uno strato di materiale drenante di circa 50 cm (50 cm di ghiaia lavata, priva di spigoli vivi) sul solo fondo vasca (sulle pareti, in fase gestionale, sarà posto in opera uno strato di PFU intasati di materiale inerte ad ulteriore protezione della geomembrana).

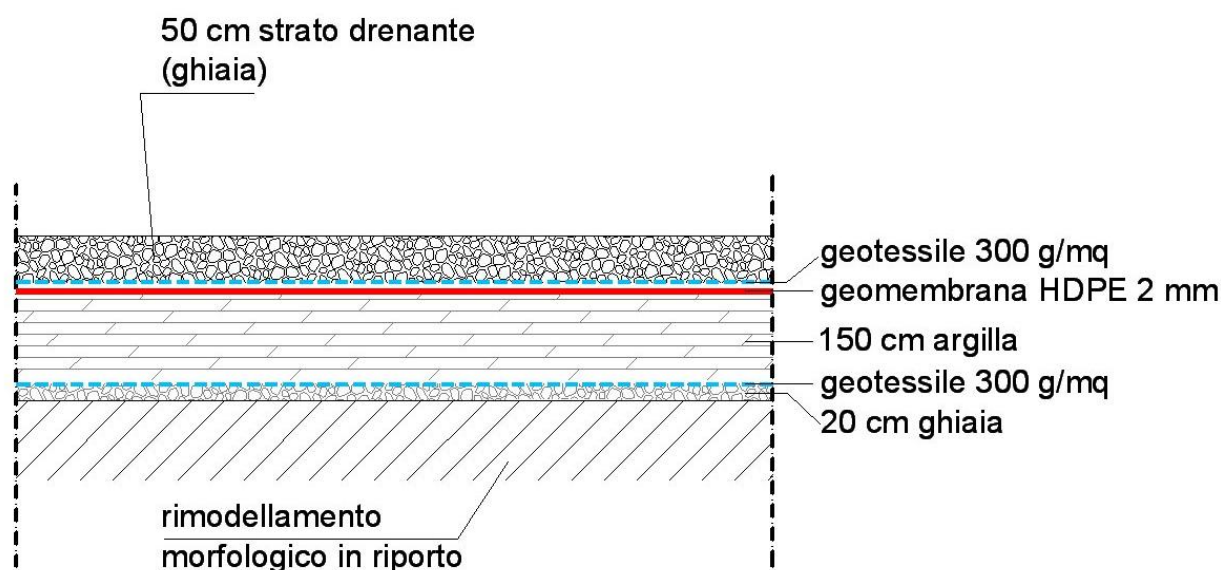


Figura 4-3. Particolare dell'impermeabilizzazione del catino dell'invaso

La struttura impermeabilizzante delle nuove sponde del bacino che si viene a creare avverrà, procedendo dal basso verso l'alto, mediante:

- stesura di uno strato naturale di argilla di spessore non inferiore ad 1,50 m e coefficiente di permeabilità $K \leq 1 \times 10^{-9}$ m/sec; tale strato dovrà essere disposto in strati ben compattati da 20 cm, così come previsto dalla Direttiva Comunitaria 31/199/CE, recepita dal D.Lgs. n. 36/2003 al paragrafo 2.4.2. dell'allegato 1. La compattazione sarà preferibilmente effettuata mediante macchina ad azione statica con rullo in modo da compenetrare le zolle e compattare il terreno in profondità; durante la fase di compattazione il terreno dovrà essere in condizioni di saturazione con acqua;
- stesura di una geomembrana sintetica in HDPE dello spessore di 2 mm;
- stesura di un geotessile non tessuto da 300 g/mq, per la protezione meccanica della geomembrana;

- stesura di PFU intasati di materiale inerte (in fase gestionale, ad ulteriore protezione della geomembrana) ⁽⁴⁾.

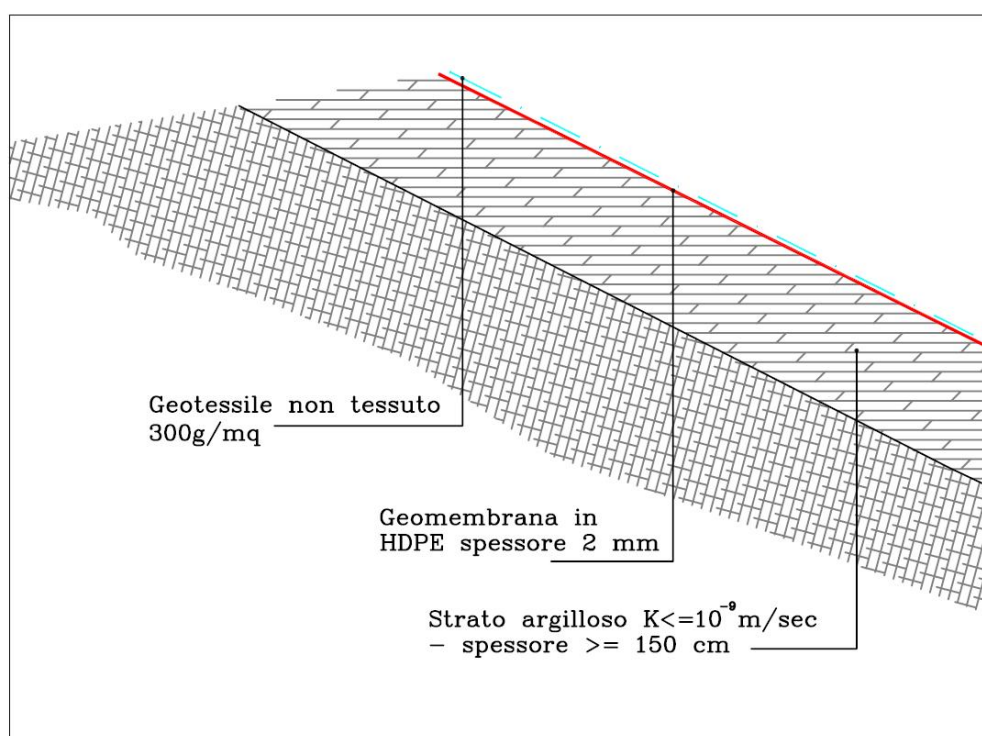


Figura 4-4. Particolare dell'impermeabilizzazione delle scarpate in progetto ⁽⁵⁾

Per ciò che concerne, invece, le scarpate esistenti, poggianti sulle discariche Chivasso 2 e Chivasso 3 la nuova impermeabilizzazione prevede soltanto 100 cm di argilla, con al di sopra un telo in Hdpe dello spessore di 2 mm ed un geotessile di grammatura pari a 300 gr/m², poiché resta inalterato lo strato impermeabilizzante del capping delle discariche esistenti, costituito da argilla per Chivasso 2 e dal manto bentonitico per Chivasso 3, oltre ovviamente all'impermeabilizzazione di fondo delle stesse discariche Chivasso 2 e Chivasso 3.

⁽⁴⁾ N.B.: nello schema grafico di fig. 4.4. non è rappresentato lo strato di pneumatici intasati con inerti, perché tale strato non è considerato opera di allestimento, ma accorgimento gestionale per evitare il danneggiamento delle scarpate, da realizzarsi progressivamente, in parallelo con la deposizione dei rifiuti.

⁽⁵⁾ Vedi nota alla pagina precedente.

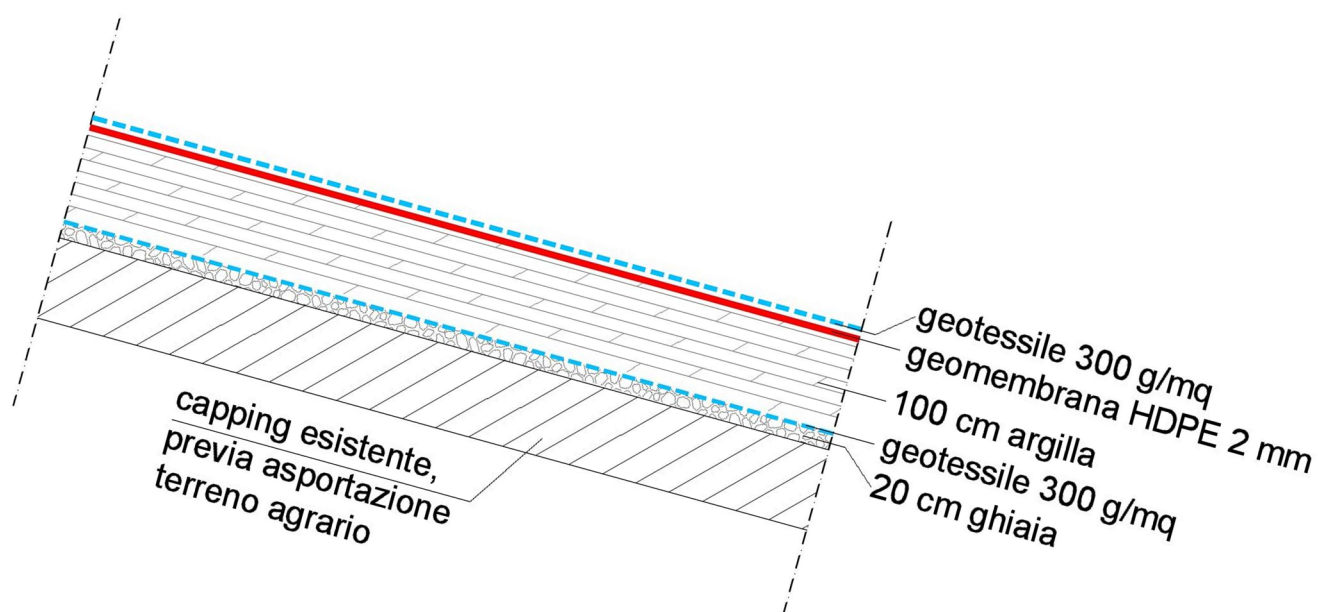


Figura 4-5. Particolare dell'impermeabilizzazione delle scarpate esistenti

Anche in questo caso, in fase di gestione le scarpate verranno via via ricoperte di pneumatici fuori uso intasati con inerti fini, prima della posa dei rifiuti, in modo da evitare che questi ultimi possano danneggiare la geomembrana, secondo lo schema già adottato nelle discariche attualmente in esercizio, ed esemplificato dalla fotografia che segue.



Figura 4-6. Esempio di rivestimento delle scarpate con pneumatici fuori uso intasati con inerti fini

Conformemente alle regole dell'arte consolidatesi negli ultimi anni a livello internazionale, la geomembrana sarà posata a diretto contatto con l'argilla sottostante, senza l'interposizione di uno strato drenante.

Si veda per maggiori dettagli il particolare riportato sulla *Tav. 06-T15-Particolare dei pozzi di estrazione del percolato*.

Si riportano inoltre i particolari relativi alle modalità di ancoraggio del sistema di impermeabilizzazione del fondo e delle sponde, in relazione alle differenti casistiche presenti presso l'impianto (Cfr. *"int_tavola_59 discarica".- Particolari di ancoraggio dei teli del sistema di impermeabilizzazione di fondo vasca e scarpate*).

4.3.3 Impermeabilizzazione minerale

Su tutto il fondo e sulle nuove scarpate dell'invaso, preliminarmente sagomate con pendenza pari a 26,6° sull'orizzontale, dovrà essere steso uno strato di materiale limoso - argilloso, di spessore non inferiore ad 1,5 metri.

Sull'estradosso delle scarpate delle discariche esaurite Chivasso 2 e Chivasso 3 (al di sopra del capping esistente, previa asportazione del terreno agrario) lo strato di impermeabilizzazione minerale dovrà essere non inferiore a 1,0 m.

L'idoneità del materiale dovrà essere accertata preventivamente, sia con delle prove di classificazione che con delle prove di permeabilità.

I requisiti orientativi richiesti per raggiungere un'accettabile lavorabilità del materiale sono i seguenti:

- la percentuale di materiale fine (passante al setaccio 200 ASTM) non dev'essere inferiore al 25 %;
- l'indice di plasticità dev'essere compreso tra il 10 ed il 50 %;
- la percentuale di ghiaia deve superare il 40 %;
- le dimensioni massime dei grani deve risultare pari a $25 \div 50$ mm.

I valori relativi al coefficiente di permeabilità, rilevati in laboratorio su provini compattati artificialmente fino al 95% della massima densità Proctor, dovranno essere minori o uguali a 10^{-7} cm/s. Le misure relative a questo parametro idraulico dovranno essere eseguite in laboratorio su campioni appositamente prelevati nella cava di prestito.

La metodologia di misura dovrà determinare il valore di permeabilità per via diretta. All'atto della stesura, il materiale dovrà possedere un grado di umidità opportuno: per tale motivo sarà necessario, in funzione delle condizioni meteorologiche, umidificare oppure proteggere dall'acqua il materiale impermeabile, sulla base dei risultati di prove di rullatura eseguite su campo prova in situ.

L'argilla andrà stesa per strati, coprendo di volta in volta la maggior superficie possibile. Successivamente, per ogni strato così steso, verrà operata un'adequata compattazione, impiegando

un rullo statico del peso minimo di 10 t; per ogni strato dovranno essere eseguiti almeno 8 passaggi incrociati di rullo. Sarà inoltre opportuno che la compattazione venga rifinita con almeno 2 passaggi di rullo dinamico.

Le prescrizioni riportate sono puramente indicative e potranno essere modificate, richiedendo, in particolare, un maggior numero di passaggi se le verifiche “in situ” evidenzieranno un non soddisfacente grado di addensamento del materiale.

Il grado di addensamento e la permeabilità del materiale steso e compattato andranno controllati con la frequenza di 1 rilevazione completa ogni 400 m³.

Tale rilevazione comprenderà:

- analisi granulometrica del materiale;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- densità ed umidità in situ;
- prova di costipamento del materiale, con l'ottenimento della curva "densità- contenuto d'acqua" secondo il metodo Proctor Standard;
- misura del coefficiente di permeabilità per via diretta.

In base ai risultati ottenuti, sarà così possibile apportare le necessarie correzioni affinché lo strato impermeabile del fondo della discarica possieda le caratteristiche geomeccaniche ed idrauliche previste dalle specifiche.

Al termine dei lavori di posa del sottofondo argilloso, la superficie del fondo-vasca dovrà avere la conformazione indicata sulla planimetria di progetto (*Tav. 06-T05*). Tale geometria è stata definita in modo che, in corrispondenza di ciascun impluvio, si abbia una pendenza non inferiore al 2% perpendicolarmente al tubo di drenaggio ed una pendenza ancora non inferiore al 2% longitudinalmente al tubo stesso. Ne consegue che in realtà la linea di massima pendenza è orientata obliquamente rispetto al tubo e la pendenza effettiva della superficie impermeabilizzata è sempre almeno pari al 2,83% circa.

4.3.4 Impermeabilizzazione con geomembrana

Per l'impermeabilizzazione principale della discarica (fondo e scarpate) si prevede l'adozione di uno strato di geomembrana in HDPE, dello spessore di 2 mm (da determinarsi con metodologia UNI 8202/6, con una tolleranza del $\pm 10\%$).

Al fine di limitare il numero delle saldature necessarie, la geomembrana sarà posta in opera in fogli di larghezza non inferiore a 5 m, privi di presaldature. Le giunzioni tra i fogli avverranno mediante saldatura a doppia pista; le saldature saranno, quindi, collaudate mediante prove non distruttive ad aria compressa. Ogni 300 m circa di saldatura si provvederà, inoltre, al prelievo di un campione per la prova di “peeling” (sfogliamento).

Si rimanda all'apposito fascicolo per la descrizione dettagliata delle specifiche tecniche e delle modalità di posa e di collaudo della geomembrana.

L'ancoraggio dello strato di geomembrana sul ciglio dell'invaso avverrà attraverso il sistema della "trincea di zavorramento". Sul perimetro dell'invaso sarà predisposta, pertanto, una fossa trapezoidale, della profondità di 80 cm e della larghezza di 1 metro circa, all'interno della quale sarà rivoltata la geomembrana; la trincea sarà quindi riempita con terreno naturale compattato.

Le quote altimetriche della geomembrana saranno quelle riportate in *Tav. 06-T05*, mentre i particolari di ancoraggio sono riportati sull'elaborato integrativo "*int_tavola_59 discarica*".

Dopo il completamento dell'impermeabilizzazione e la stesura dello strato drenante si provvederà anche al collaudo geoelettrico del fondo dell'invaso, al fine di individuare anche lesioni di piccole dimensioni, esterne alle zone di saldatura, quali ad esempio quelle derivanti da fenomeni di "punzonamento" del telo all'atto della messa in opera.

4.4 Sistema di drenaggio e prelievo del percolato

Sui "fondo-vasca" in progetto, sopra la geomembrana, sarà deposto un geotessuto non tessuto, con grammatura non inferiore a 300 g/m^2 , avente lo scopo di proteggere il telo da eventuali urti o graffi derivanti dalle operazioni successive.

Sopra di questo sarà deposto uno strato di 50 cm di materiale drenante, costituito da ghiaia sciolta lavata, con lo scopo di favorire il deflusso del percolato verso il sistema di prelievo. La ghiaia, a bassa componente calcarea, che verrà utilizzata dovrà essere caratterizzata da una pezzatura variabile tra 16 e 64 mm, con percentuale di passante al vaglio 200 ASTM inferiore al 5%, tale da garantire una conducibilità idraulica $k > 10^{-4} \text{ m/s}$.

L'asse di compluvio sul fondo vasca della discarica sarà attraversato, longitudinalmente, da un doppio tubo microfessurato in HDPE rigido a doppia parete, con diametro pari a 200 mm, poggiato all'interno dello strato ghiaioso e alloggiato sull'asse di impluvio con immersione E-W per il "fondo vasca" compreso tra Chivasso 2 e Chivasso 3 e con immersione W-E per il "fondo vasca" di Chivasso 2 (quest'ultimo parzializzato in due settori).

Si realizzeranno, di fatto 3 compluvi che ospiteranno ciascuno due tubi di drenaggio affiancati, che convoglieranno il percolato raccolto all'interno dei tubi stessi a 3 pozzetti da cui dovrà essere prelevato. Il deflusso del percolato verso i pozzetti viene prodotto sfruttando la pendenza longitudinale del 2 % realizzata sul fondo di ciascun compluvio. L'adozione, su ciascun compluvio, di due tubi di drenaggio affiancati, consente di minimizzare il rischio conseguente ad eventuali intasamenti o schiacciamenti del dreno, garantendo anche in tal caso un'efficace asportazione del percolato.

I 3 nuovi manufatti di prelievo del percolato saranno analoghi a quelli dei pozzi già esistenti sulla discarica Chivasso 3, schematizzati in *Tav. 06_T15*. Essi sono costituiti da un pozzo inclinato lungo la parete della vasca, realizzato con un tubo in HDPE del diametro di 400 mm debitamente ancorato. All'interno del pozzetto di prelievo sarà calata l'elettropompa sommersa per il prelievo del percolato, munita di apposite rotelle per consentire una sua agevole discesa fino al fondo del tubo.

Al fine di favorire ulteriormente il convogliamento del percolato verso i “fondo-vasca” in progetto, sono stati inseriti alcuni dreni lungo le sponde delle discariche esistenti e sulle superfici sub-pianeggianti (si veda a tal proposito la *Tav. 06-T06 - Planimetria di allestimento – Piano di posa dei rifiuti*).

4.5 Opere accessorie

4.5.1 Caratteristiche generali

Con questa definizione si individuano alcune opere sussidiarie, ma indispensabili per una corretta gestione della discarica, che si concentrano generalmente nell’area denominata “area servizi”. Nel caso in esame, trattandosi, di fatto, di una sopraelevazione e raccordo morfologico tra discariche esistenti, l’area servizi e molte delle opere accessorie necessarie ad una corretta gestione della discarica, sono già presenti.

In merito alle opere accessorie esistenti, funzionali al comprensorio delle discariche di Reg. Pozzo, si osserva quanto segue:

- non verranno apportate sostanziali modifiche all’attuale recinzione;
- non sono previste modifiche né alla viabilità di accesso all’area servizi esistente (piazzale situato tra la discarica Chivasso 3 e la Chivasso 1) né alla viabilità interna;
- la stazione meteo rimane ove attualmente localizzata;
- gli impianti di pesatura rimarranno in prossimità del cancello di ingresso, così come la piattaforma per il lavaggio pneumatici;
- l’area servizi esistente rimarrà sul piazzale situato tra la discarica Chivasso 3 e la Chivasso 1.

Saranno, invece, soggetti a modifiche, adeguamenti o riposizionamenti:

- la rete di raccolta delle acque meteoriche;
- le reti elettriche e di illuminazione;
- i presidi antincendio (riposizionamento termocamere);
- il sistema di convogliamento del percolato;
- le reti trasporto e collettamento, primaria e secondaria, dei flussi di biogas;

4.5.2 Pozzi piezometrici

La falda idrica sotterranea è già oggetto di un continuo e accurato monitoraggio qualitativo, in riferimento ai settori di discarica già esistenti. Periodicamente sono effettuate analisi di campioni prelevati dai pozzi che costituiscono l’attuale rete di monitoraggio delle acque di falda.

Nel mese di febbraio 2015 è stata consegnata agli Enti la “Relazione tecnica di approfondimento in merito ai superamenti dei livelli di guardia per ammoniaca e nichel nei piezometri S13 ed S24”, redatta dalla Golder Associates. Tali piezometri sono ubicati a valle idrologica delle discariche

Chivasso 1 e Chivasso 3, pertanto, lo studio aveva lo scopo di individuare l'eventuale correlazione tra il battente di percolato misurato nelle discariche e i superamenti dei limiti di concentrazione per i parametri Nichel e Azoto ammoniacale misurati nei piezometri S13 ed S24. L'analisi effettuata dalla Golder nella suddetta relazione conclude che per la discarica Chivasso 3 non sussistono correlazioni tra i parametri analizzati, mentre si può rilevare una correlazione tra la concentrazione dell'ammoniaca nei due piezometri e l'andamento del battente di percolato misurato in alcuni pozzi della discarica Chivasso 1. Inoltre, mentre la discarica Chivasso 3 è dotata di un'impermeabilizzazione sul fondo e sulle scarpate costituita da argilla ($s = 1,5$ m) e telo in Hdpe, la discarica Chivasso 1 presenta le scarpate impermeabilizzate soltanto mediante un telo in Hdpe. È inoltre da escludere l'interferenza con la discarica Chivasso 2, in quanto quest'ultima si trova a valle idrologica rispetto ai piezometri analizzati.

Il presente progetto non prevede alcuna modifica al sistema di monitoraggio della falda presente in sito. Pertanto tutti i piezometri continueranno ad essere soggetti a periodici campionamenti ed analisi, secondo quanto previsto dall'autorizzazione e dal progetto di Messa in Sicurezza approvato.

4.5.3 Recinzione

L'area in oggetto risulta dotata di una adeguata recinzione atta ad impedire l'accesso a persone non autorizzate e/o ad animali.

La recinzione è costituita da:

- rete metallica a maglia romboidale 50x50 mm;
- paletti di sostegno in profilato metallico posti con un interasse di 2,00 m su fondazione adeguata;
- fili tenditori in acciaio e sostegni capisaldi;

Tale recinzione interessa l'intero comprensorio di discarica in oggetto.

Le vie di accesso alla discarica sono quelle già esistenti e non si prevede per esse alcuna modifica.

4.5.4 Palazzina uffici, area lavaggio mezzi, pesa

Sul lato Nord-Est dell'attuale piazzale di discarica, tra la Chivasso 3 e la Chivasso 1, si sviluppa l'area adibita ai servizi della discarica. I fabbricati di servizio comprendono principalmente un fabbricato uffici ed un fabbricato spogliatoi. Nel prefabbricato uffici trovano ubicazione: l'ufficio della direzione, l'ufficio tecnico, la sala riunioni, la reception, gli altri uffici, i servizi igienici. L'altro prefabbricato, di dimensioni minori, è adibito a spogliatoio.

Gli impianti di pesatura sono ubicati in prossimità del cancello di ingresso, così come la piattaforma per il lavaggio pneumatici.

Tali strutture non subiranno modifiche in relazione all'intervento in progetto, mentre alcuni di essi potranno, eventualmente, essere smantellate in un secondo tempo, allorché saranno entrati pienamente in esercizio i nuovi impianti di trattamento del complesso "Wastend", soprattutto

nell'eventualità (non ancora contemplata dal presente progetto) che in futuro si riesca a creare un accesso diretto fra la parte impiantistica e la discarica, senza interessare la viabilità esterna.

4.5.5 Termocamere

Le termocamere presenti nella discarica di Chivasso sono dispositivi mobili, autoalimentati da pannelli fotovoltaici e dotati di collegamento Wi-Fi, che permettono il controllo del calore emanato dal corpo rifiuti, consentendo di individuare un potenziale focolaio di incendio. Le posizioni attuali delle termocamere sono indicate in blu nell'estratto planimetrico di fig. 4.8. A seguito dell'intervento in progetto sarà possibile ricollocarle in punti ritenuti maggiormente significativi via via che la coltivazione della discarica procede. In rosso sono indicate le possibili posizioni iniziali di tali dispositivi.



Figura 4-7. Vista di una delle termocamere attualmente installate sulla discarica

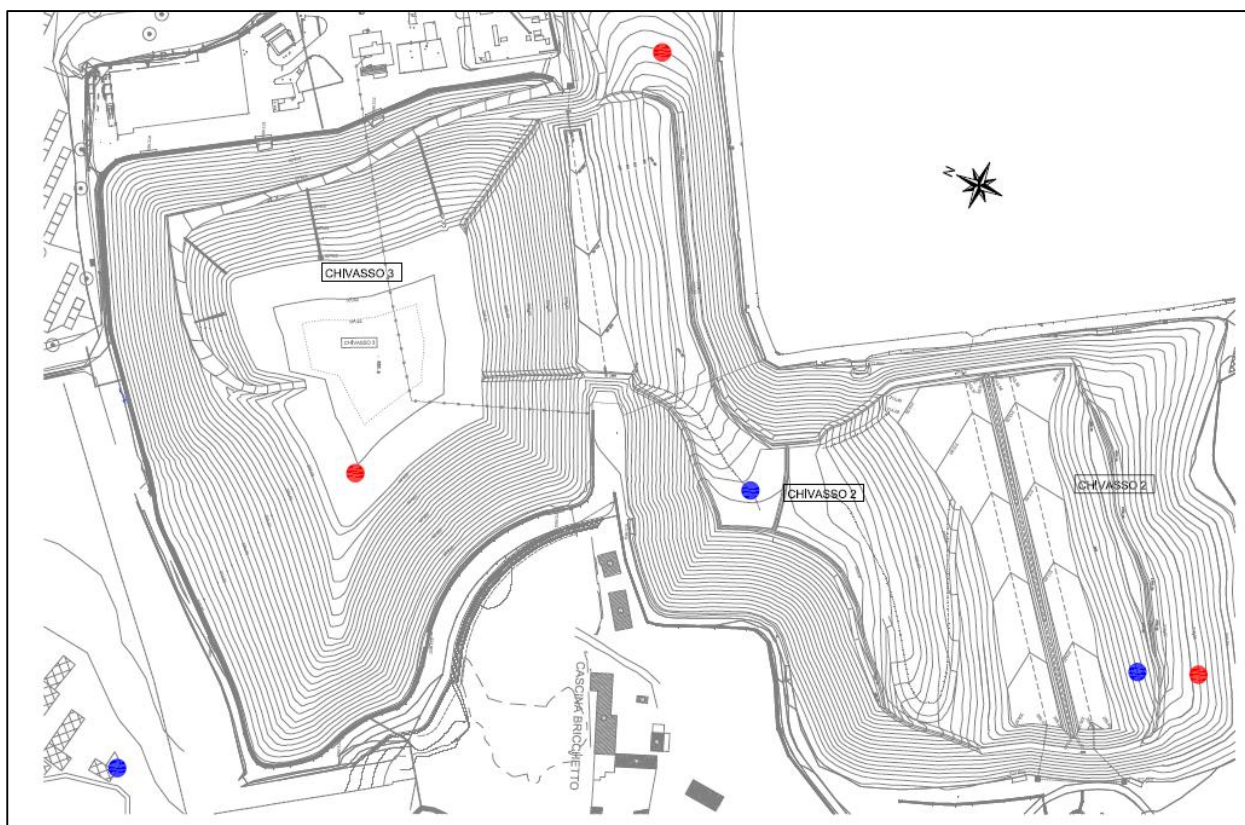


Figura 4-8. Estratto planimetrico con l'ubicazione delle termocamere
(in blu sono rappresentate le posizioni attuali, in rosso quelle di progetto)

5 RETE DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE DI ORIGINE METEORICA

5.1 Situazione attuale

Come si evince dallo schema planimetrico allegato di seguito, allo stato attuale le 4 discariche, denominate “Chivasso 0”, “Chivasso 1”, “Chivasso 2” e “Chivasso 3”, che costituiscono il complesso delle discariche di Regione Pozzo sono perimetrate ciascuna da un proprio canale di gronda, opportunamente dimensionato, al fine di conferire le acque di origine meteorica alla rete idrica superficiale esistente, mediante 5 punti di scarico autorizzati lungo la Gora di Chivasso.

In particolare si evidenzia che le precipitazioni insistenti su:

- Chivasso 0 afferiscono allo scarico denominato 5;
- Chivasso 1 afferiscono allo scarico denominato 4 ed allo scarico 1;
- Chivasso 2 afferiscono agli scarichi 1 e 2 ed in minima parte allo scarico 3;
- Chivasso 3 afferiscono allo scarico 4 ed in minima parte allo scarico 1;

In merito al “Piano di prevenzione e gestione delle acque meteoriche” si evidenzia come esso possa permanere valido poiché non si prospettano modifiche alla gestione delle acque meteoriche nell’area delle discariche. Per completezza di riporti il “Piano di prevenzione e gestione delle acque meteoriche” approvato ed adeguato al fine di ricomprendere l’intervento in progetto.

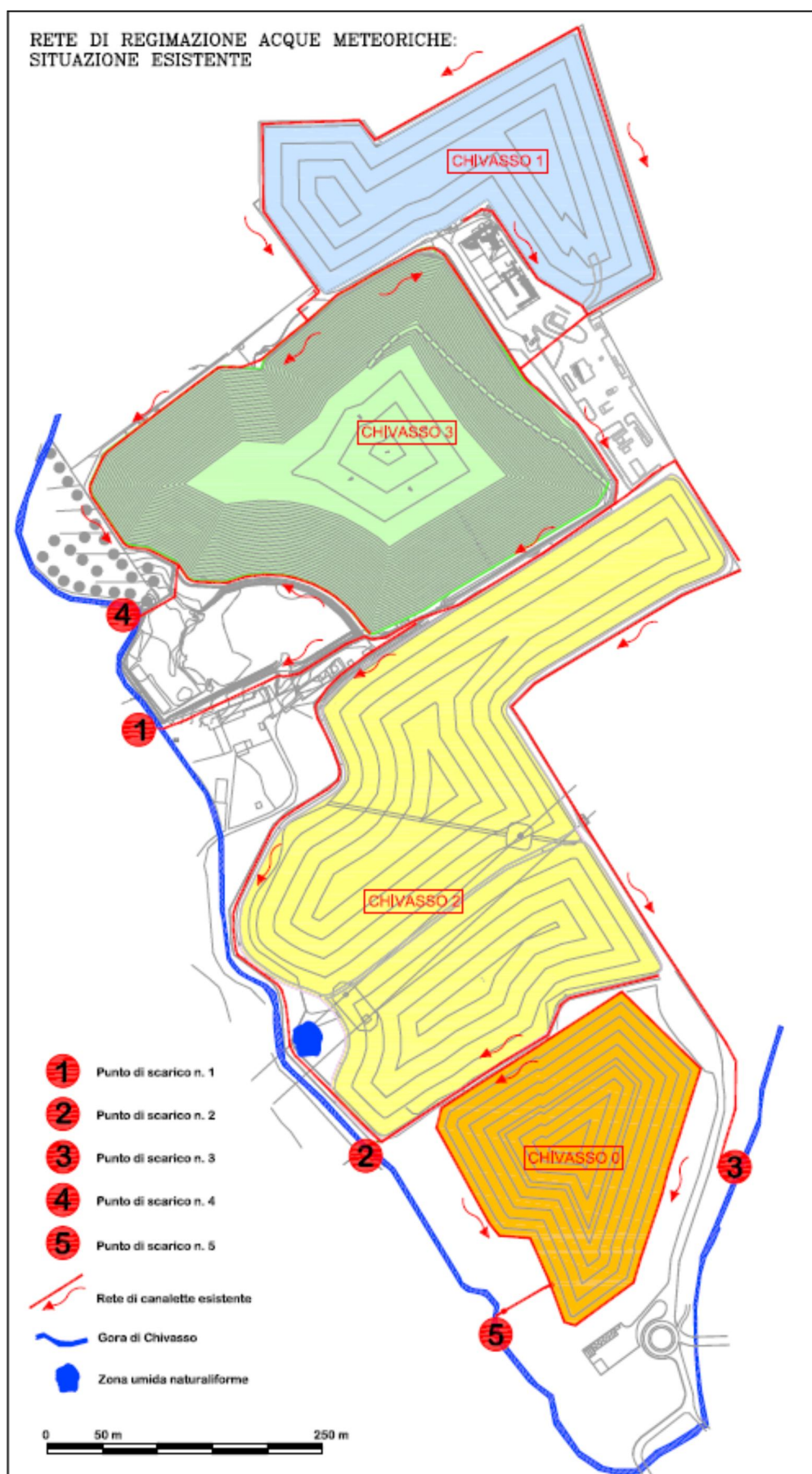


Figura 5-1. Planimetria della regimazione delle acque meteoriche – stato di fatto

5.2 Situazione di progetto

Il progetto di raccordo morfologico della discarica Chivasso 3 con la adiacente Chivasso 2, rende necessaria una revisione della rete di regimazione delle acque meteoriche insistenti sul complesso di discariche di Regione Pozzo.

Come evidenziato sullo schema planimetrico di seguito allegato, infatti, si prevede la realizzazione di nuovi tratti di canaletta e l'adeguamento di altri esistenti alle nuove portate da smaltire, derivanti dalla diversa distribuzione della rete sui vari punti di scarico.

In particolare, si configura come canaletta di nuova realizzazione il tratto denominato DE, mentre risultano da adeguare, in base alle dimensioni della sezione di deflusso e alla pendenza del piano di scorrimento, i tratti di canaletta denominati AB e BC.

In conseguenza della mutata morfologia dei luoghi, inoltre, si evidenzia che le precipitazioni insistenti su:

- Chivasso 0 continueranno ad afferire allo scarico denominato 5;
- Chivasso 1 afferiranno allo scarico denominato 4 ed allo scarico 3;
- Chivasso 2 afferiranno ai soli scarichi 2 e 3;
- Chivasso 3 afferiranno agli scarichi 4 e 3.

Ne risulta, pertanto che lo scarico 1 potrà essere eliminato, lo scarico 2 subirà un decremento di portata, lo scarico 3 subirà un incremento di portata, mentre per gli scarichi 4 e 5 la portata rimarrà invariata; si precisa che rimane invariato il bilancio totale di acque “in uscita” dal perimetro delle discariche di Regione Pozzo, poiché l'incremento di portata sullo scarico 3 bilancia il decremento sullo scarico 2 e l'eliminazione dello scarico 1, a causa della nuova differente distribuzione delle acque all'interno della rete di scolo.

Al punto di immissione 1 afferiscono, secondo il progetto autorizzato, le acque provenienti da parte della discarica Chivasso 1 ed una minima parte delle acque provenienti dalla discarica Chivasso 3. Poiché l'intervento in progetto prevede la realizzazione di un nuovo invaso in corrispondenza della pista esistente tra Chivasso 3 e Chivasso 2, durante le opere preliminari verrà dismessa la canaletta attualmente esistente in tale zona, che permette il deflusso delle acque verso il punto 1.

Pertanto, il punto di immissione 1, non ricevendo alcun apporto meteorico dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche, non verrà più utilizzato; si procederà all'asportazione della canaletta e del tratto terminale intubato (cfr. fig. 5.1), ed alla conseguente riprofilatura della sponda della Roggia di Chivasso con completamento della scogliera in massi esistente, dando comunicazione agli Enti nel momento effettivo della dismissione.

Il sistema di regimazione delle acque meteoriche esistente ed in progetto è stato riportato sugli elaborati grafici *Tav. 06-T10 - Planimetria stato finale capping* e *Tav. 06-T1 - Planimetria stato finale recupero ambientale*.

Sulla planimetria di recupero d'insieme (*Tav.06-T20 - Planimetria d'insieme del recupero ambientale*) è stata riportata inoltre l'intera rete di raccolta delle acque ed i punti di scarico, comprendente anche i lotti di discarica esauriti e non interessati dalle modifiche in progetto (Chivasso 1, Chivasso 0).

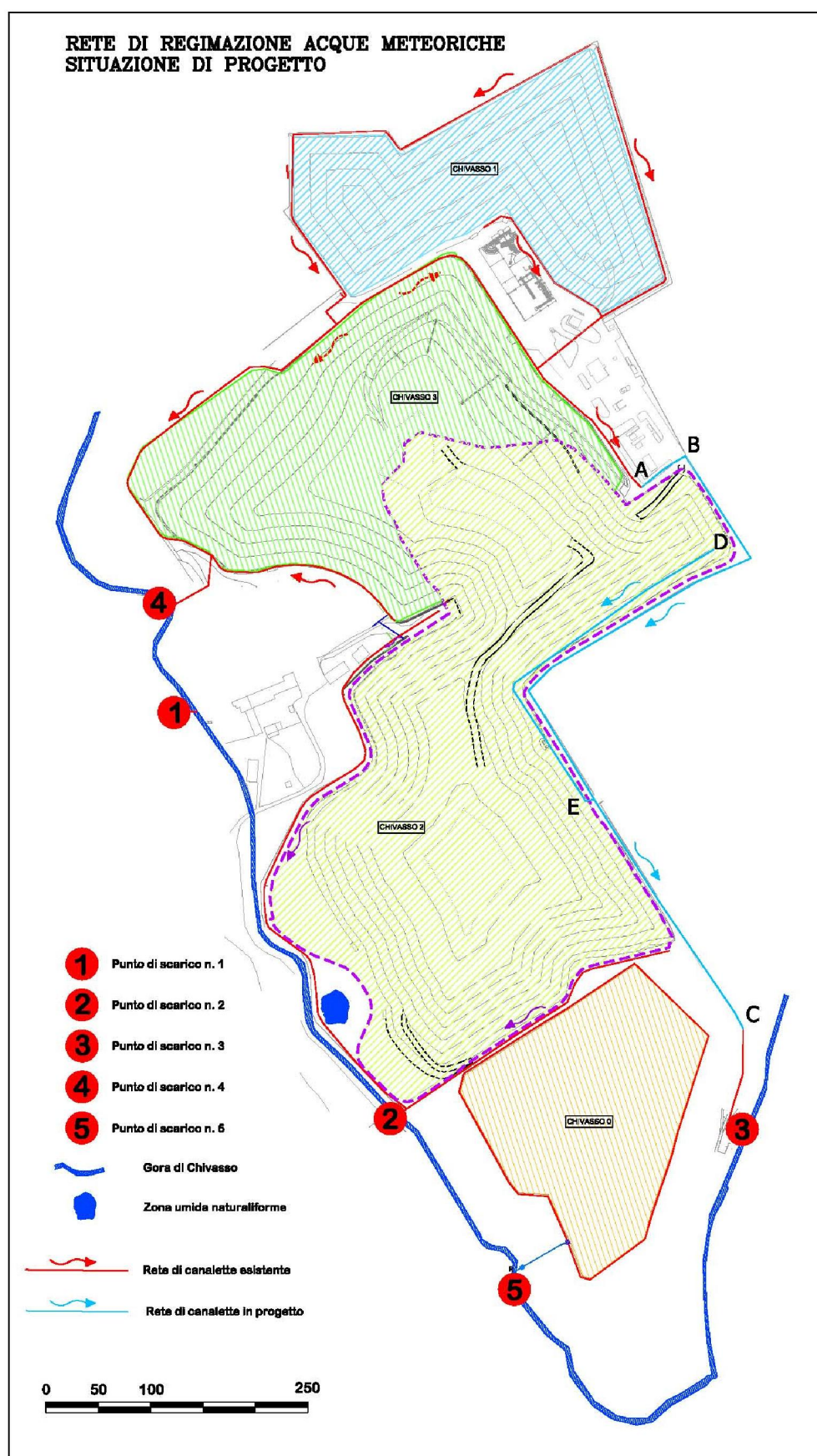


Figura 5-2. Planimetria della regimazione delle acque meteoriche – stato di progetto



Figura 5-3. Veduta dello scarico n. 1 da smantellare

5.2.1 Quantificazione degli apporti meteorici

Ai fini della regimazione delle acque meteoriche, assumono particolare importanza le precipitazioni intense e concentrate, piuttosto che la piovosità annua descritta in precedenza; in una piccola area, infatti, sono le piogge brevi ma intense che possono "saturare" il terreno, determinando notevoli ed improvvisi afflussi sulla rete di scolo.

Per lo studio delle precipitazioni intense e di breve durata, si è fatto riferimento ai dati desumibili dal "*Piano Stralcio 45*", messo a punto dall'Autorità di Bacino del F. Po con sede a Parma, ed in particolare ai risultati degli studi condotti da parte della stessa Autorità di Bacino nel sottoprogetto SP 1 - "*Piene e naturalità degli alvei fluviali*".

Questi studi hanno consentito di pervenire alla regionalizzazione delle curve di possibilità climatica, ottenute sulla base della regolarizzazione statistica delle serie storiche dei dati pluviometrici disponibili, raccolti in passato dal Servizio Idrografico Italiano: si tratta delle registrazioni pluviometriche relative mediamente ad una trentina di anni di osservazioni; le osservazioni

pluviometriche registrate presso le stazioni di misura gestite dal Servizio Idrografico contemplano i massimi afflussi meteorici rilevati anno per anno.

Queste curve di possibilità climatica sono state definite per zone omogenee nell'ambito del bacino idrografico padano, che è stato suddiviso appunto in "*Zone Pluviometriche Omogenee*".

Per le zone pluviometriche così definite, l'elaborazione statistica dei dati pluviometrici, esaminando la distribuzione asintotica del massimo valore annuo, ha consentito di calcolare le altezze di pioggia corrispondenti ai tempi di ritorno di 5, 10, 50, 100, 200 e 500 anni.

Le altezze così ottenute sono state interpolate in modo da definire il regime pluviometrico dell'area corrispondente alle diverse "*Zone Pluviometriche Omogenee*", regime che può essere espresso mediante la cosiddetta curva di possibilità climatica; quest'ultima, nella sua forma più semplice, può essere individuata, per un dato tempo di ritorno, dalla relazione esponenziale:

$$h = a \cdot t^n$$

in cui:

h = altezza di pioggia totale dell'evento meteorico [mm];

t = durata dell'evento meteorico [h].

Nelle tabelle allegate al PS 45 sono riportate, per ciascuna delle zone pluviometriche omogenee in cui è stato suddiviso il bacino padano, ed in particolare per le 23 che corrispondono al territorio piemontese, le formule per il calcolo dei parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno.

In particolare, per quanto riguarda le verifiche idrauliche da effettuarsi all'interno del comprensorio di un impianto di smaltimento rifiuti, si è ritenuto opportuno, sulla base anche delle indicazioni del Ministero dell'Ambiente e della Regione Piemonte, fare riferimento ad un tempo di ritorno di 10 anni.

In tal caso, per la curva di possibilità climatica, ricavata tenendo in considerazione che il sito di Chivasso è ubicato nella zona pluviometrica omogenea 10, si sono ottenuti i valori dei parametri:

$$a = 33,171 \cdot \ln(T_r) + 76,94 = 153,32$$

$$n = 0,091 \cdot \ln[\ln(T_r)] + 0,434 = 0,51$$

(per precipitazioni di durata superiore a 24 ore)

$$n' = 0,016 \cdot \ln[\ln(T_r)] + 0,392 = 0,41$$

(per precipitazioni di durata inferiore a 24 ore)

così da poter scrivere la formula nell'espressione:

$$h = 153,32 \cdot (t')^{0,51} = 30,32 \cdot t^{0,51} \quad (\text{per } t > 24 \text{ ore})$$

$$h = 153,32 \cdot (t')^{0,41} = 42,28 \cdot t^{0,41} \quad (\text{per } t < 24 \text{ ore})$$

dove t' e t rappresentano la durata della precipitazione, rispettivamente espressa in giorni o in ore.

Le massime portate affluenti alla rete di scolo delle acque meteoriche presso l'area in esame possono perciò essere calcolate sulla base delle caratteristiche pluviometriche così definite, utilizzando la cosiddetta "formula razionale", una volta fissati i parametri caratteristici delle aree scolanti.

5.2.2 Calcolo della portata di deflusso

La portata massima affluente alle canalette poste lungo il perimetro della vasca in progetto può essere quantificata determinando l'ampiezza e le caratteristiche geometriche dei rispettivi bacini sottesi.

La principale grandezza morfometrica da determinare è il tempo di corrivazione T_c , che può essere ottenuto mediante il metodo di calcolo di Giandotti, sulla base dei parametri geometrici del bacino sotteso, secondo la formula:

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}}$$

in cui:

S = superficie del bacino (km^2);

L = massima lunghezza del percorso liquido (km);

H = dislivello medio del percorso (m);

T_c = tempo di corrivazione (h).

Sostituendo il valore di T_c nell'equazione che definisce la curva di possibilità pluviometrica, si ottiene l'altezza di precipitazione che determina la portata massima da smaltire. La portata defluente dal bacino sotteso da ogni singola canaletta può essere quindi calcolata mediante la cosiddetta "formula razionale", espressa come:

$$Q = (S \cdot I \cdot C) / 3,6$$

in cui:

S = superficie del bacino sotteso (km^2);

I = intensità di pioggia rapportata al tempo di corrivazione (mm/h);

C = coefficiente di deflusso;

Q = portata (m^3/s).

Nel caso in esame, per il coefficiente di deflusso C , pari al rapporto tra la portata effettivamente defluita nel bacino e l'afflusso meteorico, si è adottato un valore pari a 0,5, in considerazione del tipo di suolo e della copertura dello stesso (aree boscate, prative).

Con riferimento allo schema planimetrico allegato nel seguito, la tabella proposta riassume le caratteristiche morfometriche dei sottobacini imbriferi in cui è stato suddiviso il sito di scarica in base alla nuova morfologia di progetto e alla portata alla sezione di chiusura di ciascun sottobacino, derivante da eventi pluviometrici caratterizzati da un tempo di ritorno di 10 anni.

Dati morfometrici	Bacino imbrifero				
	1	2	3.1	3.2	3.3
Massima lunghezza L (m)	380	300	450	680	330
Dislivello medio H (m)	13	16	12	4	1

Sup. del bacino sotteso S (m ²)	32.000	11.000	46.000	29.000	17.100
Tempo di corrivazione T _c (h)	0,45	0,27	0,55	1,06	1,27
Portata di deflusso Q (m ³ /s)	0,304	0,140	0,384	0,164	0,087

Ai fini del corretto dimensionamento delle canalette in progetto, o verifica di quelle esistenti, si è proceduto ad assegnare a ciascun tratto di canalizzazione la portata di deflusso di competenza relativa al rispettivo sottobacino imbrifero, o parte di esso, come specificato nella seguente tabella.

Canaletta	Bacino imbrifero sotteso	Portata da smaltire [m ³ /s]
AB	“bacino 3.1”+ “bacino 3.2”+ “bacino 3.3”	0,635
BC	“bacino 3.1”+ “bacino 3.2”+ “bacino 3.3”+ “bacino 1”+”bacino 2”	1,079
DE	“bacino 1”	0,304

A tali portate occorre aggiungere quelle derivanti dal sistema di emungimento delle acque di falda realizzato nell’ambito degli interventi di bonifica, costituito dai pozzi P1, Ps1, Ps2 e Ps4. Le acque estratte da tali pozzi vengono immesse nel sistema di regimazione delle acque meteoriche e da qui raggiungono i differenti punti di immissione nella Gora.

Il punto di immissione 3 è interessato dall’apporto idrico proveniente dai pozzi di emungimento P1 e Ps4, caratterizzati da una portata autorizzata pari rispettivamente a 10 l/s e 30 l/s. Pertanto, il contributo totale da considerare nel dimensionamento della canaletta in progetto, di adduzione al punto 3, denominata BC, risulta pari a 40 l/s.

Sulla base di quanto detto, alle portate di cui sopra, per il solo tratto di canaletta BC bisogna sommare la portata di acque proveniente dalla barriera di emungimento. Pertanto, le portate da smaltire, considerando tale contributo risultano le seguenti:

Canaletta	Bacino imbrifero sotteso	Portata da smaltire [m ³ /s]
AB	“bacino 3.1”+ “bacino 3.2”+ “bacino 3.3”	0,635
BC	“bacino 3.1”+ “bacino 3.2”+ “bacino 3.3”+ “bacino 1”+”bacino 2”	1,119
DE	“bacino 1”	0,304

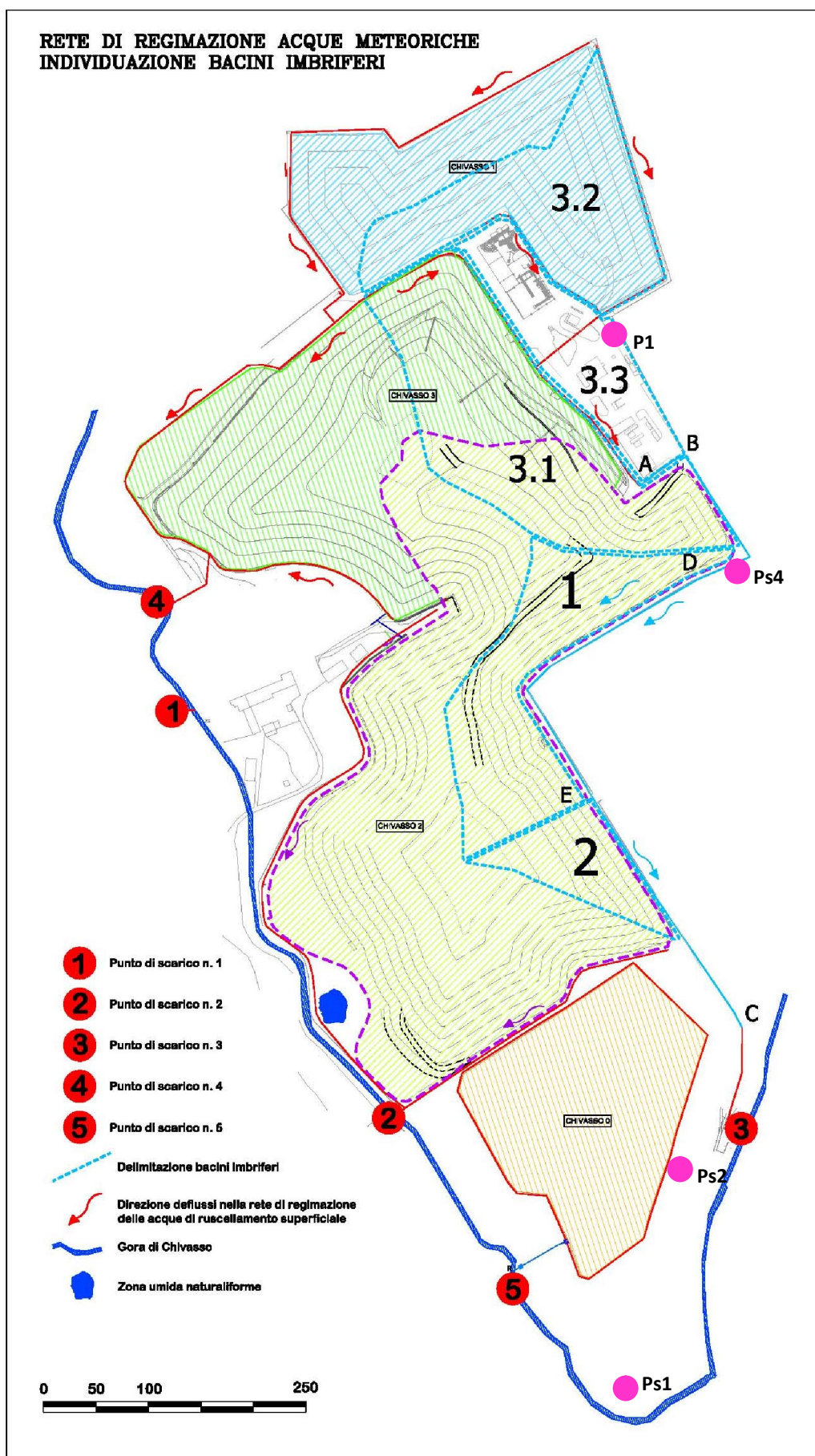


Figura 5-4. Suddivisione dei bacini imbriferi per il calcolo delle portate di deflusso

5.3 Dimensionamento delle canalette perimetrali

La portata di deflusso smaltibile da ogni singola canaletta dipende dalle caratteristiche dimensionali e geometriche della canaletta stessa, e può essere calcolata mediante il metodo proposto da Chèzy, espresso dalla formula:

$$Q = X \cdot \Omega \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

in cui Q è la portata nella sezione considerata, X è il coefficiente di scabrezza del contorno della sezione stessa ed R il raggio idraulico, definito dal rapporto tra l'area Ω della sezione e il perimetro bagnato, mentre i è l'inclinazione del pelo libero della corrente.

Facendo uso della formula di Gauckler-Strickler, secondo cui il coefficiente di scabrezza X è dato dall'espressione:

$$X = c \cdot R^{1/6}$$

la formula di Chèzy diviene:

$$Q = c \cdot \Omega \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

in cui c è l'indice di scabrezza, secondo Gauckler e Strickler, del contorno della sezione stessa; si tratta, quindi, di un parametro che dipende essenzialmente dalla natura e dalla morfologia di quest'ultima.

Nel caso in esame, trattandosi di elementi prefabbricati in cls., l'indice di scabrezza viene assunto, cautelativamente, come pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, per tenere conto dell'aumento della scabrezza dovuto alla permanenza in opera del manufatto nel corso del tempo.

Per la sola canaletta DE, che sarà rivestita, invece, mediante posa in opera di un geocomposito ⁽⁶⁾, si è assunto l'indice di scabrezza pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Come riassunto nella tabella di seguito riportata, i tratti di canaletta in progetto potranno essere realizzati mediante elementi prefabbricati in cls., con una sezione pressoché rettangolare, ad eccezione della canaletta denominata DE che sarà caratterizzata da una sezione trapezia e realizzata in scavo e rivestita con geocomposito di idonee caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

Ciascuna canaletta sarà in grado di smaltire la portata di progetto con un franco di circa 5-6 cm.

	AB	BC	DE
Base maggiore [m]	0,75	0,95	1,10
Base minore [m]	0,75	0,95	0,40
Profondità [m]	0,60	0,90	0,50
Indice di scabrezza c [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]	80	80	40
Pendenza del fondo i [%]	0,30	0,15	0,60
Q smaltibile [m^3/s]	0,742	1,216	0,438
Q da smaltire (T_R 10 anni) [m^3/s]	0,635	1,119	0,304

⁽⁶⁾ geocomposito con funzione antierosiva, costituito dall'accoppiamento di una geostuoia sul lato superiore, un geotessile non tessuto intermedio, ed una pellicola impermeabile sul lato inferiore.

6 RACCOLTA E SMALTIMENTO DEL PERCOLATO

6.1 Bilancio idrologico per il calcolo della quantità di percolato

6.1.1 Caratteristiche tipiche qualitative del percolato

La composizione del percolato, oggetto di numerose ricerche sin dai primi anni '80, è strettamente correlata ai diversi processi chimici, fisici e biologici che si svolgono all'interno della discarica.

Comparando i risultati degli studi condotti su numerose discariche, si osservano variazioni significative della composizione del percolato e sebbene siano ben conosciuti i processi biochimici che si svolgono all'interno dello scarico controllato, non è ancora possibile correlare con precisione la qualità del percolato con la composizione del rifiuto scaricato, con i metodi di gestione utilizzati e con l'età di una discarica.

Tuttavia, sulla base delle caratteristiche generali del rifiuto si possono fare alcune ipotesi sulla composizione a lungo termine del percolato.

I meccanismi che regolano la formazione di percolato all'interno della massa di rifiuti, possono essere suddivisi in tre categorie:

- idrolisi della fase solida dei rifiuti;
- solubilizzazione dei sali;
- trasporto di materiale percolato.

Le prime due categorie, che hanno grande influenza sulla qualità del percolato, fanno parte del più generale processo di biostabilizzazione dei rifiuti di discarica, che si articola nelle seguenti fasi:

Fase aerobica

In questa fase (fase I del grafico di Figura 6-1), che ha generalmente durata limitata a causa dell'elevata richiesta di ossigeno in confronto alla sua ridotta disponibilità all'interno della discarica, le proteine vengono biodegradate ad amminoacidi e quindi ad anidride carbonica, solfati e nitrati; i carbonati sono degradati ad anidride carbonica e acqua ed i grassi sono prima biodegradati ad acidi grassi e glicerolo e quindi nei cataboliti più semplici; inoltre, la cellulosa viene lentamente idrolizzata a glucosio, costituendo così un substrato biodegradabile per i batteri.

Queste reazioni sono caratterizzate da elevata esotermicità che eleva la temperatura della massa dei rifiuti fino a 60÷70 °C.

La produzione di percolato durante questa fase è caratterizzata dalla presenza di materiale particolato, sali disciolti, già inizialmente presenti nella discarica, e da ridotte quantità di specie organiche a causa del rapido svilupparsi della reazione aerobica.

Il percolato rilasciato in questa fase può essere considerato come il risultato del rilascio dell'acqua contenuta dai rifiuti ad opera della compattazione.

Fase anaerobica

In questa fase di decomposizione anaerobica dei rifiuti si evidenziano tre differenti stadi (fasi II, III e IV del grafico di Figura 6-1):

- ***Fase acida***

Il primo stadio (fase II) consiste in una fermentazione acida che causa una diminuzione del pH del percolato, una formazione di alte concentrazioni di acidi volatili e considerevoli concentrazioni di ioni inorganici; tali processi anaerobici iniziali sono opera di una popolazione mista di batteri strettamente anaerobi e anaerobi facoltativi che, degradando la sostanza organica più complessa (carboidrati, lipidi e proteine) provocano un abbassamento del potenziale redox e preparano così le condizioni ideali per la crescita dei batteri metanigeni.

- ***Metanigena instabile***

Nel secondo stadio (fase III) si ha una lenta crescita di batteri anaerobi (metanigeni), e si assiste ad un primo aumento della concentrazione di metano nel biogas ed una contemporanea diminuzione degli acidi volatili nel percolato.

La degradazione degli acidi volatili provoca un aumento del pH ed una diminuzione della solubilità del calcio, ferro, manganese e metalli pesanti.

- ***Metanigena stabile***

Il terzo stadio (fase IV) è caratterizzato dalla fermentazione metanigena supportata dall'attività dei batteri metanigeni ormai pienamente sviluppati.

In questa fase, che parte solitamente dopo un anno dalla deposizione del rifiuto, il contenuto di metano nel biogas raggiunge ca. il 50% e nel percolato si assiste ad una diminuzione del contenuto di acidi volatili e di solidi disciolti totali; la composizione del percolato risulta pertanto caratterizzata da valori relativamente bassi di BOD e bassi valori del rapporto BOD/COD in quanto la sostanza organica biodegradabile viene pienamente metabolizzata a metano.

Per riassumere le caratteristiche chimiche del percolato, si riportano nelle tabelle seguenti (tabelle 7-1 e 7-2) le variazioni dei principali parametri in funzione del grado di stabilizzazione del rifiuto, nonché i valori assunti dai parametri non fortemente influenzati dalla fase di degradazione dei rifiuti.

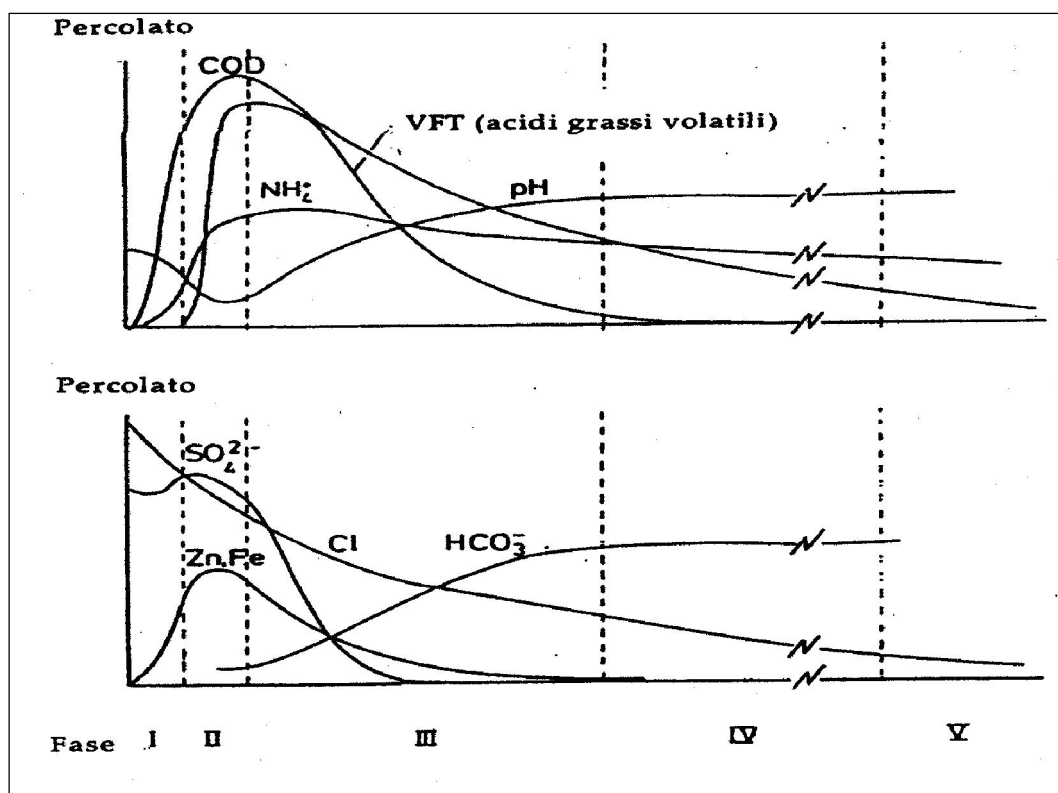


Figura 6-1: Andamento dei parametri caratteristici del percolato in funzione delle fasi di degradazione del rifiuto.

PARAMETRI		U.M.	FASE ACIDA	FASE METANIGENA STABILE
pH			6,2 - 7,8	7,0 - 8,3
BOD ₅	O ₂	mg/l	600 - 27.000	20 - 700
COD	O ₂	mg/l	950 - 40.000	460 - 8.300
Solfati	SO ₄	mg/l	35 - 925	25 - 2500
Calcio	Ca	mg/l	80 - 2.300	50 - 1100
Magnesio	Mg	mg/l	30 - 600	25 - 300
Ferro	Fe	mg/l	3 - 500	4 - 125
Manganese	Mn	mg/l	gen-32	0,3 - 12
Zinco	Zn	mg/l	0,1 - 16	0,1 - 3,5

Tabella 6-1: Parametri influenzati dalle fasi di degradazione del rifiuto.

PARAMETRI		U.M.	VALORI
Cloro	Cl	mg/l	315 - 12.400
Sodio	Na	mg/l	1,0 - 6.800
Potassio	K	mg/l	170 - 1.750
Alcalinità		mgCaCO ₃ /l	300 - 11.500
Ammoniaca	N-NH ₄	mg/l	17 - 1.650
Azoto organico	Norg.	mg/l	10 - 4.250
Azoto Totale	Ntot NO ₃	mg/l	50 - 5.000 0,1 - 50
Biossido di azoto	NO ₂	mg/l	0 - 25
Fosforo totale	Ptot. CN	mg/l	0,1 - 30 0,04 - 90
Composti org. Alogenati	AOX	mg/l	320 - 3.500
Fenoli		mg/l	0,04 - 44
Nichel	Ni	mg/l	0,01 - 1,0
Piombo	Pb	mg/l	0,008 - 0,4
Cromo	Cr	mg/l	0,002 - 0,52
Rame	Cu	mg/l	0,005 - 0,56
Arsenico	As	mg/l	5,3 - 110
Cadmio	Cd	mg/l	0,7 - 525
Cobalto	Co	mg/l	4 - 950
Mercurio	Hg	mg/l	0,2 - 50

Tabella 6-2: Parametri non influenzati dalle fasi di degradazione del rifiuto.

I parametri analitici usati nella caratterizzazione del percolato mostrano pertanto una grande variabilità, causata, oltre che dall'età della discarica anche dalle diverse caratteristiche dei rifiuti, dalla tipologia della discarica, dalla climatologia, dalle modalità di gestione, etc.

In particolare:

- l'età della discarica, o più correttamente la fase degradativa raggiunta, come dettagliatamente illustrato in precedenza, influenza la composizione del percolato; il carico inquinante generalmente raggiunge i massimi valori durante i primi anni di attività della discarica (2÷3 anni) e quindi lentamente decresce. Questo andamento è applicabile per la sostanza organica (BOD, COD e TOC), per il carico microbiologico e per i principali ioni organici (metalli pesanti, Cl, SO₄, etc.); in particolare, il BOD₅ ed il COD diminuiscono passando dalla fase acida a quella metanigena; similmente, il pH tende ad aumentare in relazione all'evolversi dei processi biochimici. L'ammoniaca in fase iniziale presenta alte concentrazioni attribuibili alle iniziali deaminazioni delle proteine, con il procedere della fase metanigena la sua concentrazione tende invece lentamente a diminuire. Le concentrazioni dei solfati in una

discarica giovane sono alte ed in seguito, in ambiente anaerobico, vengono ridotte a solfuri che possono indurre la precipitazione di diversi metalli pesanti presenti nel percolato tra i quali i più rappresentativi sono il ferro, il manganese e lo zinco. Durante la fase acida gran parte dei metalli pesanti si solubilizza a causa dei bassi pH, tuttavia, con il proseguire della fase metanigena, il tasso di solubilizzazione diminuisce notevolmente;

- la composizione dei rifiuti influenza direttamente le caratteristiche qualitative del percolato; la frazione organica viene rilasciata dai rifiuti in funzione del tempo di contatto rifiuto-acqua percolante, della superficie specifica del rifiuto, del pH e della differenza di concentrazione all'interfaccia solido-liquido. In particolare si ha che la maggior parte dei metalli viene rilasciata in condizioni acide, mentre il rilascio di sostanze organiche dipende dal grado di biodegradabilità dei rifiuti;
- le caratteristiche dimensionali quali l'area specifica, il grado di compattazione e la permeabilità, dipendono dalle dimensioni dei rifiuti depositati che possono essere variate per triturazione; minori dimensioni dei rifiuti significano un aumento della superficie specifica, una diminuzione della permeabilità ed infine una maggiore capacità di campo che comporta un aumento del tempo di ritenzione del percolato. Come conseguenza si avrà un percolato con un contenuto organico maggiore anche se, aumentando la superficie specifica, si favorisce l'azione batterica;
- l'umidità dei rifiuti rappresenta un parametro chiave della degradazione biologica dei rifiuti; contenuti di umidità inferiori al 60% comportano, infatti, l'inibizione dell'attività batterica mentre valori superiori alla capacità di campo determinano un rilascio immediato del percolato;
- la temperatura ha una influenza considerevole sull'attività batterica; in particolare si raggiungono le condizioni ottimali per la metanogenesi a temperature oscillanti fra i 30°C e i 35°C. Come indicato precedentemente, la prima fase aerobica dei rifiuti può favorire, in condizioni non troppo rigide, il raggiungimento di tali condizioni ottimali che avranno pertanto un effetto positivo sulla qualità del percolato diminuendo il carico organico;
- la profondità della discarica può avere grande influenza sulle caratteristiche del percolato; infatti, un aumento della profondità della discarica comporta un aumento del tempo di ritenzione idraulica e quindi un aumento del tempo di contatto tra fase liquida e fase solida, si favorirà cioè la solubilizzazione degli inquinanti del percolato. Inoltre una discarica profonda consente un maggior isolamento termico favorendo così l'instaurarsi delle condizioni metanigene;
- i fenomeni di complessazione ed adsorbimento sono probabilmente i maggiori responsabili della presenza di metalli in tracce nel percolato, il quale è caratterizzato da una grande concentrazione di composti che possono complessare i metalli in particolare cloruri, ammoniaca, solfati e una serie di composti organici come gli acidi umici e fulvici; i composti che si vengono a formare solubilizzano e possono essere veicolati dal percolato. Un ruolo antagonista viene svolto dai solfuri che formano composti insolubili, sottraendo metalli dalla corrente liquida;
- il pH del sistema rifiuti influenza i processi chimici tipici dell'ambiente discarica, quali precipitazione, solubilizzazione, reazioni redox, etc. In generale condizioni acide, caratteristiche

della prima fase anaerobica, aumentano la solubilizzazione delle specie chimiche presenti, diminuiscono la capacità di adsorbimento dei rifiuti e favoriscono lo scambio ionico tra percolato e sostanze organiche; inoltre il pH regola il passaggio dalla fase acetogenica alla fase metanigena stabile nella quale i batteri metanigeni riescono a metabolizzare l'acido acetico in anidride carbonica e metano;

- una corretta gestione della discarica può infine migliorare la qualità del percolato; le principali opzioni perseguibili sono il ricircolo del percolato (che in presenza di regimi meteorici secchi potrebbe fornire il contributo idrico necessario alle reazioni degradative anaerobiche), l'aggiunta di nutrienti, soluzioni tampone, fanghi di depurazione, compost o rifiuti parzialmente compostati (che permettono un più rapido raggiungimento della fase metanigena con conseguenti effetti positivi sul percolato).

6.1.2 Bilancio idrico della discarica

Per stimare la quantità di percolato prodotto da una discarica è necessario effettuare un bilancio idrologico i cui termini principali sono stati oggetto di numerosi studi ed indagini che hanno evidenziato le relazioni che intercorrono tra la produzione di percolato e vari elementi quali, condizioni meteo-climatiche, composizione dei rifiuti, modalità di costruzione e gestione della discarica.

Sono reperibili in letteratura diversi modelli numerici per la valutazione della quantità di percolato prodotta, il cui grado di approssimazione è funzione, non solo della struttura concettuale del modello, ma, soprattutto, della quantità e qualità dei dati costruttivi e gestionali della discarica in esame.

Un modello che stima la quantità di percolato prodotto in una discarica si basa sul bilancio di massa schematizzato in Figura 6-2.

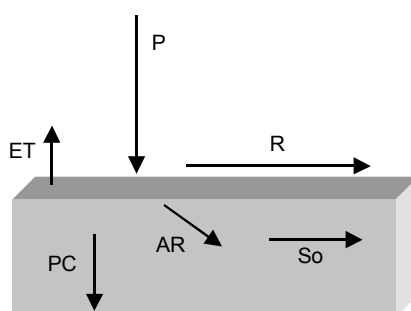


Figura 6-2: Bilancio idrico di una discarica controllata.

In generale, una parte dell'acqua piovana (P) si allontana dalla discarica per ruscellamento superficiale (R); la restante parte alimenta il volume idrico trattenuto dal terreno a meno della perdita per evapo-traspirazione (ET).

Quando l'umidità del terreno raggiunge la capacità idrica di campo, ogni apporto ulteriore percola attraverso l'ammasso di rifiuti sottostante, a meno di uno scorrimento orizzontale (S_o) che si verifica in presenza di uno strato a bassa permeabilità (es. argilla).

L'infiltrazione ha l'effetto di aumentare l'umidità dei rifiuti finché questa supera la capacità di ritenzione (AR, accumulo per ritenzione nel corpo rifiuti).

Si ha, a questo punto, produzione di percolato che raggiunge la parte inferiore della discarica (PC).

Il ruscellamento superficiale dipende da vari fattori, tra cui l'intensità e la durata delle piogge, la permeabilità del suolo di copertura, la pendenza, l'entità ed il tipo di copertura.

In condizioni ambientali medie l'evaporazione può arrivare a consumare circa il 40-60% dell'acqua piovana, evitando che questa si infiltri nel deposito.

Si valuta che in condizioni di saturazione del materiale di copertura e dei rifiuti, l'acqua piovana che si infiltra nel deposito completato (e che quindi non è stata eliminata attraverso l'evaporazione ed il ruscellamento), oscilla tra il 15 ed il 40%.

Per quanto riguarda l'infiltrazione in settori di scarico non ancora completi, sono da attendersi volumi maggiori per l'assenza di vegetazione, il minor spessore delle coperture intermedie e la minor accuratezza del livellamento delle superfici.

La capacità di accumulo di acqua da parte dei rifiuti è un altro fattore passibile di controllo; oltre che dipendere dalla composizione merceologica e dall'umidità iniziale, è funzione anche del grado di compattazione dei rifiuti.

Per la stima della produzione di percolato, durante l'attività dell'invaso, è stata sottratta solo l'evapotraspirazione, escludendo, in forma di ulteriore garanzia di dimensionamento, riduzioni quali accumuli di percolato in quota.

6.1.3 Stima della quantità di percolato prodotto in fase di gestione attiva

La produzione di percolato della discarica in oggetto è stata stimata a partire dai dati di precipitazione media mensile e delle temperature medie mensili riferiti agli anni dal 2000 al 2011, rilevati dalla centralina meteorologica installata presso l'attuale comprensorio di discarica, e riportati nel precedente paragrafo di caratterizzazione climatica del sito.

Il bilancio idrologico per il calcolo della produzione del percolato si basa sulle seguenti considerazioni:

- la parte dell'acqua piovana (P) che si allontana dalla discarica per ruscellamento superficiale (R) è stata trascurata, in quanto tale componente è da considerarsi allorquando viene realizzato il sistema di copertura;
- sulla base dell'ipotesi precedente, pertanto, tutta l'acqua piovana affluente sul corpo rifiuti, va a formare percolato, a meno della perdita per evapo-traspirazione (ET);
- in generale, quando l'umidità del "terreno" raggiunge la capacità idrica di campo, ogni apporto ulteriore percola attraverso l'ammasso di rifiuti sottostante, a meno di uno scorrimento orizzontale (S_o) che si verifica in presenza di uno strato a bassa permeabilità (es. argilla).

L'infiltrazione ha l'effetto di aumentare l'umidità dei rifiuti finché questa supera la capacità di ritenzione (AR, accumulo per ritenzione nel corpo rifiuti). Nel caso specifico, anche queste ultime componenti sono state trascurate poiché sono da ritenersi praticamente nulle nelle fasi iniziali di coltivazione.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, il percolato che si produce sul fondo della discarica risulta pari a: $PC = P - ETp$.

Durante i periodi umidi si ha $P - ETp > 0$, mentre durante i periodi secchi $P - ETp < 0$. In quest'ultimo caso la produzione del percolato è stata assunta pari a 0.

Si rammenta, comunque, che il modello adottato è soltanto una schematizzazione della realtà. In particolare si fa presente che il modello tende ad esagerare i picchi mensili, che nella realtà sono smorzati dall'immagazzinamento di acqua all'interno del corpo dei rifiuti (fenomeno a sua volta variabile in funzione della quantità di rifiuti già depositi). Non si può ritenere, infatti, che in corrispondenza dei mesi in cui si ha $P - ETp < 0$, la produzione del percolato sia nulla, poiché il corpo rifiuti ha una propria capacità idrica che rilascia nel tempo.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
P (mm)	40,3	76,7	64,5	69,1	115,8	81,6	77,5	103,9	50,4	59,4	136,8	78
ET (mm)	1	6	27,7	54,4	95,6	134,4	151,7	132,8	88,1	56,5	20,2	5,4
PC (mm)	39,3	70,7	36,8	14,7	20,2	-52,8	-74,2	-28,9	-37,7	2,9	116,6	72,6
	39,3	70,7	36,8	14,7	20,2	0	0	0	0	2,9	116,6	72,6
												373,8

Tabella 6-3. Produzione di percolato da discarica in funzione delle condizioni climatiche

Applicando su base numerica le ipotesi adottate, si può considerare un quantitativo di precipitazioni per unità di superficie pari a circa 375 mm/anno, vale a dire 0,375 m³ per m² di superficie.

Per quanto riguarda le superfici esposte, si è fatto riferimento alla massima superficie occupata dai rifiuti che può trasformare le piogge in percolato. Pertanto, per il calcolo dell'area efficace sono stati considerati:

- l'area di raccordo tra la discarica Chivasso 2 e Chivasso 3, a cui corrisponde una superficie massima pari a circa **23.500 m²**, e conseguentemente, la produzione di percolato risulta pari a circa $0,375 * 23.500 = \mathbf{8.810 \text{ m}^3/\text{anno}}$;
- l'area soprastante la discarica Chivasso 2, a cui corrisponde una superficie massima pari a **38.900 m²**, e conseguentemente la produzione di percolato risulta pari a $0,375 * 38.900 = \mathbf{14.590 \text{ m}^3/\text{anno}}$.

per un totale di circa 23.400 m³/anno, derivanti dal solo intervento in progetto.

6.1.4 Stima della quantità di percolato prodotto in fase di gestione passiva

Sulla base di quanto sperimentalmente osservato su molte discariche esaurite, per la stima delle produzioni in fase di post – gestione si può adottare un modello di decadimento di tipo esponenziale, del tipo

$$P_k = a \cdot e^{(-c \cdot t_k)}$$

con a in m^3 , corrispondente alla produzione teorica all'istante di ultimazione del capping della discarica, e c in $anni^{-1}$, (solitamente dell'ordine di 10^{-1}), parametro che indica la rapidità di decadimento della produzione nel tempo.

Integrando la formula fra $t=0$ e $t \rightarrow \infty$, si ottiene la produzione totale di percolato:

$$V = a/c$$

La produzione di percolato nell'anno i -esimo dopo la chiusura si ottiene integrando la formula fra $t=t_{i-1}$ e $t=t_i$:

$$V_i = -\frac{a}{c} \cdot (e^{-ct_i} - e^{-ct_{i-1}})$$

Ovvero anche

$$V_i = -\frac{a}{c} \cdot \left(e^{-ct_i} \left(1 - \frac{e^{-ct_{i-1}}}{e^{-ct_i}} \right) \right)$$

Se il tempo è misurato in anni, essendo $(t_{i-1} - t_i) = -1 \text{ anno}$, si può scrivere

$$\frac{e^{-ct_{i-1}}}{e^{-ct_i}} = e^{-c(t_{i-1}-t_i)} = e^c$$

e pertanto la formula diventa:

$$V_i = \frac{a \cdot (e^c - 1)}{c} \cdot e^{-ct_i}$$

ovvero anche, più semplicemente:

$$V_i = b \cdot e^{-ct_i}$$

avendo posto

$$b = \frac{a \cdot (e^c - 1)}{c}$$

ovvero

$$a = \frac{b \cdot c}{(e^c - 1)}$$

Le due formulazioni hanno la stessa struttura, ma hanno significato diverso.

In particolare, P_k rappresenta la produzione istantanea (in $m^3/anno$) in un istante generico $t = k$, mentre V_i rappresenta la produzione complessiva (in m^3) nell'anno i -esimo. Analogamente, a rappresenta, come si è detto, la produzione istantanea che si ha all'inizio del primo anno, mentre $V_1 = b \cdot e^{-c}$, rappresenta la produzione complessiva (in m^3) che si ha in tutto il primo anno di gestione passiva.

Dunque, se si utilizza la formula, più pratica,

$$V_i = b \cdot e^{-ct_i}$$

il volume complessivo del percolato prodotto in gestione passiva diventa:

$$V = \frac{a}{c} = \frac{b}{(e^c - 1)} = \frac{V_1}{(1 - e^{-c})}$$

L'esperienza mostra che la produzione del primo anno dopo la chiusura della discarica è solitamente pari al 35 ÷ 40% circa della produzione che si aveva in gestione attiva. Nel caso in esame, a partire dalla produzione di 23.400 m³/anno in gestione attiva, si può dunque stimare in circa 8.200 ÷ 9.400 m³/anno la produzione del primo anno di gestione passiva.

Ammettendo un coefficiente di decadimento $c=0,1 \text{ anni}^{-1}$, si può dunque porre prudenzialmente $a = 10.000 \text{ m}^3/\text{anno}$, dal che si ottiene $a/c = V = 100.000 \text{ m}^3$ (produzione complessiva per $t \rightarrow \infty$) e $V_1 = 9.515 \text{ m}^3$ (produzione del primo anno di gestione passiva).

Nel trentennio di gestione passiva previsto come minimo di legge, viene prodotto più del 95% del totale del percolato previsto in gestione passiva. Infatti, integrando fra $t=0$ e $t=30$, si ottiene una produzione $V_{30} = 95.021 \text{ m}^3$.

6.2 Drenaggio e raccolta del percolato

6.2.1 Sistema di drenaggio ed estrazione del percolato

Il sistema di drenaggio e raccolta deve impedire fuoriuscite di percolato e contribuire con l'impermeabilizzazione all'efficienza della barriera idraulica della discarica; nello stesso tempo deve favorire il più veloce transito del percolato verso i punti di raccolta. Il suo scopo è infatti quello di minimizzare il formarsi di battenti di percolato e falde sospese all'interno dell'ammasso di rifiuti.

Sia nella fascia di raccordo tra Chivasso 2 e Chivasso 3 (Lotto 1) che nella parte centrale di Chivasso 2 attualmente caratterizzata da quote prossime al piano campagna (Lotto 2), saranno realizzati fondi vasca idraulicamente autonomi, dotati di nuovi pozzi di estrazione del percolato.

Sul fondo degli invasi in progetto, all'interno dello strato ghiaioso drenante, gli assi di compluvio (uno nel Lotto 1, due nel Lotto 2) saranno attraversati, longitudinalmente, da un doppio tubo microfessurato in HDPE rigido a doppia parete, con diametro pari a 200 mm. L'adozione di una doppia tubazione (due tubi affiancati) presenta il duplice vantaggio di migliorare la capacità di drenaggio e di migliorare la sicurezza di funzionamento, garantendo comunque il drenaggio anche se, per qualsiasi motivo, uno dei due tubi si ostruisse o si deformasse. Il percolato raccolto all'interno di questi tubi di drenaggio sarà poi convogliato ad un pozzetto, da cui dovrà essere prelevato.

Per garantire un corretto drenaggio del percolato, il fondo della discarica sarà realizzato con pendenza pari al 2%.

La rete di raccolta del fondo sarà costituita da:

- due condotte principali di raccolta per ciascun compluvio, aventi DN 200 e realizzate con tubazione in HDPE opportunamente fessurata sui 2/3 della superficie (con fessure verso l'alto);
- un pozzo di accumulo ed estrazione per ciascun compluvio, realizzato con un tubo in HDPE DN 400, affiancato da un secondo tubo di scorta di pari dimensione, che seguirà il profilo del bacino adagiandosi sulla sponda opportunamente creata mediante realizzazione di rilevato di contenimento in terra, impermeabilizzato, e sarà disposto in modo tale da non creare alcun intralcio lungo la sponda stessa, durante la fase di interrimento dei rifiuti e, nel contempo, non ridurre, con il suo ingombro ed il relativo sistema di protezione, la volumetria della discarica.

Al fine di favorire ulteriormente il convogliamento del percolato verso i “fondo-vasca” in progetto, sono stati inseriti due dreni lungo le sponde della discarica Chivasso 2 che favoriscono l'afflusso verso il fondo vasca del lotto 2 di Chivasso 2.1 ed un dreno che favorisce il convogliamento del percolato verso il fondo vasca da realizzare tra Chivasso 2 e Chivasso 3.

Il percolato così raccolto viene convogliato in appositi serbatoi di stoccaggio temporaneo prima dell'invio, mediante condotta interrata (percolatodotto) alla vasca di equalizzazione in progetto ed al successivo trattamento nell'impianto WastEnd.

Il sistema sarà completato da un pacchetto drenante che riveste tutta la superficie impermeabilizzata costituito sul fondo e sulle superfici sommitali sub orizzontali (pendenza sempre $>2\%$) da 50 cm di ghiaia lavata (di gradazione granulometrica $16\div 32$ mm e permeabilità $k \geq 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$), e sulle sponde da pneumatici fuori uso intasati con sabbia.

Le caratteristiche dello strato di drenaggio saranno conformi alla direttiva CE 1999/31.

Per maggiori dettagli circa il sistema di impermeabilizzazione del fondo e delle sponde della discarica si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

6.2.2 Estrazione del percolato

Il percolato raccolto dalla rete di drenaggio sopradescritta confluisce, attraverso i tubi di drenaggio adagiati sul fondo, all'interno di un pozzo di accumulo ed estrazione (riportato in figura 6-3), realizzato attraverso un tubo in HDPE DN 400.

La base del pozzo è opportunamente zavorrata e incassata in una leggera cavità ricavata sul fondo. La cavità è modellata con superfici curve ad ampio raggio per non creare pericolosi punti singolari che costituirebbero zone di debolezza del manto impermeabile. La cavità posta alla base del pozzo conferisce stabilità al pozzo stesso e crea un battente idraulico per il funzionamento della pompa fino al completo svuotamento della vasca.

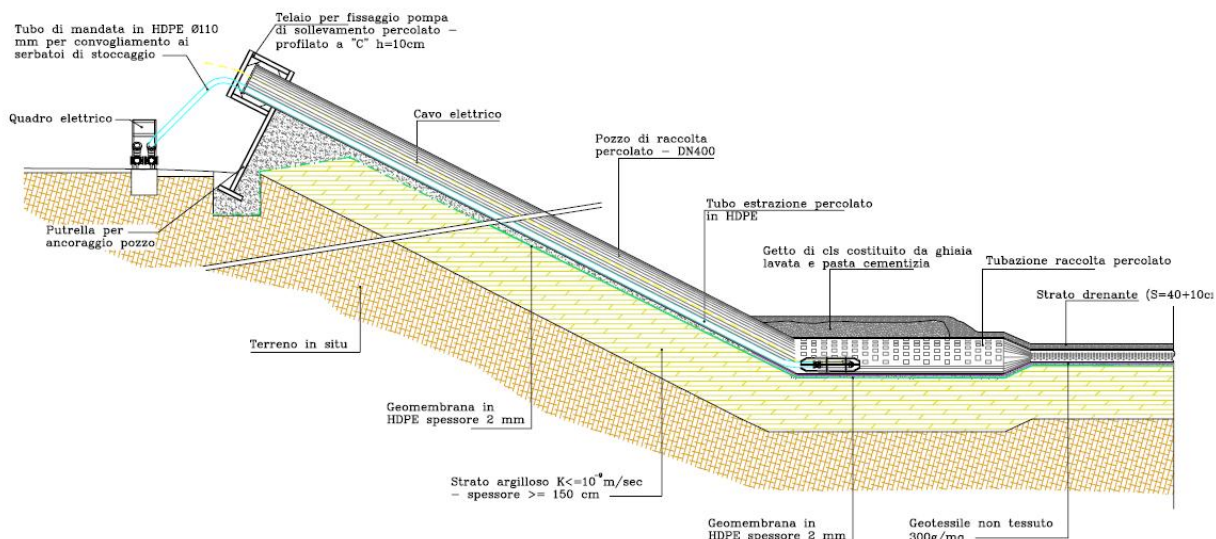


Figura 6-3: Pozzo raccolta percolato

Il tubo adagiato sulla sponda è reso stabile contro i ribaltamenti da una leggera incisione praticata sul ciglio della sponda stessa.

Il percolato così raccolto viene estratto e pompato verso i relativi serbatoi di accumulo e da qui verso una vasca in cls., da ubicare in prossimità della discarica “Chivasso 0”, mediante una pompa, specifica per il sollevamento di acque torbide, fangose ed aggressive, alloggiata all’interno del pozzo; tale pompa, dotata di regolazione automatica di livello, garantisce il controllo del battente idraulico all’interno della discarica.

Il tubo di mandata della pompa, dopo essere risalito per l’intera lunghezza della sponda della discarica, confluisce verso il rispettivo collettore disposto in superficie lungo il bordo della vasca. Il collettore di superficie raccoglie dunque il percolato proveniente dal pozzo e lo convoglia verso il serbatoio ubicato in prossimità della testa pozzo. Da qui, mediante una seconda pompa di rilancio, il percolato viene inviato verso un secondo collettore interrato che ha come punto finale la vasca di equalizzazione. Il sistema di collettamento del percolato verso la vasca di equalizzazione risulta costituito da due tubi coassiali in Hdpe in modo da garantire la tenuta in caso di perdite dal tubo principale. Lungo la condotta è inoltre prevista la realizzazione di pozzetti di ispezione ogni 50 m. Eventuali perdite di percolato dal tubo principale verranno raccolte dal tubo guida e per gravità raggiungeranno il pozzetto di ispezione immediatamente a valle. L’elaborato integrativo “*int_tavola_63 discarica*”– *Tracciato del nuovo collettore di convogliamento del percolato e particolare dei pozzetti di ispezione* riporta il tracciato del “percolatodotto” in progetto e l’ubicazione dei pozzetti di ispezione.

La vasca di equalizzazione sarà realizzata in cls. ed avrà capacità pari a 200 m³.

6.2.3 Sistema di stoccaggio temporaneo del percolato

In prossimità di ciascuno dei pozzi di prelievo del percolato sarà posizionato un apposito silos verticale in vetroresina, della capacità di 50 m³, posizionato all'interno di una vasca di contenimento in cls., sagomato in modo da convogliare le acque di lavaggio dello stesso in un pozzetto di raccolta.

Il percolato proveniente dalle attuali discariche (Chivasso 1, Chivasso 2 e Chivasso 0) ad esclusione del percolato di Chivasso 3 ⁽⁷⁾, verrà trattato congiuntamente al percolato prodotto dal nuovo invaso (Chivasso 2.1), nell'impianto di trattamento di WastEnd, fino alla completa saturazione della sua potenzialità. L'eventuale quantitativo residuo sarà inviato presso impianti terzi autorizzati.

In prossimità della discarica Chivasso 0 verrà inoltre realizzata una vasca in cls., di capacità pari a 200 mc, che fungerà inizialmente da vasca di accumulo e in un secondo tempo da vasca di equalizzazione prima dell'invio del percolato verso l'impianto di trattamento.

Si prevede infatti che, in un primo momento, quando l'impianto di trattamento non è ancora in funzione, il percolato venga inviato alla vasca di raccolta, prelevato mediante autobotti ed inviato presso impianti autorizzati al suo trattamento, fintanto che non entrerà in funzione l'impianto WastEnd. Allorché l'impianto sarà in funzione, il percolato verrà inviato in pressione verso l'impianto di trattamento. Questo secondo tratto di condotta interrata avrà le stesse caratteristiche della precedente condotta che porta il percolato dai serbatoi di accumulo provvisorio alla vasca: sarà caratterizzata pertanto da due tubi coassiali e da una serie di pozzetti di ispezione. Di fatto, la vasca di equalizzazione e la condotta rappresentano i primi due elementi dell'impianto di trattamento Wastend, pur se localizzati in adiacenza alle discariche.

Si vedano i particolari riportati sull'elaborato grafico *“int_tavola_64 discarica” – Vasca di raccolta del percolato*.

6.3 Controllo delle acque e gestione del percolato

In sede di progetto sono stati valutati i parametri che influenzano la produzione di percolato, considerando le condizioni più svantaggiose, in quanto:

- per le caratteristiche meteo-climatiche nell'area della discarica si è considerata la massima piovosità;
- per le caratteristiche dei rifiuti da depositare si sono considerati i rifiuti tutti massimamente permeabili;
- non sono state considerate coperture temporanee, mentre sono state considerate nulle le proprietà di assorbimento dei materiali impiegati;
- non sono stati presi in considerazione metodi per l'allontanamento delle acque meteoriche dei lotti in coltivazione;

(7) Per la discarica Chivasso 3 è attualmente in istruttoria il progetto di un impianto di trattamento innovativo, che prevede la concentrazione del percolato e la sua reimmissione controllata nella discarica. Tale impianto non interferisce in alcun modo con le opere del presente progetto, che non riguarda la discarica Chivasso 3.

- le modalità e le caratteristiche della piantumazione finale sovrastante la impermeabilizzazione non influiranno sulla produzione di percolato.

Il percolato raccolto sarà allontanato con continuità; infatti, la discarica non può essere considerata in alcun modo come un bacino di accumulo, sia pure temporaneo.

L'efficienza del sistema è garantita dalla misura in continuo delle portate di percolato pompato dai pozzi e dalle manutenzioni periodiche di tutto il sistema.

Inoltre le acque meteoriche sono allontanate dal perimetro dell'impianto per gravità, a mezzo di idonee canalizzazioni dimensionate sulla base delle piogge di massima intensità e per eventi piovosi con tempo di ritorno pari a 10 anni.

Il percolato e le acque di discarica verranno captati, raccolti e smaltiti per tutto il tempo di vita della discarica e comunque per un tempo non inferiore a 30 anni dalla data di chiusura definitiva dell'impianto.

Il sistema di raccolta del percolato è stato progettato con una previsione di gestione in modo da:

- minimizzare il battente idraulico di percolato sul fondo della discarica al minimo compatibile con i sistemi di sollevamento e di estrazione;
- prevenire intasamenti ed occlusioni per tutto il periodo di funzionamento previsto;
- resistere all'attacco chimico dell'ambiente della discarica;
- sopportare i carichi previsti.
- La pericolosità ambientale di eventuali perdite del sistema barriera rende indispensabile il monitoraggio degli effetti delle acque sotterranee. E' già in atto, pertanto, un piano di monitoraggio che prevede:
- la presenza di pozzi di monitoraggio della falda acquifera lungo il perimetro dell'intero sito di discariche di Regione Pozzo;
- la caratterizzazione della qualità delle acque sotterranee e superficiali prima della realizzazione della discarica;
- il campionamento a cadenza almeno trimestrale durante tutta la fase di coltivazione, che deve essere protratto con cadenza almeno semestrale per tutta la fase di post-chiusura;
- analisi storica dei risultati e loro correlazione con i parametri antecedenti la realizzazione dell'intervento in progetto per definire l'evoluzione della qualità delle acque sotterranee.

7 SMALTIMENTO DEL BIOGAS

7.1 Aspetti generali

La produzione di biogas è una delle manifestazioni più evidenti e più importanti dei processi di degradazione e trasformazione che subiscono i rifiuti stoccati in un impianto di interrimento controllato. Tali processi sono il risultato di fenomeni fisici, chimici e biologici che si verificano simultaneamente e che, spesso, interagiscono tra di loro.

La degradazione fisica comprende quei processi che comportano una mutazione fisica delle caratteristiche originarie del rifiuto messo in discarica, fra cui, principalmente, la riduzione del volume. L'adsorbimento, la precipitazione e la lisciviazione sono alcuni dei più importanti fenomeni fisici che si verificano in discarica.

La degradazione chimica comprende il complesso delle reazioni chimiche che hanno luogo tra le diverse sostanze presenti nei rifiuti, in corrispondenza dell'interfaccia solido-liquido, con variazione della solubilità, del potenziale redox e del pH.

Tuttavia, il principale meccanismo, attraverso il quale il rifiuto si decompone, è rappresentato dalla degradazione biologica, cioè la trasformazione della materia ad opera di particolari ceppi batterici. Tale processo controlla la velocità di degradazione chimica e fisica, influenzando variabili come il pH e il potenziale redox.

Il tipico odore delle discariche è in gran parte legato alle emissioni gassose derivanti dal processo di biogassificazione e all'effetto di trascinamento che le stesse hanno sugli strati più alti di materiale fresco, che ancora non hanno innescato il processo di degradazione anaerobica.

Le emissioni gassose prodotte in quantità molto rilevanti costituiscono, se non controllate, uno dei fenomeni più pericolosi per una discarica. Tali emissioni possono comportare, infatti, l'emanazione di forti odori percepibili dalla popolazione, pericoli per persone o cose, in quanto causa di incendi ed esplosioni, danni alla vegetazione perché, migrando nel terreno, lo rendono anossico, provocando il soffocamento delle radici delle piante e problemi ambientali in genere.

Perché questo non accada occorre che la discarica sia munita di un sistema di captazione e combustione del biogas, adeguatamente progettato e di un sistema automatico di controllo della depressione applicata ai singoli pozzi. In questo modo viene minimizzata l'emissione di biogas in atmosfera.

7.2 Processi di produzione del biogas

7.2.1 Premessa

Il processo di generazione del biogas può essere schematizzato in quattro fasi caratteristiche di tutto il ciclo di vita della discarica durante le quali varia sia la velocità di formazione del biogas che la sua composizione:

- fermentazione aerobica (transitoria);
 - fermentazione acida (anaerobica);
 - fermentazione metanigena instabile (anaerobica);
 - metanigena stabile (anaerobica);
- di esaurimento.

7.2.2 Fase aerobica

La prima fase, di **fermentazione aerobica**, si verifica subito dopo l'allocazione dei rifiuti in discarica a causa del loro contenuto d'aria. Essa è caratterizzata da una rapida degradazione che si compie in un periodo variabile da alcune ore a qualche giorno, in funzione della porosità iniziale dei rifiuti e delle modalità di compattazione adottate. In questo lasso di tempo i microrganismi utilizzano tutto l'ossigeno libero presente nella massa di rifiuti appena deposti e quello eventualmente richiamato dall'atmosfera. Durante il processo viene inoltre utilizzato l'ossigeno disciolto nella pioggia che riesce a penetrare attraverso la copertura della discarica. Contemporaneamente al processo aerobico si verifica la produzione di energia termica (temperature comprese tra i 50 e i 70 °C), di anidride carbonica e di sostanze organiche parzialmente degradate.

7.2.3 Fase facoltativa anaerobica

Una volta esaurito l'ossigeno presente, ha luogo la seconda fase caratterizzata dalla **fermentazione acida** ad opera di batteri fermentatori e acetogenici facoltativi che idrolizzano e degradano la cellulosa ed altri materiali biodegradabili (carboidrati, grassi e proteine) trasformandoli in acidi volatili (acidi grassi a basso peso molecolare), anidride carbonica, ammoniaca e idrogeno, con conseguente abbassamento del pH, generalmente compreso tra 5,5 e 6,5. Tale fase dura alcuni mesi e le elevate concentrazioni di acidi grassi comportano alti valori di COD. Le emissioni gassose sono fondamentalmente riconducibili ad anidride carbonica, con basse quantità di metano ed idrogeno.

7.2.4 Fase metanigena anaerobica instabile

Durante la fase **metanigena instabile** gli acidi volatili, prodotti nella fase precedente, vengono metabolizzati dai batteri metanigeni, ancora poco sviluppati, con produzione di metano ed anidride carbonica emessa in atmosfera come gas di discarica. Ciò comporta la progressiva riduzione di COD e l'aumento del pH a valori di 7,5 - 8. Nella figura che segue si ha una rappresentazione del processo.

La durata complessiva di questa fase può essere di regola da qualche mese fino a tre anni, durante i quali la produzione gassosa consiste prevalentemente di anidride carbonica e solo qualche piccola quantità di idrogeno e metano.

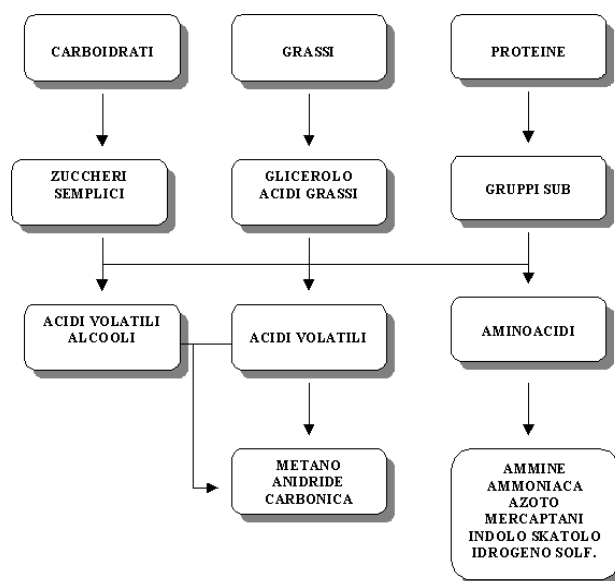


Figura 7-1: Schema del processo di degradazione dei rifiuti

7.2.5 Fase metanigena anaerobica stabile

Nella quarta fase, **metanigena stabile**, il progressivo sviluppo della popolazione metanigena comporta l'aumento della quantità di metano prodotto, fino ad un valore stabile pari a circa il 60% del biogas prodotto, la cui rimanente parte è composta prevalentemente da anidride carbonica. Una volta avviata la fase metanigena, la produzione di biogas si manifesta normalmente per parecchi anni (anche 30–40), secondo un andamento che presenta la massima produzione nei primi anni ed un progressivo esaurimento asintotico fino alla completa degradazione della sostanza organica o fino a quando sussistono le condizioni ambientali idonee al processo.

7.2.6 Fase di esaurimento

La quinta fase, detta di **esaurimento**, si ha in seguito alla progressiva stabilizzazione del rifiuto. Infatti, a poco a poco, risultano disponibili composti organici sempre meno biodegradabili, il che comporta una riduzione dell'attività batterica, e quindi del biogas prodotto, e la diffusione di aria all'interno dei rifiuti, con la comparsa di ossigeno e azoto negli strati più superficiali di questi.

Quanto descritto riassume in termini schematici processi assai complessi, funzioni di diversi fattori e numerosi fattori fisici, ambientali e gestionali quali:

- composizione dei rifiuti;
- pezzatura dei rifiuti;
- deposizione dei rifiuti;
- grado di saturazione dei rifiuti (umidità);
- temperatura dei rifiuti;
- valori del carico organico ed inorganico (BOD e COD);

- condizioni meteoclimatiche;
- valori del pH delle emissioni;
- tipo di raccolta delle emissioni liquide e gassose.

7.3 Caratteristiche qualitative del biogas

Nel paragrafo precedente sono stati illustrati i fenomeni biologici, fisici e chimici che danno luogo alla formazione della miscela di aeriformi comunemente denominata “biogas”. Nel seguito verranno analizzate le caratteristiche dei vari componenti del biogas.

Come premesso, tale miscela è caratterizzata da molti componenti tra cui l’ossigeno (O_2), l’azoto (N_2), l’anidride carbonica (CO_2) ed il metano (CH_4), presenti con percentuali più significative e tali da generare un forte impatto sugli aspetti riconducibili alla sicurezza antincendio degli impianti. Altri componenti, quali i composti dello zolfo, del cloro e gli idrocarburi aromatici, seppur in tracce, possono indurre problematiche riconducibili all’emissione in atmosfera di agenti inquinanti. Più raramente è presente idrogeno (H_2), prodotto attraverso processi acetogenici, in quantità limitate e per brevi periodi.

Componente chimico	Concentrazione percentuale in volume (%)
Metano	45 - 65
Anidride carbonica	35 - 50
Azoto	0 – 10
Ossigeno	0 – 1
Idrogeno	0 - 3
Gas diversi	< 5
Vapore d’acqua	< 5

Tabella 7-1: Composizione tipo del biogas

Le caratteristiche fisico-chimiche delle principali sostanze presenti nella miscela di biogas sono riportate nella tabella che segue.

Caratteristiche fisico-chimiche	Metano	Anidride carbonica	Ossigeno	Azoto	Monossido di carbonio	Idrogeno	Idrogeno solforato
Formula	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂	CO	H ₂	H ₂ S
ρ (kg/m ³)	0,717	1,977	1,429	1,248	1,247	0,090	1,539
PCI (KJ/m ³)	35600				12640	10760	-
p_c (Mpa)	4,604	7,398		3,392	-	-	-
T_c (K)	190,64	304,30	154,34	126,04	143,14	33,24	172,74
T_E (°C)	-161,5	-78,5	-183	-195,8	-191,5	-252,5	-60,7
L_i (% vol)	5÷15	-	-	-	12,5÷74,2	4÷74,2	4,3÷45,5
v_f (m/s)	0,4	-	-	-	0,5	2,8	-
Eacc. (mJ)	0,6÷0,7	-	-	-	-	0,05	-
T_i (°C)	600	-	-	-	600	560	-
Solubilità (g/l)	0,0645	1,6880	0,0430	0,0190	0,0280	0,0010	3,8460
Massa molecolare	16,043	44,010	31,999	28,013	28,010	2,016	34,076
Proprietà comuni	inodore, incolore, non tossico	inodore, incolore, non tossico a basse concentra-zioni	inodore, incolore, non tossico	inodore incolore non tossico, non infiammabile	inodore, incolore non tossico, non infiammabile	inodore, incolore non tossico, infiamma- bile	incolore, tossico
LEGENDA ρ = massa volumica PCI = potere calorifico inferiore T_c = temperatura critica T_i = temperatura di accensione a condizioni ambientali			p_c = pressione critica T_E = temperatura di ebollizione a pressione atmosferica L_i = limite di infiammabilità v_f = velocità di fiamma Eacc. = energia di accensione				

Tabella 7-2: Caratteristiche fisico-chimiche delle sostanze contenute nel biogas

Il grafico riportato di seguito indica, con ampia approssimazione, l'andamento dello sviluppo temporale relativo ai macrocomponenti del biogas.

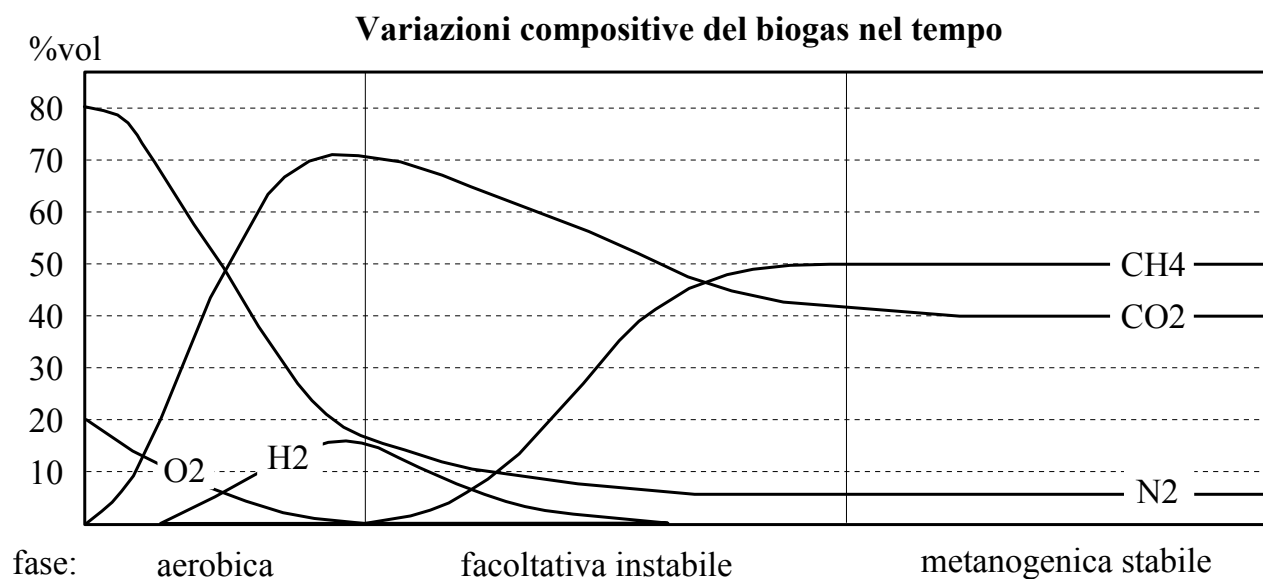


Figura 7-2: Variazioni nella composizione del biogas nel tempo

Sulla base dei dati misurati in diverse discariche controllate, le caratteristiche e la composizione del gas emesso durante la fase stabile di metanogenesi, risultano mediamente come riportato in tabella:

Parametri	U.M.	Valori
Idrocarburi (di cui 50÷56% metano CH ₄)	%	50÷60
Anidride Carbonica (CO ₂)	%	35÷40
Azoto (N ₂)	%	0÷5
Ossigeno (O ₂)	%	0÷1
Acqua (H ₂ O)	%	0÷2,5
Idrogeno solforato (H ₂ S)	ppm	0÷400
Monossido di Carbonio (CO)	ppm	0÷100
Mercaptani	ppm	0÷50
Temperatura	°C	20÷40
Potere Calorifico Inferiore	Kcal/Nmc	4.000÷4.900

Tabella 7-3: Composizione e caratteristiche medie del biogas emesso

Come si evince dalla tabella 7-2, le componenti principali del biogas sono il metano e l'anidride carbonica, le cui concentrazioni nel biogas possono variare sulla base di una serie di parametri:

- età della discarica;
- composizione dei rifiuti;
- utilizzazione di un sistema di estrazione del biogas;
- tipologia del sistema di impermeabilizzazione (infiltrazioni d'aria).

Risulta importante evitare eventuali infiltrazioni d'aria negli strati superficiali, attraverso il sistema di drenaggio del percolato oppure attraverso il sistema di captazione del biogas, che potrebbero alterare la composizione tipica del biogas mediante una ossidazione del metano prodotto in fase anaerobica con conseguente aumento della percentuale di anidride carbonica.

In regime di estrazione forzata, viene usualmente ipotizzata una composizione della miscela di biogas simile a quella riportata in figura 7-3.

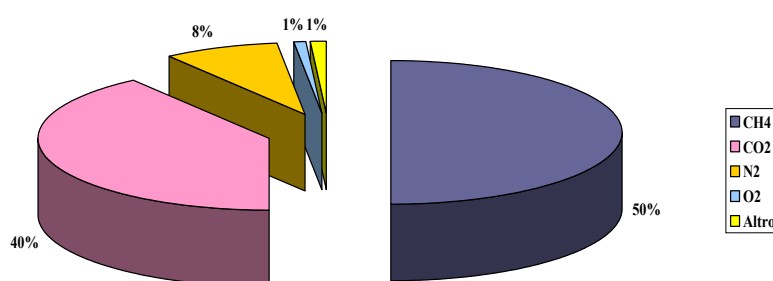


Figura 7-3: Composizione tipo della miscela di biogas

Il rapporto tra azoto ed ossigeno è superiore al valore stechiometrico presente nell'aria in quanto l'ossigeno viene parzialmente consumato per l'instaurarsi di zone di aerobiosi che si formano in presenza di estrazione forzata attorno al pozzo.

A fronte quindi di un certo numero di macrocomposti, si trovano presenti in tracce altri gas, microcomposti, con concentrazioni dell'ordine di qualche $\mu\text{g/litro}$, che si formano principalmente dai processi biologici di degradazione dei rifiuti in fase acida, riconducibili alla contaminazione del rifiuto da parte di prodotti e sostanze abusivamente mescolate ai rifiuti e non ad esse assimilabili.

La presenza di tali sostanze, di difficile rilevazione, viste le piccole quantità immesse, può rappresentare un problema per il trattamento termico finale, causando sottoprodotti potenzialmente pericolosi per l'ambiente. Ciò comporta la necessità, fin dalla fase di progettazione e costruzione dei sistemi di combustione, di adottare accorgimenti opportuni nella scelta delle apparecchiature, quali combustori a fiamma controllata, opere di monitoraggio e controllo, etc., con un inevitabile incremento dei costi a fronte però di un maggior controllo a tutela dell'ambiente.

Sulla base della composizione ipotizzata ed assumendo una massa molecolare pari a 250 per i componenti costituenti il residuo dell'1%, si ottengono le seguenti proprietà della miscela di biogas:

- massa molecolare 30,967;

- massa volumica in condizioni normali 1,38 Kg/m³;
- massa volumica in condizioni standard 1,208 Kg/m³;
- densità relativa dell'aria 1,07;
- potere calorifico inferiore $\approx 4,300 \text{ kcal/m}^3$;
- pressione pseudocritica 5,60 MPa;
- temperatura pseudocritica 230 K.

Uno dei fattori determinanti per la definizione delle caratteristiche fisiche del biogas è la densità della miscela gassosa, poiché essa influenza la dispersione ed il vettoriamento dello stesso in atmosfera. I movimenti diffusivi del biogas e la sua diffusione in atmosfera sono dovuti principalmente alle pressioni intracumulo, legate alla velocità di produzione dei composti gassosi, alla sua densità, elemento essenziale una volta che il biogas è giunto in superficie ed alle condizioni climatiche (il biogas che fuoriesce dalla discarica si disperde in modo molto lento in assenza di vento, tenderà invece a fuoriuscire dal cumulo o dalla fossa in modo significativo in concomitanza di diminuzioni della pressione atmosferica).

I precedenti risultati evidenziano come la massa volumica del biogas sia molto simile a quella dell'aria: è questa la principale motivazione della lenta diffusione atmosferica.

Per quanto concerne il potere calorifico della miscela, è sufficiente tenere conto esclusivamente del metano, essendo nullo quello degli altri principali costituenti, ad eccezione del monossido di carbonio e dell'idrogeno la cui concentrazione viene ipotizzata trascurabile.

Va sottolineato inoltre che il biogas è essenzialmente una miscela polifasica, con rilevante contenuto di fase liquida, facilmente condensabile quando la temperatura iniziale (all'interno della discarica nell'ordine di 50 °C) diminuisce lungo la rete di trasporto e collettamento. La condensazione del vapor acqueo, oltre a solubilizzare la CO₂ ed altri composti organici presenti nel biogas, causa il sifonamento per accumulo nelle condotte di convogliamento, rendendo necessaria l'attivazione di sistemi di separazione ed allontanamento delle condense.

7.4 Valutazione della produzione di biogas

La corretta progettazione e gestione dell'impianto di estrazione e di utilizzo presuppone la valutazione oltre che della quantità complessiva di biogas ottenibile da una singola tonnellata di rifiuti solidi, anche dell'effettiva curva di produzione, espressa in Nm³/h.

La produzione di biogas dipende da diversi fattori chimico – fisici e biologici, riconducibili sinteticamente a tre gruppi principali:

Caratteristiche ambientali:	precipitazioni
	temperatura dell'aria
	umidità dell'aria
	ventosità
	insolazione

Caratteristiche dei rifiuti: composizione

granulometria
 densità
 pretrattamenti
 umidità dei rifiuti

Modalità di conduzione dell'impianto:
 modalità di deposito dei rifiuti

geometria della discarica

 materiale di copertura intermedia
 tecniche di ottimizzazione della produzione di biogas
 tecniche di estrazione del biogas
 tecniche di smaltimento del percolato

Nella letteratura tecnica, sono stati proposti diversi modelli per stimare la produzione di biogas sulla base della qualità dei rifiuti e della cinetica di degradazione. Nella pratica si fa tuttavia ricorso a modelli misti che uniscono più informazioni di carattere teorico ed empirico.

Il processo di biogassificazione viene descritto tramite l'espressione (II):

$$\frac{d(C_g)_i}{dt} = K_i((C_b)_i - (C_g)_i) \quad (II)$$

dove:

$(C_g)_i$ = contenuto di carbonio organico della componente i convertito in gas al tempo t, (kgC/t_{RSU});

t = tempo di reazione (anni);

K_i = coefficiente di biodegradazione della componente i (anni⁻¹);

$(C_b)_i$ = contenuto di carbonio organico della componente i al tempo t=0, effettivamente biogassificabile (kgC/t_{RSU}).

La valutazione delle previsioni di produzione è stata effettuata con il metodo LMOP, uno dei più noti e diffusi nella letteratura tecnica di settore, ammettendo una potenzialità di metano pari ad 84 m³ per tonnellata.

Il risultato dell'applicazione del modello di calcolo è riportato nella Figura 7-4 e nella Tabella 7-4 dove si evidenzia la morfologia della curva di produzione oraria e di recuperabilità del biogas.

**PRODUZIONE E RECUPERO DI BIOGAS
DISCARICA CHIVASSO**

Year	Disposal Rate	Waste In-Place	LFG Generation Rate			Collection System Efficiency	LFG Recovery from Existing and Planned System		
	(Tonnes/yr)	(Tonnes)	(m ³ /min)	(m ³ /hr)	(mmBtu/yr)	(%)	(m ³ /min)	(m ³ /hr)	(mmBtu/yr)
2016	100.000	100.000	0,0	0	0	0%	0,0	0	0
2017	100.000	200.000	2,6	153	24.006	70%	1,8	107	16.804
2018	38.787	238.787	4,9	295	46.167	75%	3,7	221	34.625
2019	51.415	290.202	5,5	332	51.929	80%	4,4	265	41.543
2020	51.415	341.618	6,4	385	60.279	85%	5,5	327	51.237
2021	51.415	393.033	7,2	434	67.988	85%	6,2	369	57.790
2022	51.415	444.448	8,0	480	75.104	85%	6,8	408	63.838
2023	51.415	495.864	8,7	522	81.672	85%	7,4	443	69.422
2024	51.415	547.279	9,3	560	87.736	85%	7,9	476	74.576
2025	51.415	598.695	9,9	596	93.334	85%	8,4	507	79.334
2026	38.805	637.500	10,5	629	98.501	90%	9,4	566	88.651
2027	0	637.500	10,7	640	100.244	90%	9,6	576	90.219
2028	0	637.500	9,9	591	92.536	95%	9,4	562	87.910
2029	0	637.500	9,1	546	85.422	95%	8,6	518	81.151
2030	0	637.500	8,4	504	78.854	95%	8,0	479	74.912
2031	0	637.500	7,8	465	72.792	95%	7,4	442	69.152
2032	0	637.500	7,2	429	67.195	95%	6,8	408	63.835
2033	0	637.500	6,6	396	62.029	95%	6,3	376	58.928
2034	0	637.500	6,1	366	57.260	95%	5,8	348	54.397
2035	0	637.500	5,6	338	52.858	95%	5,3	321	50.215
2036	0	637.500	5,2	312	48.794	95%	4,9	296	46.354
2037	0	637.500	4,8	288	45.042	95%	4,6	273	42.790
2038	0	637.500	4,4	266	41.579	95%	4,2	252	39.500
2039	0	637.500	4,1	245	38.383	95%	3,9	233	36.463
2040	0	637.500	3,8	226	35.432	95%	3,6	215	33.660
2041	0	637.500	3,5	209	32.707	95%	3,3	198	31.072
2042	0	637.500	3,2	193	30.193	95%	3,1	183	28.683
2043	0	637.500	3,0	178	27.871	95%	2,8	169	26.478
2044	0	637.500	2,7	164	25.729	95%	2,6	156	24.442
2045	0	637.500	2,5	152	23.750	95%	2,4	144	22.563
2046	0	637.500	2,3	140	21.924	95%	2,2	133	20.828
2047	0	637.500	2,2	129	20.239	95%	2,0	123	19.227
2048	0	637.500	2,0	119	18.683	95%	1,9	113	17.749
2049	0	637.500	1,8	110	17.246	95%	1,7	105	16.384
2050	0	637.500	1,7	102	15.920	95%	1,6	97	15.124
2051	0	637.500	1,6	94	14.696	95%	1,5	89	13.962
2052	0	637.500	1,4	87	13.566	95%	1,4	82	12.888
2053	0	637.500	1,3	80	12.523	95%	1,3	76	11.897
2054	0	637.500	1,2	74	11.561	95%	1,2	70	10.983
2055	0	637.500	1,1	68	10.672	95%	1,1	65	10.138
2056	0	637.500	1,0	63	9.851	95%	1,0	60	9.359
2057	0	637.500	1,0	58	9.094	95%	0,9	55	8.639
2058	0	637.500	0,9	54	8.395	95%	0,8	51	7.975
2059	0	637.500	0,8	50	7.749	95%	0,8	47	7.362
2060	0	637.500	0,8	46	7.154	95%	0,7	43	6.796
2061	0	637.500	0,7	42	6.604	95%	0,7	40	6.273
2062	0	637.500	0,6	39	6.096	95%	0,6	37	5.791
2063	0	637.500	0,6	36	5.627	95%	0,6	34	5.346
2064	0	637.500	0,6	33	5.195	95%	0,5	32	4.935

2065	0	637.500	0,5	31	4.795	95%	0,5	29	4.555
2066	0	637.500	0,5	28	4.426	95%	0,4	27	4.205
2067	0	637.500	0,4	26	4.086	95%	0,4	25	3.882
2068	0	637.500	0,4	24	3.772	95%	0,4	23	3.583
2069	0	637.500	0,4	22	3.482	95%	0,4	21	3.308
2070	0	637.500	0,3	21	3.214	95%	0,3	20	3.054
2071	0	637.500	0,3	19	2.967	95%	0,3	18	2.819
2072	0	637.500	0,3	17	2.739	95%	0,3	17	2.602
2073	0	637.500	0,3	16	2.528	95%	0,3	15	2.402
2074	0	637.500	0,2	15	2.334	95%	0,2	14	2.217
2075	0	637.500	0,2	14	2.155	95%	0,2	13	2.047
2076	0	637.500	0,2	13	1.989	95%	0,2	12	1.889

NOTES:

Methane Content of LFG Adjusted to: 50%
Methane generation rate constant (k): 0,080 /year
Ultimate methane generation potential (L₀): 84 cubic meters / metric tonne

Tabella 7-4: Andamento della produzione del biogas

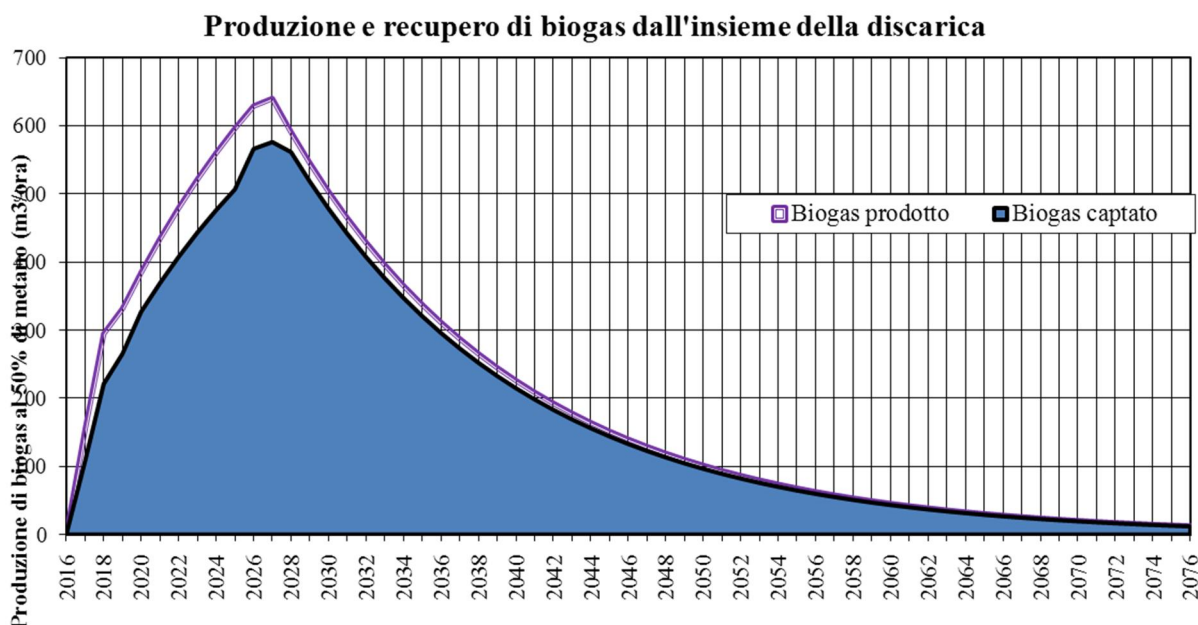


Figura 7-4: Andamento della produzione oraria di biogas.

Nell'applicazione della prospezione rappresentata graficamente in figura, relativamente all'efficienza del sistema di captazione del biogas, si è ipotizzata una determinata scansione temporale, riportata in Tabella 7-5. Si prevede che il sistema di estrazione forzata del biogas garantisca un'efficienza crescente dal 70% all'85% durante la fase di esercizio della discarica e che tale valore aumenti fino al 95% una volta terminata la copertura definitiva.

In particolare, per efficienza di impianto s'intende il rapporto tra la capacità di captazione della rete e la produzione teorica prevista di biogas.

Tale fattore, essenziale nel dimensionamento del sistema di aspirazione, trasporto e combustione, è funzione di diversi elementi tipici della discarica e della prevista rete di captazione.

Tra gli elementi che influenzano l'efficienza dell'impianto, dipendenti dalle caratteristiche del deposito di rifiuti, si elencano:

- grado di compattazione dei rifiuti;
- tipologia merceologica dei rifiuti;
- spessore dei rifiuti;
- saturazione dei rifiuti da parte del percolato;
- tipologia e permeabilità degli strati di infracopertura;
- tipologia e permeabilità degli strati di copertura finale.

Tra gli elementi dipendenti, invece, dalla rete di captazione si elencano:

- densità della rete di captazione (interasse dei pozzi);
- isolamento rispetto all'atmosfera (capping);
- depressione applicata agli elementi di captazione;
- caratteristiche costruttive degli elementi di captazione;
- allagamento degli elementi di captazione da parte dei percolati.

CHIVASSO 2.1		[%]	Periodo
	Recuperabilità	70	Secondo anno
	Recuperabilità	75	Terzo anno
	Recuperabilità	80	Quarto anno
	Recuperabilità	85	Dal quinto al decimo anno
	Recuperabilità	90	Undicesimo e dodicesimo anno
	Recuperabilità	95	Dal tredicesimo al sessantesimo anno

Tabella 7-5: Percentuali della recuperabilità del biogas prodotto durante il periodo di vita della discarica

Come è possibile notare dal grafico, la portata di biogas tende a crescere fino a raggiungere il picco di produzione di circa 640 Nm³/h, dei quali circa 576 Nm³/h potranno essere recuperabili. Con l'esaurimento dei conferimenti, poi, la produzione volgerà gradualmente all'esaurimento.

7.4.1 Produzione del biogas da parte delle discariche esaurite

La tabella che segue riportano le previsioni della produzione di biogas dalle attuali discariche Chivasso 1, Chivasso 2, Chivasso 3 e Chivasso 0.

<i>anno</i>	CHI-1	CHI-2 RSU	CHI-2 RSA	CHI-3 RSA	CHI-0	<i>totale</i>
2.000	218	210	377	0		804
2.001	209	266	345	0		820
2.002	201	313	316	0		830
2.003	182	341	291	17		831
2.004	166	296	268	46		777
2.005	152	259	247	84		742
2.006	139	227	229	138		733
2.007	127	200	212	176		716
2.008	117	177	197	200		691
2.009	108	157	183	252	0	701
2.010	99	141	171	324	0	734
2.011	92	126	159	403	62	843
2.012	85	113	149	461	114	923
2.013	79	102	139	463	177	960
2.014	73	93	130	453	240	989
2.015	68	84	122	519	275	1.067
2.016	63	77	114	475	294	1.023
2.017	59	70	107	437	260	933
2.018	55	64	101	403	231	853
2.019	51	59	95	372	206	782
2.020	47	54	89	344	184	719
2.021	44	50	84	319	166	663
2.022	41	46	79	296	150	612
2.023	38	43	74	275	136	566
2.024	36	39	70	256	123	525
2.025	33	37	66	239	112	487
2.026	31	34	62	223	102	453
2.027	29	32	59	209	94	422
2.028	27	29	55	195	86	393
2.029	26	27	52	183	79	367
2.030	24	25	49	172	73	343
2.031	22	24	46	161	67	321
2.032	21	22	44	151	62	300
2.033	19	21	41	142	58	281
2.034	18	19	39	134	53	263
2.035	17	18	37	126	49	247
2.036	16	17	35	118	46	231
2.037	15	16	33	111	43	217
2.038	14	15	31	105	40	204
2.039	13	14	29	99	37	191
2.040	12	13	28	93	34	180
2.041	11	12	26	88	32	169
2.042	11	11	25	83	30	159
2.043	10	10	23	78	28	149
2.044	9	10	22	74	26	140
2.045	9	9	21	69	24	132
2.046	8	9	20	65	22	124
2.047	8	8	18	62	21	117

Tabella 7-6: Andamento della produzione del biogas dalle discariche esaurite

7.5 Criteri di dimensionamento e verifica delle opere

7.5.1 Premessa

Nel presente paragrafo sono analizzati i criteri di dimensionamento delle opere previste nel progetto.

In particolare, l'intervento proposto per la soluzione del problema ambientale delle emissioni in atmosfera del biogas prevede di mettere in campo i seguenti impianti:

- pozzi verticali realizzati in elevazione, con raggio di influenza di 25 metri, ubicati all'interno dell'invaso in progetto;
- rete di trasporto e collettamento secondaria dei flussi, dai pozzi alle stazioni di regolazione;
- rete di trasporto e collettamento primaria dei flussi, dalle stazioni di regolazione alla centrale di aspirazione e combustione;
- nuova centrale di aspirazione e combustione in prossimità dell'ingresso al comprensorio delle discariche (lato Est di Chivasso 0);
- sistema di raccolta e scarico delle condense interne con rete a gravità ed a rilancio forzato (pompa).

7.5.2 Pozzi di estrazione

Il fattore determinante nel dimensionamento della rete di captazione organizzata su elementi verticali è il "raggio d'influenza", inteso come la distanza entro la quale il pozzo, mediante la depressione esercitata, mantiene la capacità di sviluppare efficacemente la propria azione.

Il raggio di influenza dei pozzi varia in funzione del tipo di copertura, della profondità della discarica, della composizione ed età del rifiuto e della depressione applicata. In realtà, non è possibile stabilire pozzo per pozzo l'ottimale depressione applicabile, poiché la ricerca delle condizioni dinamiche ottimali di funzionamento richiederebbe uno studio approfondito di campo della durata di parecchi mesi, per ogni singolo pozzo, per tener conto dell'eterogeneità di comportamento delle varie opere. Tuttavia si garantirà un valore minimo della depressione applicata mediante il sistema di estrazione forzata a ciascun pozzo, rilevato alla testa dello stesso, non inferiore a 50 mm di acqua.

Si deve, inoltre, tener conto della variabilità nel tempo della permeabilità del rifiuto, la quale è funzione, non solo della massa volumica e del grado di compattazione, diversi da zona a zona, bensì anche della porosità del rifiuto e della variazione nel tempo del tasso di umidità presente in discarica. Quest'ultimo parametro incide, infatti, notevolmente sul coefficiente di diffusione, determinando una variazione nel tempo del raggio di influenza del pozzo.

La scelta della distanza cui porre i singoli pozzi verticali, generalmente variabile tra i 20 e i 30 m, è comunque notevolmente influenzata dall'altezza del rifiuto stoccato in discarica; infatti minore è l'altezza della discarica, minore deve essere l'interasse tra i pozzi.

La distribuzione planimetrica dei pozzi ha consentito la definizione complessiva di 54 elementi di captazione, da realizzare in elevazione man mano che si procederà con la coltivazione della discarica, rispettivamente 21 sul primo lotto e 33 sul secondo lotto.

L'ubicazione dei nuovi pozzi è riportata in *Tav. 06-T08 – Planimetria dei pozzi di estrazione del biogas*. Con la disposizione prescelta, adottando un “raggio di influenza” di 25 metri, ogni punto della discarica è intercettato da almeno un pozzo del biogas.

Il vantaggio dell'uso dei pozzi in elevazione sta nel fatto che, sin dalla fase di coltivazione della discarica, è possibile veicolare il biogas prodotto, o in alternativa installare torce statiche, evitandone la dispersione in atmosfera, riducendo così l'impatto odorigeno della discarica stessa. Inoltre tale scelta progettuale consente di tenere sotto controllo la stabilità dei pozzi man mano che si procede con la coltivazione della discarica, eliminando ogni probabile incertezza di lacerazione del telo di fondo della discarica (problema riscontrato con la realizzazione di pozzi trivellati), evitando di dover operare con mezzi pesanti sul pacchetto di chiusura della discarica.

Le modalità costruttive dei nuovi pozzi, da installare sui nuovi “fondo vasca” o sulle zone sub-pianeggianti, saranno analoghe a quelle già adottate per i lotti precedenti. In sostanza si realizzerà, già nella fase di allestimento, l'elemento iniziale di ciascun pozzo, costituito da un tubo verticale fessurato fondato su un basamento in HDPE e circondato da una rete metallica anulare contenente un “vespaio” in ghiaia. Tuttavia, rispetto ai pozzi installati sulle vecchie discariche, in questo caso verranno realizzate delle gabbie metalliche telescopiche, in modo che, incastrandosi l'una dentro l'altro via via che si procede in elevazione, venga limitato il carico concentrato sui fondo-vasca e quindi sulle discariche sottostanti. Inoltre, lo strato filtro di materiale ghiaioso verrà posizionato solo nella parte superiore di ciascun elemento delle gabbie, il quale sarà separato dalla parte inferiore, che rimarrà vuota, da una rete metallica orizzontale. Quest'ultimo accorgimento fa sì che il peso del vespaio drenante, così come l'attrito negativo derivante dalla compattazione dei rifiuti, sia assorbito dall'elemento metallico e da questo distribuito alla massa dei rifiuti, e non vada invece a generare alcun carico sulla zona di appoggio del pozzo, (che, almeno per quanto riguarda la seconda fase, ricade sui rifiuti di Chivasso 2) evitando così il rischio di cedimenti differenziali del fondo vasca.

Il basamento in HDPE verrà poggiato su un letto di posa di sabbia, dello spessore di 0,15 m, per evitare danneggiamenti al sistema di impermeabilizzazione del fondo vasca. Il vespaio di ghiaia sarà racchiuso all'interno di una rete metallica elettrosaldata di forma circolare, di raggio pari a 0,5 m.

Man mano che l'altezza dei rifiuti aumenterà, i pozzi verranno incrementati in lunghezza con la posa di nuovi elementi di tubazione e di rete metallica, secondo le modalità rappresentate sulla *Tav. 06-T14 - Particolari dei nuovi pozzi di estrazione del biogas* (fasi da 1 A 6) e sull'elaborato integrativo “*int_tavola_57 discarica*” - *Particolari dei nuovi pozzi di estrazione del biogas – fondo vasca*” Come riportato sugli stessi particolari già in fase di esercizio i pozzi saranno collegati

all'aspirazione centralizzata, mediante una "campana" metallica amovibile, posizionata sulla testa del pozzo, e collegata mediante tubazioni in polietilene al sistema di estrazione.

I pozzi di estrazione da localizzare lungo le scarpate delle discariche esistenti (Cfr. *"int_tavola_58 discarica"* - *Particolari dei nuovi pozzi di estrazione del biogas – Scarpate*), invece, saranno dotati di un basamento in cls. da realizzare sul fondo, che funge da contrappeso per evitare che il sistema di estrazione scivoli verso il basso o che, se realizzato direttamente sulla scarpata, possa punzonare il sistema di impermeabilizzazione della stessa provocando la rottura del telo in Hdpe.

Come è possibile vedere dall'elaborato allegato, verrà innanzitutto realizzato un blocco in cls., di dimensioni pari a 1,5 x 1,5 x 1,0 m³, sul nuovo fondo vasca; a tale blocco verrà fissato un tubo fessurato in Hdpe che sarà appoggiato lungo la scarpata e sarà ancorato, all'estremità superiore, ad un ulteriore tubo fessurato verticale, da installare all'interno di una gabbia metallica, la quale andrà a sua volta riempita da materiale granulare per il drenaggio del gas. La gabbia metallica verrà dunque realizzata lungo la scarpata ma poggerà direttamente sui rifiuti abbancati.

7.5.3 Opere di convogliamento e regolazione

I pozzi di estrazione del biogas saranno collegati, mediante tubi in HDPE, che avranno caratteristiche analoghe a quelli già esistenti, alle sottostazioni di regolazione esistenti ed in progetto.

L'allestimento dell'area che attualmente separa la vasca di Chivasso 2 da quella di Chivasso 3, infatti, renderà necessario smantellare preventivamente le sottostazioni ivi presenti; si prevede, pertanto, la realizzazione di una nuova sottostazione di regolazione in prossimità dell'impianto di combustione del biogas a servizio delle discariche esistenti.

La realizzazione di dreni supplementari all'interno dello strato drenante del capping di Chivasso 3, descritta nei paragrafi seguenti, renderà, inoltre, necessaria la realizzazione di una ulteriore stazione di regolazione sulla sommità della Chivasso 3 stessa (cfr. *Tav. 06_T04 Planimetria opere preparatorie – collettamento biogas discariche esistenti*).

In corrispondenza del collegamento di ciascun pozzo al tubo di aspirazione sarà posta una valvola di regolazione, in modo da poter correggere la pressione di aspirazione singolarmente su ciascun manufatto, garantendo così una adeguata aspirazione da tutti i pozzi. Una seconda valvola di regolazione sarà presente in corrispondenza dell'innesto di ciascun tubo collettore sulla sottostazione di collettamento, e consente di regolare la pressione per gruppi di pozzi.

Per ciò che riguarda le stazioni di regolazione a servizio dei 54 nuovi pozzi di estrazione del biogas a servizio della discarica Chivasso 2.1, verranno realizzate tre nuove sottostazioni di regolazione.

Sulla *Tav. 06-T08 - Planimetria dei pozzi di estrazione del biogas* sono indicate le sottostazioni di regolazione esistenti e le 3 sottostazioni di regolazione di nuova realizzazione in progetto.

7.5.4 Nuova centrale di combustione del biogas

La Produzione di biogas valutata al paragrafo precedente, se smaltita in un impianto di recupero energetico, dovrebbe fornire in condizioni di picco una potenza elettrica di circa 0,7 MW. Tuttavia, per il dimensionamento dell'impianto di recupero energetico, occorre considerare altri aspetti.

1. In primo luogo, a differenza di quanto avviene per le discariche già esistenti, nel caso in esame non si potrà più usufruire di alcuna agevolazione nella vendita di elettricità al gestore nazionale, e pertanto l'installazione di un impianto di recupero energetico avente tale destinazione sarebbe antieconomica;
2. Per lo stesso motivo, non è possibile convogliare il biogas della nuova discarica allo stesso impianto di recupero energetico già esistente, opportunamente potenziato (opzione che invece, dal punto di vista tecnico, sarebbe ottimale, perché consentirebbe di compensare il progressivo calo di produzione delle discariche esistenti con il progressivo incremento produttivo di quella nuova);
3. Per contro, nell'ottica di un ottimale sfruttamento delle risorse, appare opportuno utilizzare un riutilizzo della fonte energetica direttamente presso lo stesso impianto Wastend, che necessita di consistenti apporti elettrici, come descritto nelle relazioni relative ai singoli impianti di trattamento;
4. Infine, il dimensionamento dell'impianto non può essere fatto sulla produzione massima istantanea di biogas, ma deve essere basato su una produzione che possa essere mantenuta per una decina di anni, smaltendo eventualmente in torcia gli eventuali picchi di produzione che eccedono le potenzialità dell'impianto.

Alla luce di tali considerazioni, l'opzione prescelta consiste nella realizzazione di un nuovo impianto di recupero energetico, da posizionarsi presso il vertice sud – est della discarica Chivasso 2, in prossimità dell'attuale portineria, come indicato sulla planimetria delle opere preparatorie (*Tav. 06_T04*). Affiancata all'impianto di recupero energetico sarà presente anche una torcia per l'eventuale biogas in eccesso, oltre che per garantire la combustione nelle fasi di interruzione di funzionamento dell'impianto di recupero energetico per manutenzioni o riparazioni.

Nei primi due anni, quando la produzione di biogas sarà ancora modesta, tutto il gas sarà inviato alla torcia centralizzata. Allorché la produzione di biogas raggiungerà quantitativi compatibili con il funzionamento dell'impianto di recupero energetico, il gas sarà inviato al generatore, producendo elettricità che, con opportuna linea elettrica, attraverserà la strada di accesso alla discarica e la Gora, andando ad alimentare gli impianti di trattamento.⁽⁸⁾ In prima approssimazione si prevede un impianto Jenbacher mod. JGS 316, della potenza di 850 kW”.

⁽⁸⁾ Non si esclude l'eventualità di realizzare in futuro una condotta diretta per il biogas, in modo da convogliare lo stesso ad un impianto di cogenerazione posto presso la zona degli impianti di trattamento. Tale intervento sarà eventualmente oggetto di un progetto di variante non sostanziale.

7.6 Interventi sul sistema di estrazione del biogas delle discariche preesistenti

7.6.1 Situazione attuale dell'impianto di estrazione del biogas sulla discarica "Chivasso 2"

La discarica Chivasso 2 è stata autorizzata con DGR n° 52-38875 del 03/07/1990 per ricevere sia rifiuti RSU sia rifiuti RSAU ed è stata realizzata, gestita, chiusa ed ora si trova in fase di post gestione. La discarica, costituita da tre celle, è stata attiva dal 1992 al 2001, con un volume di rifiuti conferiti pari a circa 1.485.000 m³. Attualmente la discarica è in fase di post gestione e risulta recuperata a verde.

La discarica è dotata di impianto biogas adibito all'estrazione, al convogliamento ed alla combustione con eventuale recupero energetico dello stesso presso la centrale di estrazione. Infatti, nel periodo tra il 1999 ed il 2008 è stato in funzione un motore a co generazione per la produzione di energia elettrica che utilizzava il biogas ad alto potere calorifico prodotto dalla discarica di cui all'oggetto. Successivamente, per il naturale evolvere della produzione di biogas, lo stesso è stato inviato esclusivamente alla termodistruzione.

Attualmente, la rete del biogas di Chivasso 2, è caratterizzata da 154 di pozzi biogas installati presso la superficie della stessa e da n. 7 sottostazioni installate sul perimetro della discarica.



Figura 7-2. Esempio di sottostazione a servizio della discarica Chivasso 2.

la discarica Chivasso 2, è stata autorizzata con DGR n° 52-38875 del 03/07/1990. Nell'anno 2006 e nel 2011 sono stati realizzati una serie di pozzi per l'estrazione del biogas dalla per la massimizzazione della produzione di biogas. Infatti, i pozzi del biogas coprono la totalità la

superficie della discarica come è possibile notare nella seguente immagine che rappresenta la rete di estrazione del biogas adibita alla discarica Chivasso 2.



Figura 7-3. Particolare di sottostazione a servizio della discarica Chivasso 2.

Relativamente all'impianto biogas installato presso la discarica, prendendo come riferimento la relazione n. Relazione R-13868 del 3 aprile 2013 redatta dalla società Emendo srl, è possibile stimare la produzione annua di biogas prodotto dalla discarica che risulta essere pari a 206 Nm³/h, decrescente di anno in anno dato che l'attività metanigena della discarica è oramai nella fase discendente data la vecchiaia dei rifiuti deposti risalenti al decennio 1990 – 2001.

Attualmente vengono estratti ed inviati alla termodistruzione presso l'impianto installato nel piazzale di SMC, mediamente all'incirca 450 m³/h di biogas con un metano pari a circa il 25 % che, normalizzato alle condizioni del 50% di metano, corrisponderebbero a 225 m³/h, che ben si attestano al dato ricavato dalla simulazione poc' anzi descritta.

Per verificare le condizioni di funzionamento dei singoli pozzi di estrazione del biogas si è proceduto ad una accurata verifica delle concentrazioni e delle depressioni rilevabili presso tutti i pozzi di estrazione della discarica Chivasso 2. Come riportato nella tabella che segue (tab. 7.7) a seguito degli interventi già effettuati negli scorsi anni tutti i pozzi di estrazione funzionano correttamente, e non si notano segnali che possano indurre un peggioramento significativo nei prossimi anni.

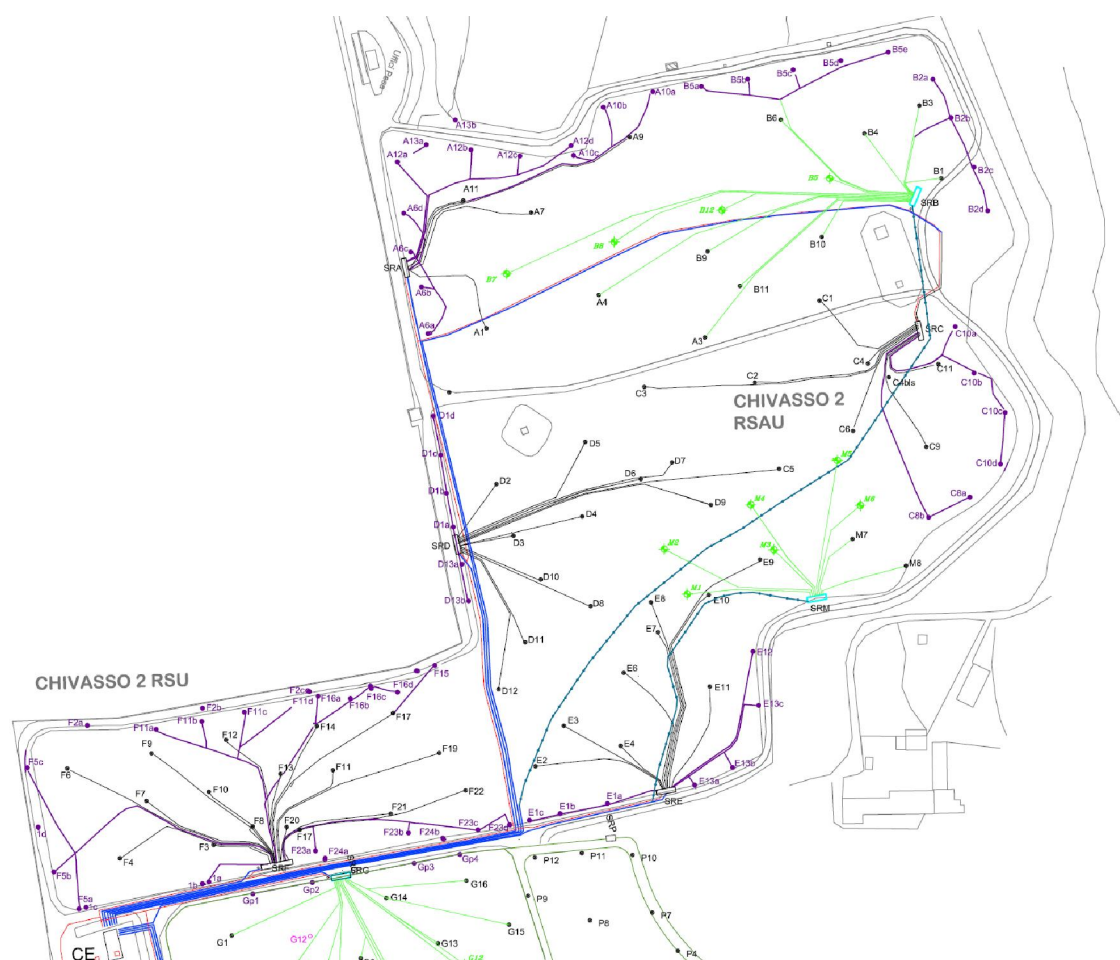


Figura 7-4. Rete di captazione attuale della discarica Chivasso 2.

Nel grafico seguente è stato riportato l'andamento della tabella della produzione captabile di biogas dalla discarica, nel quale è stato indicato con un simbolo rosso l'attuale produzione.

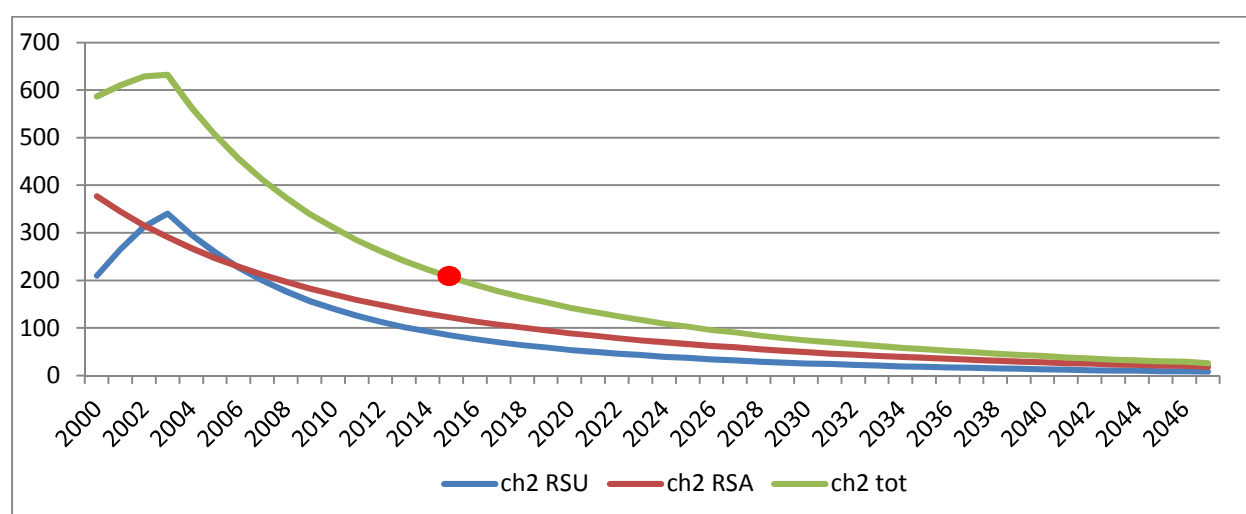


Figura 7-5. Grafico relativo alla produzione biogas dalla discarica “Chivasso 2”.

nome del pozzo	Ch4 %	CO2 %	O2 %	Dep mbar	nome del pozzo	Ch4 %	CO2 %	O2 %	Dep mbar
A3	37,4	31,3	2,3	-2,31	1d	15,5	10,6	1,9	-0,1
C10C	35,8	34,3	2,5	-0,24	F2a	0,8	1,5	15,2	-0,5
C10D	45,1	24,5	1,4	-0,5	F6	41,2	12,5	2,4	-0,4
B2b	8,5	12,4	9,8	-0,5	F5b	11,9	3,7	14,1	-0,6
C10A	1,2	1	16,2	-0,1	F4	36,8	18,5	2,2	-0,3
C8A	47,1	24,7	1,2	-0,4	1a	0,5	0,2	16,5	-0,4
M6-P30	38,9	27,5	0,1	-0,5	F5a	40,5	21,4	2,3	-0,1
C5	13,3	17,3	2,5	-0,5	1c	15,5	10,6	1,5	-0,1
E9	23,6	14,1	6,5	0,13	1b	39,8	9,8	1,3	-0,1
1b	25,6	19,7	1,2	-0,2	F7	48,1	15,3	0,9	-0,1
B2c	26	19,5	3,7	-0,3	F11	42,9	33,4	1	-0,2
C1	0,7	1,4	15,8	-0,5	F13	35,8	19,5	2,6	-0,4
A6A	0,5	3,2	14,6	-1,2	F11a	45,6	16,2	1,4	-0,8
A2	0,6	2,8	17,3	-1	F9	0,6	0,1	17,1	-2,77
B1	4,1	32,9	0,1	-2,1	F10	23,3	15,8	3,4	-0,2
B2b	22,6	15,8	1,7	-0,5	1B	12,5	13,4	3,4	-0,2
B3	48,1	38,1	0,5	-0,4	P1	45,8	30	1,2	-0,1
B5e	16,5	25,7	0,8	-0,2	E2	39,7	28,9	1,4	-0,9
M4	40,3	23,1	0,1	-0,4	F23c	34,7	13,1	4,2	-1,2
P19	48,3	24,1	0,5	-0,2	F22	2,1	2,3	15,9	-2,4
E6	38,4	27,9	0,5	-0,8	E1b	2,9	2,5	16,7	-2,6
E3	47,1	26,8	3,6	-0,7	C10B	8,1	10,3	9,7	-2,7
E13A	48,9	24,7	0,5	-0,8	E4	47,9	22,9	2,6	-3,4
C8C	38,7	37	0,7	-0,4	F24b	8,1	10,3	9,7	-0,1
e13b	43,6	22,4	1,2	-0,2	F8	1,6	0,8	16,4	-0,26
E11	31,3	19,6	6,3	-0,3	F17	42,1	11,6	2,2	-0,4
D8	45,7	24,9	1	-0,4	P9	1,6	4,6	9,6	-0,9
P30	45,2	31,4	1,2	-0,5	F3	35,7	17,9	2	-3,1
D9	49,2	24,1	3,5	-15,4	F23a	0,6	1,8	18	-0,1
E10	43,2	19,7	1,7	-1,4	F24a	1,4	0,2	17,4	-1,4
P21	38,5	24,9	0,9	-1,2	F20	2,5	0,6	18,7	-2,3
P20	37,4	34,1	1	-0,6	D1d	3,1	3,3	14,1	-3,4
P33	0,6	2,4	17,5	-0,4	D1b	47,1	14,8	1,1	-4,2
E8	25,4	31,5	0,5	-0,6	D2	35,9	21,3	4,3	-2,3
B8-P27	37,4	19,8	0,9	-0,4	D1d	10,2	13,6	1,8	-0,2
B7	32,5	26,8	1,5	-0,5	D1a	45,8	20,8	4,5	-0,1
A1	16,4	14,3	5,9	-0,6	D13B	39,7	24,9	1,2	-0,4
A8	42,1	29,7	1,2	-0,7	D10	45,8	28,4	1,4	-2,13
B12	35,6	24,7	1,5	-0,8	D3	47,1	14,9	1,3	-0,1
B7	37,8	25,8	1,7	-1,2	D13A	33,9	28,9	1	-0,4
C9	36,4	24,7	2,1	-0,4	D4	36,6	24,7	1,2	-0,7
E13C	14,5	35,6	2,5	-0,9	C4	44,7	24,9	1,3	-2,4
P17	25,7	22,1	0,5	-1,5	D7	22,9	19,7	1,4	-2,5
B10	0,5	2,5	14,2	-0,4	C8B	1,1	1,6	1,9	-3,4
A7	4,2	13	3,6	-0,2	C1	24,7	25,8	2	-2,2
B6	43,3	13,8	0,9	-0,2	F14	45,6	19,8	1	-1,4
A11	42,1	24,9	8	-0,5	C3	0,3	3,5	15,5	-2,4
A12	4,5	17,3	1,2	-0,3	D5	41,6	22,5	3,1	-2,3
A12d	0,4	7,1	11,7	-1,2	D7	42,8	25,7	1,2	-0,6
A12c	0,6	11,2	11,7	-0,84	C2	0,08	0,04	17,7	-0,2
A13a	0,5	27,9	0,8	-3,2	D11	47,8	28,9	1,4	-4,6
A6c	12,4	22,6	1,5	-0,6	F15	0,9	9,3	9,5	-0,2
A6b	28,5	24,7	1,2	-0,5	D12	1,5	7,3	9,6	-0,2
A12a	26,3	23,9	1	-0,2	F16d	42,3	17,2	4,6	-0,1
A6c	1,2	0,2	17,1	-0,4	P5	39,7	29,7	1,6	-0,3
A10c	0,4	0,3	16,9	-0,2	F18	42,3	24,5	1,2	-0,7
B5d	18,9	12,2	7,6	-0,6	PA2	36,8	19,8	2	-0,1
B5c	1	2,9	16,1	-0,3	F19	42,5	24,7	1,4	-0,4
B5	38,4	26,1	2	-0,4	F15	23,3	16,5	2,5	-0,8
B4	27,3	27,9	0,4	-0,3	F11c	46,7	15,4	2,1	-0,9
B5b	0,5	0,9	16,7	-0,4	F11d	45,2	17	3	-1
A9	17,9	13,1	9,8	-0,2	F2b	0,5	1,4	15,5	-0,2
A10b	0,6	0,9	17	-0,17	F12	19,3	3,2	13,1	-0,2
B5a	8,9	7,5	13,2	-0,3	F16b	42,7	22,8	1,8	-1,2
A10a	13,7	19,3	1,2	-0,1	F16c	38,7	19,7	1,3	-2,6
C8b	1	1,5	15,8	-0,5	F2c	0,7	1,8	14,4	-2,8
F5c	15,5	10,6	1,5	-0,1	F16a	43,7	16,3	1	-1,4

Tabella 7-7: Concentrazioni e depressioni rilevate sulle teste di pozzo del biogas della discarica "Chivasso 2"

7.6.2 Modifiche previste alla rete di captazione del biogas Chivasso 2.

Alla luce delle verifiche riportate al paragrafo precedente, non risulta necessario alcun potenziamento o alcuna sostituzione dei pozzi di estrazione del biogas dalla discarica Chivasso 2, dato che i pozzi funzionano oggi tutti correttamente e non si osservano indizi di significativi peggioramenti nei prossimi anni (nei quali, peraltro, la produzione di biogas dalla discarica dovrebbe ulteriormente diminuire, come evidenziato dal grafico di fig. 7.5.).

Ciononostante, in relazione al progetto di discarica denominata Chivasso 2.1, nell'ambito del progetto denominato Wastend, verranno realizzate una serie di interventi migliorativi sulle strutture di captazione della discarica esaurita Chivasso 2, al di sopra della quale sorgerà il nuovo invaso.

Infatti, verranno posti in essere le seguenti modifiche:

- Rifacimento delle tubazioni principali che adducono il biogas dalle 7 sottostazioni alla centrale di estrazione e combustione;
- Spostamento della sottostazione F, coinvolta nella realizzazione del primo lotto della discarica Chivasso 2.1;
- Per i pozzi di estrazione del biogas posti all'interno della discarica ad esclusione dei pozzi perimetrali; realizzazione di una doppia linea di adduzione secondaria del biogas dalla testa pozzo alla sottostazioni;
- Modifica della teste di pozzo presenti sulla discarica Chivasso 2 e sulla scarpata di Chivasso 3 interessata dall'intervento. La descrizione di tale intervento è riportata in modo dettagliato al paragrafo seguente.

Il primo intervento descritto nell'elenco puntato, consta nel rifacimento completo delle linee principali che collegano le sottostazioni alla centrale di estrazione. Le linee verranno realizzate in HDPE con dimensione esterna pari a 160 mm di diametro esterno, e verranno installate esternamente e lasciate a vista, al fine di poter intervenire in qualsiasi momento sulla linea stessa.

Infatti, la vecchia rete di estrazione era stata realizzata interrata e negli anni ha subito alcuni interventi di manutenzione in quanto soggetta ad assestamenti.

Per le sottostazioni dislocate sul lato Ovest della discarica e precisamente le sottostazione B, C, E, ed M, verranno realizzate delle condotte singole che sormonteranno l'attuale discarica Chivasso 3, presso la zona di realizzazione del lotto 1 della nuova discarica Chivasso 2.1.

Nella seguente immagine viene riportata la nuova rete di estrazione.

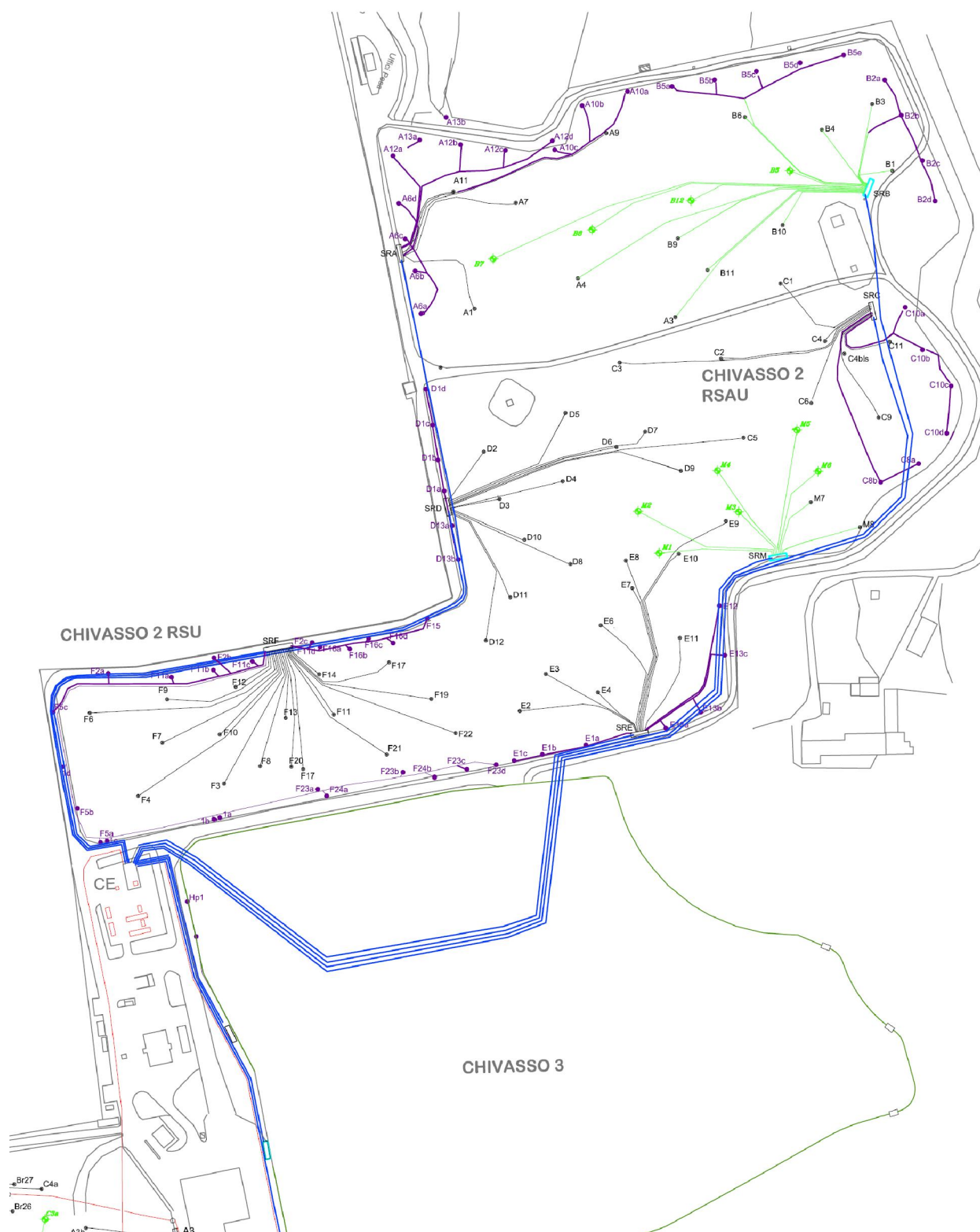


Figura 7-6 Rete di captazione modificata della discarica Chivasso 2

Un altro intervento da realizzare, propedeutico alla realizzazione del primo lotto della discarica Chivasso 2.1, sarà l'eliminazione della sottostazione F che è posizionata lungo la viabilità che

divide le due discariche Chivasso 2 e Chivasso 3. In questo caso la sottostazione F verrà rimossa e verrà spostata lungo il lato Sud del lotto 2 della discarica, lungo la viabilità esistente.

La nuova posizione è indicata nella seguente figura.

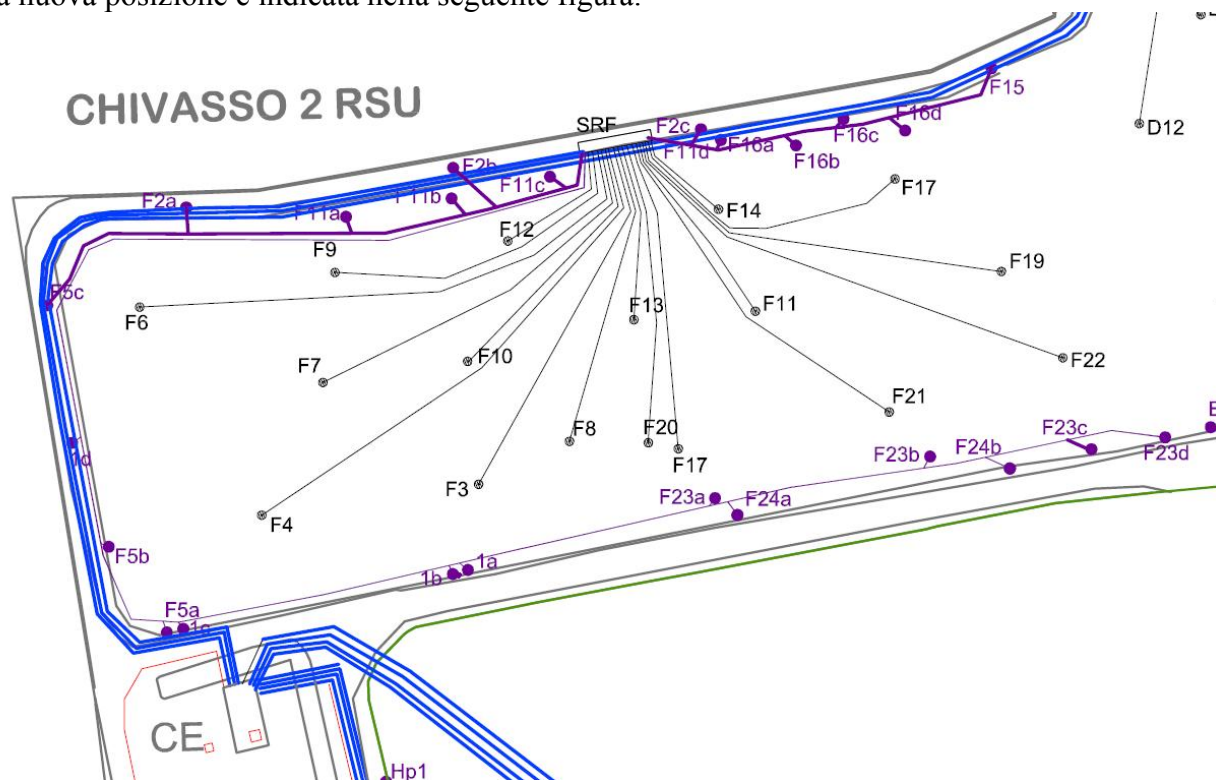


Figura 7-7 Particolare dello spostamento della sottostazione F

Il terzo intervento prevede di realizzare per ogni singolo pozzo posto sulla parte sommitale della discarica e coinvolto nella realizzazione della nuova discarica la realizzazione di una doppia linea di adduzione del biogas dalla testa pozzo alla sottostazione.

Infatti, durante i lavori di movimentazione terra propedeutici alla realizzazione del sottofondo per la realizzazione del nuovo invaso le tubazioni del biogas verranno posizionate all'interno dello strato di 20 cm inerti compreso fra l'argilla di capping della discarica esaurita Chivasso 2, e l'argilla dell'impermeabilizzazione di fondo della nuova discarica "Chivasso 2.1". Le vecchie tubazioni verranno affiancate da nuove tubazioni duali che garantiranno l'aspirazione del biogas dalle singole teste pozzo. Anche le teste di pozzo verranno modificate e saranno dotate di doppio stacco ad esse collegate le linee.

Presso la sottostazione l'arrivo linea verrà modificato con un raccordo a TEE e doppia valvola per garantire la possibilità di utilizzare le singole linee.

Infine per le singole teste di pozzo verranno modificate così come indicato al paragrafo seguente.

7.6.3 Adeguamento delle teste di pozzo per l'intercettazione del biogas dalle discariche preesistenti.

La realizzazione dell'impermeabilizzazione di fondo della nuova discarica sulle scarpate e sulla sommità delle discariche preesistenti, comporta la necessità di allontanare il biogas prodotto da queste ultime, che adesso viene estratto per mezzo di pozzi verticali.

Gli elaborati *“int_tavola_60 discarica”* e *“int_tavola_61 discarica”* mostrano come, per tali pozzi, si debba prevedere l'asportazione della testa di estrazione, e la sua sostituzione con un tubo di collettamento che correrà in un letto di inerti posto fra l'argilla di capping e la sovrastante argilla di impermeabilizzazione del nuovo invaso.

Nello specifico, per ciò che concerne i pozzi che ricadono al di sotto della nuova impermeabilizzazione della discarica Chivasso 2.1, verranno realizzate per ogni pozzo due tubazioni parallele, di collettamento alle sottostazioni di regolazione esistenti, immesse all'interno di uno strato di materiale inerte della potenza di circa 20 cm ⁽⁹⁾, al di sopra del quale potrà essere realizzato l'allestimento dei nuovi strati impermeabilizzanti. Per ogni pozzo, al fine di limitare il punzonamento che questo potrebbe provocare sulla nuova impermeabilizzazione, verrà effettuato uno scavo nel corpo rifiuti, di profondità pari a circa 1,5 m; verrà svuotata e asportata la gabbia metallica esistente e per una profondità di ulteriori 1,00 m verrà asportato il materiale granulare all'interno della rete metallica. Successivamente lo scavo sarà riempito con pneumatici triturati, con la funzione di assorbire la spinta derivante dal nuovo sistema di impermeabilizzazione e dai rifiuti che verranno abbancati. Effettuato il riempimento, sarà steso il materiale granulare all'interno del quale verrà immesso il tubo di collettamento del pozzo alla sottostazione di regolazione. Per i dettagli si rimanda alla *“int_tavola_60 discarica” - Particolari dei pozzi del biogas esistenti al di sotto della discarica Chivasso 2.1.*

Per ciò che riguarda invece i pozzi di estrazione esterni alla discarica Chivasso 2.1, che ricadono al di sotto dei rilevati costituiti dal materiale di riporto, questi verranno prolungati, mediante tubazione cieca, al di fuori del rilevato stesso. Laddove è presente il capping costituito dai teli geosintetici, verrà realizzato un “messicano”, al fine di non interrompere il sistema di impermeabilizzazione sommitale. Per i dettagli si rimanda alla *“int_tavola_61 discarica” -Particolari dei pozzi di estrazione del biogas esistenti al di fuori dell'impermeabilizzazione di Chivasso 2.1.*

I tubi di collettamento si raccorderanno alle sottostazioni di regolazione poste nelle posizioni indicate in *Tav. 06_T04.*

⁽⁹⁾ Tale strato di inerti non ha alcuna funzione né di drenaggio, né di impermeabilizzazione, ma soltanto quella di “contenimento” delle tubazioni. Come riportato sugli elaborati grafici, in linea teorica si prevede l'asportazione completa del terreno agrario già deposto, e la sua parziale sostituzione con lo strato di 20 cm che ospiterà le tubazioni del biogas. Nella pratica, per evitare di danneggiare gli strati sottostanti, sarà opportuno prudenzialmente lasciare in posto un piccolo strato residuo di terreno agrario, che, opportunamente integrato con inerti e regolarizzato, andrà a far parte dello strato di contenimento delle tubazioni.

7.6.4 Realizzazione di un drenaggio aggiuntivo sulla scarpata di “Chivasso 3”

La soluzione descritta al paragrafo precedente può essere considerata sufficiente per la discarica Chivasso 2, chiusa da molti anni e la cui produzione di biogas è ormai assai modesta.

Per la discarica Chivasso 3, occupata da rifiuti relativamente freschi, invece, si è invece previsto un intervento aggiuntivo, finalizzato a migliorare l'estrazione del biogas nell'eventualità che, per qualsiasi motivo, qualcuno dei pozzi verticali risultasse poco efficiente o, nel tempo, fosse soggetto a danneggiamenti. A tale scopo si prevede di incrementare la capacità drenante dello strato di drenaggio sommitale del gas posto a diretto contatto con i rifiuti (40 cm di pneumatici triturati + 10 cm di inerti naturali) inserendo all'interno di tale strato appositi tubi drenanti disposti lungo la linea di massima pendenza, ad un interasse di circa 20 m l'uno dall'altro, nella posizione indicata in *Tav. 06_T04*.

Esternamente al perimetro della nuova impermeabilizzazione ogni tubo drenante si raccorderà ad una tubazione non fessurata che fuoruscirà dallo strato di capping della discarica Chivasso 3, per raccordarsi ad una nuova stazione di regolazione, posizionata sulla sommità della stessa discarica.

8 FASI DI ESERCIZIO E DI RICOPERTURA FINALE

8.1 Evoluzione della discarica in fase di allestimento e gestione

Rimandando ai “piani gestionali” la descrizione dettagliata delle fasi di coltivazione della discarica, si evidenzia che l'allestimento, e conseguentemente la coltivazione della discarica “Wastend”, avverrà in più fasi successive.

La prima fase interesserà l'allestimento della fascia che attualmente separa Chivasso 3 e Chivasso 2, come illustrato in *Tav. 06-T16 – Planimetria di allestimento Fase 1*, e comporterà la realizzazione di un'area di abbancamento rifiuti pari a circa 23.500 m².

Una volta completato l'allestimento di tale settore, pertanto, l'abbancamento dei rifiuti (circa 200.000 m³) potrà avvenire sull'intera area impermeabilizzata, sino al raggiungimento della morfologia illustrata in *Tav. 06-T17 - Planimetria di coltivazione Fase 1 ed Allestimento Fase 2*, nella quale viene, altresì, evidenziato l'allestimento della restante parte della discarica (Fase 2).

Quest'ultimo intervento (Fase 2), comporterà la realizzazione di un'area di abbancamento rifiuti pari a circa 38.900 m², sulla quale troveranno collocazione circa 524.600 m³ di rifiuti (compreso il ricongiungimento morfologico con i rifiuti abbancati nel primo lotto).

Ai volumi indicati si devono aggiungere i volumi recuperati a seguito dell'asestamento della sottostante discarica “Chivasso 2”, prudenzialmente stimati in 62.400 m³.

Poiché, inoltre, la zona interessata dalla seconda fase di allestimento presenta un fondo vasca di dimensioni più ampie, suddiviso in due compluvi distinti separati da un argine impermeabilizzato, la fase 2 potrà a sua volta suddividersi in “fase 2a” (a nord del rilevato di separazione) e “fase 2b” a

sud. In tal modo, pertanto, sia l'allestimento che l'esercizio della discarica risulteranno suddivisi in 3 fasi successive, dilazionando sia l'investimento che l'occupazione delle aree.

La discarica verrà, dunque, riempita secondo le modalità descritte nel Piano di gestione operativa.

In *Tav. 06-T18 - Evoluzione delle fasi di allestimento e coltivazione*, vengono evidenziati, altresì, i percorsi di accesso al fronte dei rifiuti nel corso dell'evoluzione della discarica.

8.2 Ricopertura e sistemazione finale

8.2.1 Descrizione del sistema di copertura in progetto

Esauritasi la capacità utile della discarica, si dovrà, procedere alla realizzazione di un'appropriata copertura finale dell'area interessata dall'abbancamento dei rifiuti al fine di separare i rifiuti dall'ambiente superficiale.

Il pacchetto di chiusura proposto dovrà, infatti, essere in grado di:

- minimizzare l'infiltrazione delle acque meteoriche nel corpo della discarica,
- consentire il corretto esercizio dei sistemi di raccolta del percolato;
- ostacolare la fuoriuscita incontrollata di biogas;
- adattarsi ai cedimenti nel tempo dell'ammasso dei rifiuti;
- favorire la piantumazione e la sistemazione a verde dell'area.

Per quanto concerne le caratteristiche della copertura finale si è fatto riferimento all'Allegato 1 del Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n° 36 - Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti (G.U. n. 59 del 12 marzo 2003) – *Criteri Costruttivi e gestionali degli impianti di discarica - impianti per rifiuti non pericolosi e per rifiuti pericolosi*, punto 2.4.3. Copertura superficiale finale.

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

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

Si sottolinea inoltre che nel presente progetto, vengono fatti salvi criteri e cardini relativi al piano di recupero complessivo dell'intero comparto di smaltimento "Regione Pozzo-Fornace SLET" (comprendente le discariche Chivasso 1, 2 e 3); in particolare, si provvede a contestualizzare, date le similitudini di base, il progetto di recupero relativo alla "Chivasso 3", così come autorizzato dalla Provincia di Torino, prot. n. 226-41088/2010 del 10 novembre 2010.

La superficie finale dovrà, quindi, rispondere ai criteri di regolarità e conformità previsti per l'intervento attualmente autorizzato della Chivasso 3. In aggiunta a quanto previsto su "Chivasso

3", tuttavia, nella discarica "Chivasso 2.1" si prevede la posa di una geomembrana a completamento dell'impermeabilizzazione sommitale garantita dall'argilla.

Pertanto, il sistema di copertura di sponda risulta composto come segue:

- uno strato drenante, costituito da pneumatici tritati e materiale inerte (rispettivamente 40 e 10 cm di spessore), dello spessore $s > 50$ cm;
- un geocomposito bentonitico, costituito da uno strato di bentonite trattenuto fra due strati di geotessuto;
- una geomembrana HDPE di spessore 1,5 mm;
- un geocomposito drenante, costituito da un nucleo di georete estrusa (HDPE) e da un geotessile non tessuto, per le acque superficiali in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere sottostanti;
- una geostuoia "aggrappante";
- uno strato di terreno naturale agrario additivato con compost, con $s > 70$ cm, volto a fornire un'adeguata protezione alle barriere sottostanti contro l'erosione e le escursioni termiche;
- uno strato di terreno vegetale, anch'esso additivato con compost, di spessore pari ad almeno 30 cm in grado di accogliere la vegetazione finale.

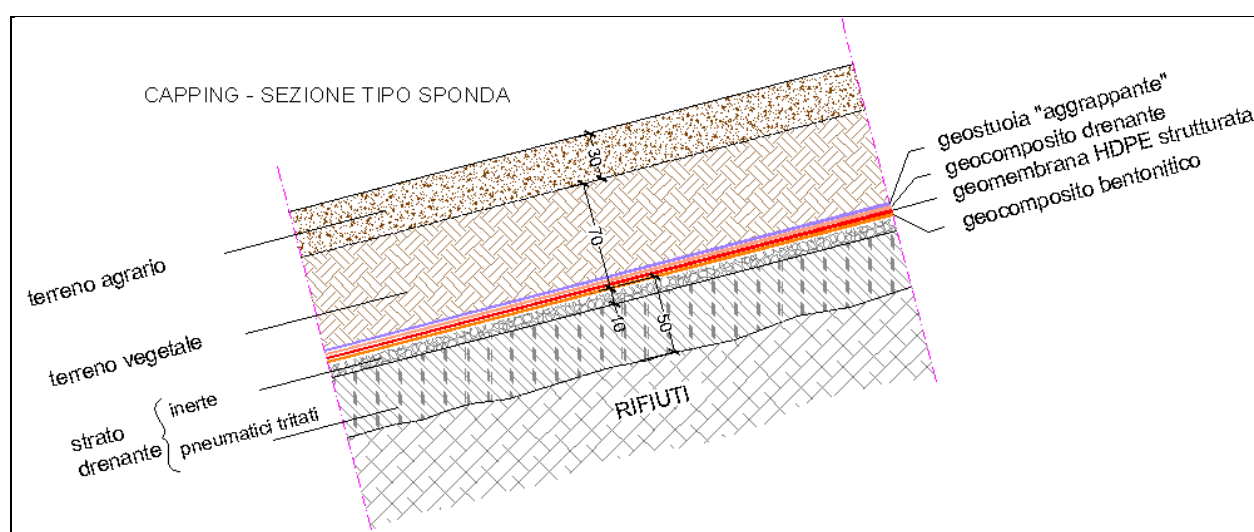


Figura 8-1. Sezione tipo, schema stratigrafico del sistema di copertura previsto per le sponde della sopraelevazione in progetto

La copertura finale sommitale, invece, verrà realizzata mediante una struttura multistrato costituita, dal basso verso l'alto, dai seguenti strati:

- uno strato drenante costituito da pneumatici tritati e materiale inerte (rispettivamente 40 e 10 cm di spessore), dello spessore $s > 50$ cm;
- un geotessile non tessuto;
- uno strato naturale di argilla compattato dello spessore di 60 cm e di conducibilità idraulica minore o uguale a 10^{-8} m/s;

- una geomembrana HDPE di spessore 1,5 mm;
- un geocomposito drenante, costituito da un nucleo di georete estrusa (HDPE) e da un geotessile non tessuto, per le acque superficiali in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere sottostanti;
- uno strato di terreno naturale agrario con $s > 70$ cm, volto a fornire un'adeguata protezione alle barriere sottostanti contro l'erosione e le escursioni termiche;
- uno strato di terreno vegetale di copertura con spessore pari ad almeno 30 cm in grado di favorire lo sviluppo delle specie vegetali previste dal piano di ripristino ambientale.

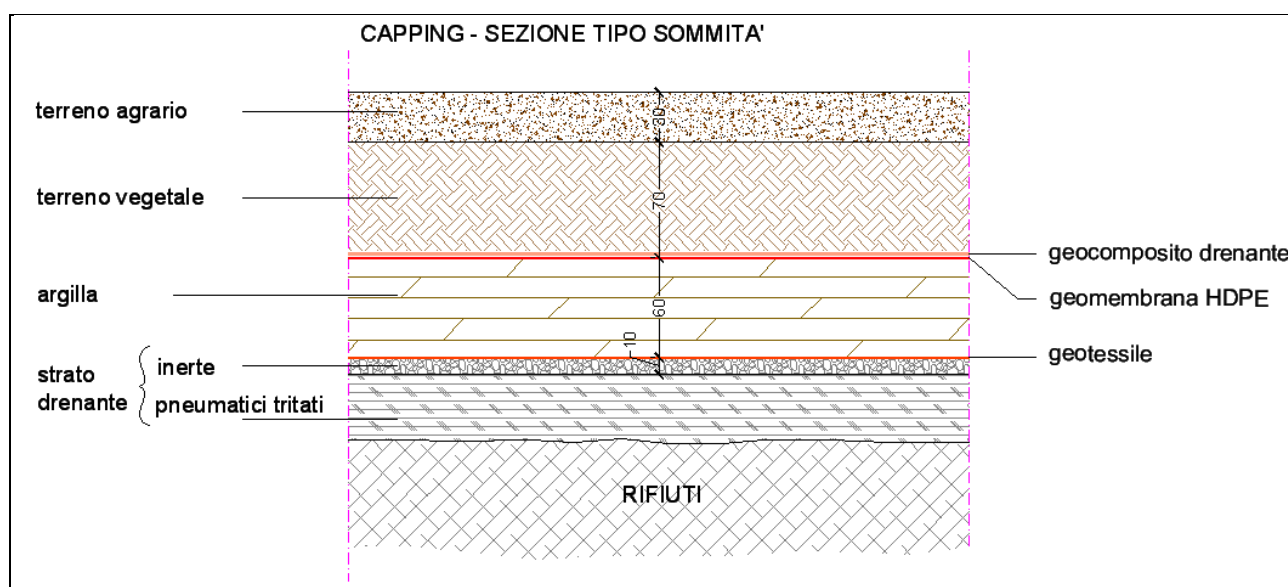


Figura 8-2. Sezione tipo, schema stratigrafico del sistema di copertura previsto per la parte sommitale della sopraelevazione in progetto

Sull'elaborato *Tav. 06-T11-Sezioni AA, BB, CC, DD Coltivazione e chiusura*, vengono riportati i particolari relativi alle modalità di ancoraggio dei teli costituenti il sistema di copertura finale della discarica in progetto.

Il sistema di copertura, così come precedentemente descritto, è stato progettato con caratteristiche analoghe a quelle già attualmente autorizzate per la Chivasso 3, fatta salva l'aggiunta della geomembrana HDPE per migliorare l'impermeabilizzazione e ridurre, così, la produzione di percolato. Pertanto, anche in relazione alla valutazione di equivalenza del sistema di confinamento proposto rispetto a quello indicato dalla normativa restano valide le osservazioni e le valutazioni effettuate nel progetto relativo alla Chivasso 3 stessa (lotti 5 e 6), già approvato dagli Enti.

La funzione di tale intervento si inquadra nelle attività tese a limitare e contenere le emissioni, a garantire i processi biochimici di degradazione della massa dei rifiuti, a favorire i processi di assestamento dell'area e soprattutto a limitare le infiltrazioni d'acqua all'interno del bacino di scarico

in modo da dover gestire un limitato quantitativo di percolato, comunque presente anche dopo la chiusura dell'impianto di discarica.

Si rimanda alle relazioni specifiche per gli aspetti concernenti la rivegetazione della superficie finale della discarica.

In particolare, la presenza della geomembrana di capping ridurrà drasticamente l'infiltrazione di acque meteoriche e la conseguente produzione di percolato; per evitare che ciò si traduca una eccessiva "secchezza" dei rifiuti in discarica (che potrebbe ostacolare o rallentare i processi di biodegradazione) si prevede di realizzare, sotto gli strati di capping, un sistema di ricircolo controllato del percolato, finalizzato a garantire la corretta umidità nei rifiuti. In tal modo si otterranno, contemporaneamente, più risultati positivi:

- l'impermeabilizzazione con geomembrana ridurrà la produzione di percolato;
- la reinfiltrazione controllata di parte del percolato ridurrà ulteriormente il quantitativo di percolato da trattare e/o smaltire;
- la reinfiltrazione controllata garantirà altresì la corretta umidità dei rifiuti accelerando la biodegradazione;
- per effetto della biodegradazione accelerata si ottimizzerà la produzione e lo sfruttamento del biogas.

8.2.2 Equivalenza per il drenaggio delle acque fra strato di materiale granulare e geocomposito drenante

La direttiva europea 1999/31/CE relativa alle discariche controllate, recepita in Italia dal D. Lgs. 13 gennaio 2003, n° 36, prevede l'impiego, come strato drenante, di un materiale granulare in grado di garantire che non si manifesti un battente idraulico al di sopra dello stesso.

Il calcolo della capacità drenante di tale strato e della conducibilità idraulica necessaria, si basa sulle caratteristiche di pioggia, oltre che sulla geometria del sito.

Da indagini sperimentali condotte su differenti discariche di RSU chiuse, la percentuale di acqua che effettivamente raggiunge lo strato drenante risulta essere compresa tra il 20 e il 50% dei mm di pioggia precipitati considerando le perdite per evapotraspirazione, ruscellamento superficiale ed assorbimento del suolo.

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

$$j = h/t = a \cdot t^{n-1} \quad [\text{mm/h}]$$

in cui:

h = altezza della colonna d'acqua [mm];

t = durata della precipitazione [h];

a = pioggia oraria espressa in mm, pari a 41,66 mm;

n = coefficiente esponenziale adimensionale, pari a 0,41

I valori dei coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica sono stati ricavati dalla 'Relazione generale del PS 45' redatta dall'autorità di bacino del fiume Po.

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

$$q = 2,777 \cdot 10^{-7} \cdot j \quad [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2]$$

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

$$Q = 2,777 \cdot 10^{-7} \cdot h/t \cdot \cos \beta \cdot f \cdot L \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

β = inclinazione del pendio [°]

f = coefficiente di infiltrazione

L = sviluppo del pendio [m]

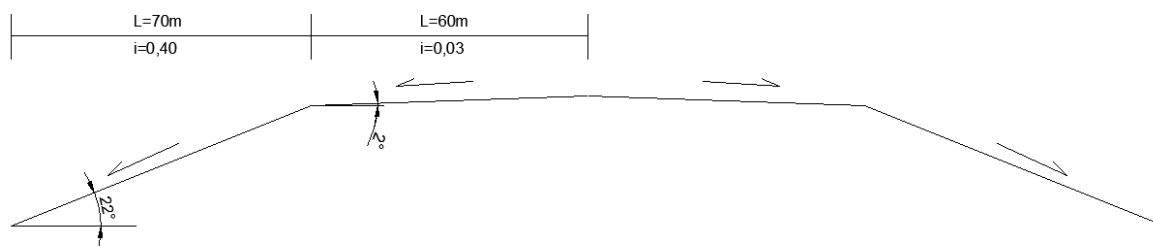
Caratteristiche della piovosità nell'area:

$h = 41,66$ [mm]

$t = 1,00$ [ora]

La conformazione della discarica è caratterizzata da superfici sommitali sub orizzontali, con pendenza pari a circa 2° e da scarpate perimetrali con pendenza pari a circa 22°.

La verifica dell'equivalenza, ai fini del drenaggio delle acque, fra strato di materiale granulare (previsto nel D. Lgs. 36/2003) e geocomposito drenante (proposta progettuale) relativamente alla copertura finale può essere, pertanto, ricondotta ad una sezione critica, che interseca la scarpata in elevazione lungo la direzione di massima pendenza ed in corrispondenza del massimo dislivello tra piano campagna e quota sommitale della discarica; al piede della scarpata la sezione di deflusso attraverso il geocomposito drenante dovrà essere in grado di smaltire una portata individuata dalla somma di due contributi, costituiti dalle acque meteoriche provenienti dalla superficie sommitale sia quelle direttamente insistenti sulla scarpata.



Applicando la metodologia di calcolo precedentemente illustrata, pertanto, sono state calcolate le due portate, sulla base delle caratteristiche morfometriche dei due tratti in cui è stato suddiviso il pendio considerato.

Il tratto sommitale risulta il più critico dal punto di vista della minima pendenza, mentre la base della scarpata deve smaltire entrambi i contributi idrici calcolati.

I risultati sono riassunti nella seguente tabella.

	Sommità	Scarpata
$\beta [^\circ]$	2	22
f coeff. di infiltrazione (Wiemer, 1987)	0,30	0,30
L [m] (lunghezza del pendio)	60	70
i gradiente idraulico lungo il pendio	0,03	0,40
Q [m ³ /s]	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,25 \times 10^{-4}$
Q [l/s]	0,21	0,23

La portata idraulica di progetto, pertanto, risulta pari a:

$Q_1 = 2,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,41 \text{ l/s}$ in corrispondenza del cambio di pendenza tra sommità e scarpata

$Q_2 = 4,33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,44 \text{ l/s}$ in corrispondenza del piede della scarpata

Considerando uno spessore per il materiale granulare pari a 500 mm, ed ipotizzando che il moto di filtrazione al suo interno sia uniforme, è possibile determinare la conducibilità idraulica k dello strato di ghiaia mediante la relazione di Darcy:

$$Q = k A i \quad [\text{m}^3/\text{sec}]$$

Con:

$A = [\text{m}^2]$ area della sezione drenante (assumendo la larghezza unitaria, A =spessore dello strato drenante)

i [-] gradiente idraulico

Nel caso in oggetto, essendo:

$$Q = 2,08 \times 10^{-4} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$i = 0,03 \quad \text{gradiente idraulico in sommità}$$

$$A = 0,50 \quad [\text{m}^2]$$

si avrebbe:

$$k = 14,0 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$$

Tale valore di conducibilità idraulica è abbastanza elevato e comporta la necessità di conferire in cantiere ingenti quantitativi di un materiale difficilmente reperibile in tale quantità da una singola fonte e, quindi, non omogeneo qualitativamente. In aggiunta a ciò è d'obbligo garantire e verificare la stabilità meccanica di tale materiale come enfatizzato dal suddetto Decreto.

Pertanto è opportuno valutare la possibilità di sostituire lo stesso strato drenante con un materiale sintetico.

L'impiego di opportuni geocompositi drenanti come alternativa ad uno strato drenante in materiale granulare consente di avere delle garanzie certificate sulla effettiva capacità di smaltimento delle acque del prodotto.

Inoltre, utilizzando tale alternativa, la copertura finale risulta essere notevolmente alleggerita con notevole giovamento della stabilità dell'opera.

Pertanto si propone, come alternativa, la sostituzione del materiale granulare con un materiale sintetico costituito dall'accoppiamento di una georete estrusa in HDPE e di un geotessile non tessuto in PP avente le medesime prestazioni, nel breve termine e soprattutto nel lungo termine, dello strato drenante naturale che va a sostituire.

Prima di procedere con la verifica di equivalenza della portata del materiale sintetico equivalente, è necessario ricordare come il flusso espresso tramite la legge di Darcy per materiali granulari non risulti essere influenzato dal carico verticale applicato; al contrario, un geocomposito drenante sintetico ha caratteristiche di portata idraulica che sono fortemente legate allo stato di sollecitazione verticale cui è sottoposto.

E' quindi necessario che le portate idrauliche da garantire siano disponibili anche per carichi applicati elevati, pari a quelli che potranno interessare la copertura durante le operazioni di stesa del terreno di coltivo (il reale carico applicato sarà pertanto raddoppiato e sarà considerato un carico di 50 kPa). Allo stesso modo lo spessore del materiale, a seguito di applicazione di un carico pari a 50 kPa, non deve mai risultare inferiore ai 5.00 mm, e comunque la riduzione di spessore tra 20 e 50 kPa non deve mai superare il 10% dello spessore iniziale.

Considerato lo sviluppo dei pendii ed il possibile transito di mezzi al di sopra dei materiali, è necessario che il materiale proposto abbia una resistenza a trazione minima che gli consenta di resistere ad eventuali sollecitazioni di taglio trasmesse dai mezzi d'opera. Un valore ragionevole per tale resistenza minima può essere assunto pari a 20.0 kN/m, con allungamenti del materiale al picco che siano contenuti entro il 50% (+/- 5%).

Un ultimo requisito di base per il prodotto scelto come alternativa è la sua assoluta inerzia chimica; è quindi preferito un materiale costituito da polimeri chimicamente inerti, le cui proprietà possono essere garantite nel tempo indipendentemente dalle condizioni di acidità-basicità del terreno.

Si assume pertanto come carico di progetto per il geocomposito un valore pari a:

$$\sigma_h = 50,00 \text{ kPa}$$

Come in precedenza per la ghiaia, si considera poi una larghezza unitaria di prodotto.

$$L = 1.00 \text{ [m]}$$

La portata idraulica di un geocomposito può essere misurata secondo la normativa ASTM D4716 (o EN - ISO12958). Secondo queste normative le prove vengono effettuate sotto diversi carichi e sotto alcuni gradienti idraulici caratteristici (0.10 e 1.00, talvolta 0.50).

Se il gradiente “i” di progetto è differente dai valori indicati dal diagramma di trasmissività caratteristico del geocomposito drenante prescelto, è possibile calcolare la portata specifica per il gradiente immediatamente superiore a quello reale di progetto mediante la relazione sperimentale

$$Q_i = Q_{progetto} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_{progetto}}}$$

Dove

Q_i = portata specifica indicata nel diagramma di trasmissività per $i > i_{progetto}$

$Q_{progetto}$ = portata specifica per il gradiente $i_{progetto}$

i = gradiente idraulico, presente nel diagramma, superiore a quello reale di progetto

$i_{progetto}$ = gradiente reale di progetto

Nell'ipotesi di impiegare geocompositi con anima drenante a tre fili, è necessario individuare un materiale che, sotto un carico di 50 kPa, garantisca una portata idraulica con pendenze, rispettivamente del 3% e del 40%, pari almeno a

$$Q_{progetto1} = Q_{i=0,03} = 2,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,21 \text{ l/s}$$

in corrispondenza del cambio di pendenza tra sommità e scarpata (gradiente 0,03)

$Q_{\text{progetto2}} = Q_{i=0,40} = 4,33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,43 \text{ l/s}$ in corrispondenza del piede della
 scarpata (gradiente 0,40)

Cui corrisponde una portata pari a:

$$Q_{i=0,1} = Q_{i=0,03} \cdot \sqrt{\frac{0,1}{0,03}} = 0,21 \times 1,82 = 0,38 \text{ l/s}$$

$$Q_{i=1} = Q_{i=0,40} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,40}} = 0,43 \times 1,58 = 0,68 \text{ l/s}$$

Al fine di tenere conto del comportamento del geocomposito a lungo termine (deformazioni, eventuale intrusione del geotessile o della frazione fine del terreno di copertura, che potrebbero comportare una riduzione della funzionalità all'80% delle prestazioni iniziali), si ritiene necessario incrementare come segue la portata minima del geocomposito:

$$Q_{i=0,1} = 0,38 \times 1,25 = 0,475 \text{ l/s}$$

$$Q_{i=1} = 0,68 \times 1,25 = 0,85 \text{ l/s}$$

Di seguito si riassumono le caratteristiche minime per il geocomposito necessario a soddisfare i requisiti di progetto.

polimero georete e geotessile	HDPE o PP (non sono ammissibili PET o PA)
struttura georete	tre ordini di fili incrociati e sovrapposti
numero geotessile	2
stabilizzante u.v.	Nerofumo
spessore minimo (EN 964)	5.0 mm
portata idraulica (ASTM D4716)	
i=1 $\sigma_v = 100 \text{ kPa}$	0,85 l/s
i= 0,1 $\sigma_v = 100 \text{ kPa}$	0,475 l/s

resistenza a trazione minima (EN ISO 10319)	20.0 kN/m
---	-----------

Si evidenzia come la condizione più gravosa sia rappresentata dalle superfici sommitali, a esigua pendenza, per le quali occorrerà impiegare un geocomposito drenante dalle caratteristiche idrauliche più elevate rispetto a quello necessario a soddisfare i requisiti minimi di drenaggio lungo le scarpate.

9 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Si riporta di seguito il cronoprogramma delle opere preliminari e di allestimento della discarica Chivasso 2.1.

La prima fase, includendo in essa anche tutte le operazioni preparatorie e preliminari propedeutiche all'allestimento vero e proprio della discarica, verrà realizzata in circa 9 mesi.

La seconda fase, includendo in essa oltre che alle operazioni preparatorie di risagomatura della morfologia esistente anche la rimozione dei tralicci elettrici attualmente presenti e la risistemazione della rete elettrica, verrà realizzata in circa 8 mesi. Si precisa comunque che la seconda fase dovrà essere conclusa entro due anni dall'entrata in esercizio della prima fase, sulla base dei ritmi di conferimento dei rifiuti.

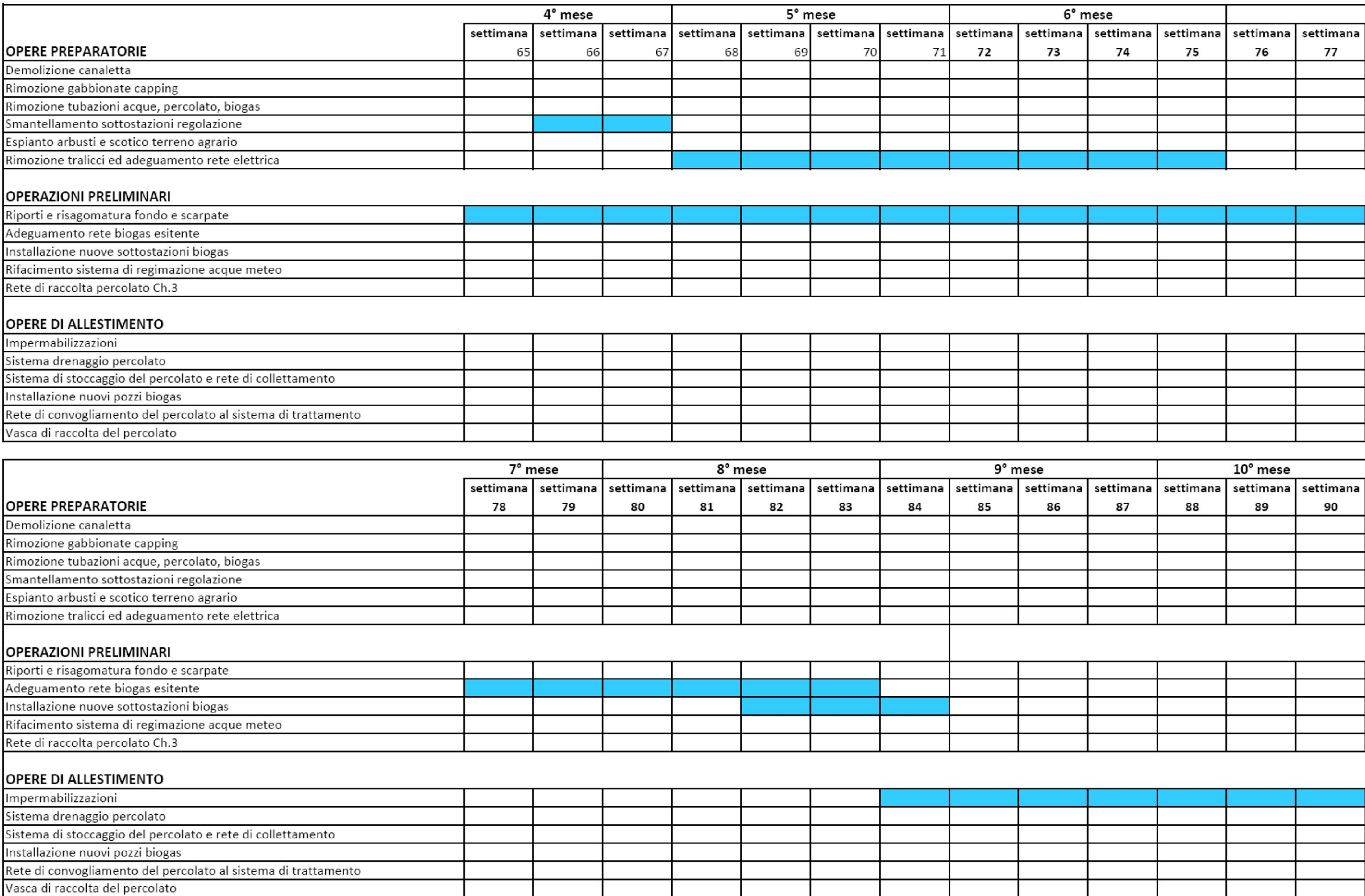
	1° mese				2° mese				3° mese				
	settimana 1	settimana 2	settimana 3	settimana 4	settimana 5	settimana 6	settimana 7	settimana 8	settimana 9	settimana 10	settimana 11	settimana 12	settimana 13
OPERE PREPARATORIE													
Demolizione canaletta													
Rimozione gabbionate capping													
Rimozione tubazioni acque, percolato, biogas													
Smantellamento sottostazioni regolazione													
Espianto arbusti e scotico terreno agrario													
Rimozione tralicci ed adeguamento rete elettrica													
OPERAZIONI PRELIMINARI													
Riporti e risagomatura fondo e scarpate													
Adeguamento rete biogas esistente													
Installazione nuove sottostazioni biogas													
Rifacimento sistema di regimazione acque meteo													
Rete di raccolta percolato Ch.3													
OPERE DI ALLESTIMENTO													
Imperabilizzazioni													
Sistema drenaggio percolato													
Sistema di stoccaggio del percolato e rete di collettamento													
Installazione nuovi pozzi biogas													
Rete di convogliamento del percolato al sistema di trattamento													
Vasca di raccolta del percolato													

	4° mese			5° mese				6° mese					
	settimana 14	settimana 15	settimana 16	settimana 17	settimana 18	settimana 19	settimana 20	settimana 21	settimana 22	settimana 23	settimana 24	settimana 25	settimana 26
OPERE PREPARATORIE													
Demolizione canaletta													
Rimozione gabbionate capping													
Rimozione tubazioni acque, percolato, biogas													
Smantellamento sottostazioni regolazione													
Espianto arbusti e scotico terreno agrario													
Rimozione tralicci ed adeguamento rete elettrica													
OPERAZIONI PRELIMINARI													
Riporti e risagomatura fondo e scarpate													
Adeguamento rete biogas esistente													
Installazione nuove sottostazioni biogas													
Rifacimento sistema di regimazione acque meteo													
Rete di raccolta percolato Ch.3													
OPERE DI ALLESTIMENTO													
Imperabilizzazioni													
Sistema drenaggio percolato													
Sistema di stoccaggio del percolato e rete di collettamento													
Installazione nuovi pozzi biogas													
Rete di convogliamento del percolato al sistema di trattamento													
Vasca di raccolta del percolato													

 FASE 1

 FASE 2

[illegible][illegible]



	11° mese					12° mese				13° mese			
	settimana 91	settimana 92	settimana 93	settimana 94	settimana 95	settimana 96	settimana 97	settimana 98	settimana 99	settimana 100	settimana 101	settimana 102	settimana 103
OPERE PREPARATORIE													
Demolizione canaletta													
Rimozione gabbionate capping													
Rimozione tubazioni acque, percolato, biogas													
Smantellamento sottostazioni regolazione													
Espianto arbusti e scotico terreno agrario													
Rimozione tralicci ed adeguamento rete elettrica													
OPERAZIONI PRELIMINARI													
Riporti e risagomatura fondo e scarpate													
Adeguamento rete biogas esistente													
Installazione nuove sottostazioni biogas													
Rifacimento sistema di regimazione acque meteo													
Rete di raccolta percolato Ch.3													
OPERE DI ALLESTIMENTO													
Impermeabilizzazioni													
Sistema drenaggio percolato													
Sistema di stoccaggio del percolato e rete di collettamento													
Installazione nuovi pozzi biogas													
Rete di convogliamento del percolato al sistema di trattamento													
Vasca di raccolta del percolato													

Torino, luglio 2015

GEOSTUDIO

dott. ing. geol. Giuseppe BIOLATTI

(n. 5340 Ordine Ingegneri Provincia di Torino)

(n. 165 Ordine Reg. Geologi del Piemonte – Sez. A)