



DISCARICA VALLIN DELL'AQUILA

**REALIZZAZIONE DELLA COPERTURA
PROVVISORIA DELLA VASCA COSSU**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA

Dicembre 2012

Emesso da: *Ing. Paolo Ghezzi*

Rivisto e Approvato da: *Dr. Giuseppe Ghezzi*

INDICE

	Pagina
1. - PREMESSA	3
2. - STATO DI FATTO	6
2.1. - Rilievo Topografico	6
2.2. - Manufatti presenti in sommità e sui versanti	7
2.3. - Rete di regimazione esistente	11
2.4. - Stabilità dei versanti	12
3. - ELEMENTI DI PROGETTO	15
3.1. - Linee generali del progetto	15
3.2. - Ricostruzione tridimensionale della sommità ed interferenze con le reti	20
3.3. - Volumi caratteristici della regolarizzazione di progetto	21
3.4. - Caratteristiche e proprietà del pacchetto di copertura	21
3.5. - Rete di monitoraggio cedimenti	24
3.6. - Rampa di accesso alla sommità	24
4. - DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO SUPERFICIALE	25
4.1. - Analisi idrologica	25
4.2. - Portate di progetto	29
4.3. - Dimensionamento della rete di drenaggio	32
5. - COSTO DEL PROGETTO E TEMPI ESECUTIVI	37

N. 6 Figure nel testo
N. 7 Tabelle nel testo
N. 5 Tavole

Allegato 1: SCHEDE CENSIMENTO MANUFATTI (FEBBRAIO 2012)

Hanno collaborato:

Ing. Giovanni Doganieri

Ing. Francesco Orlandi

Dott. Luca Rizza

1. - PREMESSA

Nel 2004 l'AAMPS ha presentato un progetto di configurazione morfologica della vasca Cossu¹ con cui si analizzavano anche diverse tipologie di copertura compatibili con le indicazioni del D.Lgs. 36/2003 in materia di discariche, e uno studio sulla stabilità dell'ammasso dei rifiuti. Con atto dirigenziale N. 99 del 20/05/2004, la Provincia di Livorno approvava gli interventi di consolidamento e riconfigurazione morfologica con recupero volumi, prescrivendo anche la tipologia della copertura da adottare.

Con l'esaurimento dei volumi a disposizione nella Vasca Cossu, nel Marzo 2007, partendo da quella che rappresentava la configurazione in essere della discarica, venne presentato il progetto preliminare della chiusura definitiva della vasca Cossu, individuando le fasi operative che consentiranno di realizzare la copertura della discarica in modo compatibile con le criticità della zona. Tra queste fasi, oltre alla sistemazione delle frane sul versante ovest, è prevista la realizzazione di una copertura provvisoria da mettere in opera sulla parte sommitale della Vasca e sui versanti più alti.

Con Atto Dirigenziale della Provincia di Livorno n. 274/2007, con l'approvazione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale per la Vasca Cossu, sono stati richiesti una serie di documenti integrativi e sono state impartite prescrizioni in merito alle procedure di chiusura della vasca stessa. AAMPS ha provveduto, in più riprese, a fornire la documentazione richiesta, valutata nelle seguenti sedute della Conferenza di servizi:

- prima seduta del 01 Aprile 2010;
- seconda seduta del 31 Maggio 2011;

¹ DISCARICA VALLIN DELL'AQUILA - RICONFIGURAZIONE MORFOLOGICA DELLA VASCA COSSU;
GETAS-PETROGEO s.r.l. - Aprile 2004

- terza seduta del 09 Novembre 2011.

Con al seduta del 06 Novembre 2011, in particolare, la Conferenza dei Servizi determina di valutare positivamente la proposta progettuale con le prescrizioni fornite nel corso della Conferenza e con gli impegni conseguenti assunti dal Gestore.

Per quanto riguarda la copertura provvisoria, nel verbale della seduta si evidenzia:

- 1) Riguardo alle modalità di esecuzione del multistrato del capping di discarica sono state indicate le modalità di realizzazione della copertura provvisoria e le specifiche dei sistemi geocompositi utilizzati. Il Gestore intende anticipare parte della chiusura definitiva.

Relativamente al punto 1 si chiede alla società di fornire maggiori spiegazioni in merito ai dati che si rilevano dalla carta fornita ed elaborata con metodo Ladurner in quanto dalla stessa si rileva la presenza di biogas in alcune aree per le quali non è stata prevista la copertura con geocompositi.

Il Gestore propone di procedere in tempi rapidi alla realizzazione della copertura provvisoria così come previsto. Nei diciotto mesi successivi saranno monitorate le emissioni puntuali di biogas nei versanti esterni alla copertura. Nel caso in cui alla fine del suddetto periodo non sia avvenuta la stabilizzazione dei versanti e/o non sia avvenuto un miglioramento delle emissioni si provvederà all'estensione della copertura provvisoria.

Successivamente, sulla base di:

- la comunicazione di modifica non sostanziale inviata da A.A.M.P.S. S.p.A. con nota prot. 1626 del 27 febbraio 2012 in Atti prov. prot. n. 9461 del 28.02.2012 con la quale viene chiesta l'autorizzazione nell'ambito di una attività di recupero R10 ad utilizzare i materiali di scavo dei diaframmi come strato di regolarizzazione dell'attuale piano di calpestio della Vasca Cossu, propedeutica alla stesura della copertura provvisoria in telo di polietilene;
- le integrazioni volontarie presentate con nota prot. 2312 del 27 marzo 2012 in Atti prov. prot. n. 13964 del 27.03.2012 consistenti nella Relazione Tecnica inerente la gestione del materiale estratto durante la realizzazione del diaframma bentonitico previsto dagli "interventi di messa in sicurezza permanente e di bonifica lotto 1" della discarica di Vallin dell'Aquila;
- il verbale della Conferenza di Servizi del 08 febbraio 2012 in materia di bonifiche dei siti inquinati che si è tenuta presso il Comune di Livorno U.O. Strategie Ambientali;
- il contributo istruttorio inviato da Arpat con nota prot. 23447 in Atti Prov. prot. n. 15457 del 05.04.12 il quale fornisce una valutazione positiva di tale modifica;
- la nota prot 15533 del 05.04.2012 con la quale sono state comunicate al Gestore, tra l'altro, la non sostanzialità della modifica succitata e le relative prescrizioni;
- la nota prot. 2784 del 11.04.12 inviata da A.A.M.P.S. S.p.A. in risposta alla sopra citata nota;

la Provincia di Livorno con Atto Dirigenziale N. 51 del 18 Aprile 2012, tra le altre cose , ha decretato:

2. DI CONSIDERARE la modifica proposta, così come descritta nelle premesse, come modifica non sostanziale dell'A.I.A. che necessita di aggiornamento dell'atto;

e conseguentemente:

3. DI AGGIORNARE, per le motivazioni riportate in narrativa, l'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata con Atto Dirigenziale n. 274 del 30.10.2007 alla Società A.A.M.P.S. S.p.A. in qualità di gestore dell'impianto sito in Livorno Via delle Sorgenti – loc. Vallin dell'Aquila
cod attività IPPC:

Cod. 5.4. "Discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con capacità totale di oltre 25.000 tonnellate, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti";

4. DI SUBORDINARE l'efficacia del presente atto al rispetto delle prescrizioni contenute nell'Allegato Tecnico 1 bis che costituisce parte integrante e sostanziale del presente provvedimento;

Pertanto, partendo dalle prescrizioni/indicazione delle diverse Conferenze di servizio e dell'atto di Autorizzazione Integrata Ambientale, su incarico di AAMPS viene redatto progetto di copertura provvisoria della vasca Cossu e della parte alta dei versanti, prevedendo in sintesi un pacchetto costituito da:

- Strato di regolarizzazione dei rifiuti
- Geocomposito drenante per il biogas
- Membrana in HDPE di 1 mm.

Per lo strato di regolarizzazione si potrà utilizzare il terreno estratto durante la realizzazione dei diaframmi plastici eseguiti nell'intorno del settore Vallin dell'Aquila, opportunamente caratterizzato e stoccato sulla sommità della Vasca Cossu, come da autorizzazione ad operazione di recupero R10 contemplata nell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

2. - STATO DI FATTO

La ricostruzione dello stato di fatto della Vasca Cossu è stata fatta sulla base dei rilievi topografici a disposizione e di sopralluoghi speditivi condotti. Oltre ai manufatti presenti è stato ricostruito il funzionamento del sistema di regimazione delle acque ed i punti di scarico esistenti.

2.1. - Rilievo Topografico

Come previsto da Piano di Monitoraggio e Controllo della discarica, semestralmente viene eseguito il rilievo della Vasca Cossu per valutare la presenza di assestamenti o variazioni morfologiche. Queste campagne di misura vengono normalmente eseguite nei periodi Aprile-Maggio e Ottobre-Novembre.

L'ultimo rilievo a disposizione è quello condotto dal Geom. Macchi nel mese di Ottobre 2012, quando sulla sommità della discarica erano già stati stoccati i cumuli di materiale estratto dalla realizzazione dei diaframmi plastici a servizio del settore Vallin dell'Aquila.

Il rilievo è stato condotto rilevando al meglio i manufatti presenti e la morfologia del terreno soprattutto nella parte alta della Vasca, interessando anche alcune parti del settore Vallin dell'Aquila utili alla definizione della rete di regimazione delle acque piovane. Le rilevazioni sono state effettuate con l'impiego di strumentazione topografica GPS Leica System a doppia frequenza e Stazione Totale Laser Leica TS06 Power e TS02 Power, precisione distanziometrica $\pm 1.5+2$ ppm. Il rilievo è georeferenziato nel sistema GAUSS e la quota altimetrica è stata riferita a capisaldi noti, oggetto di precedenti rilievi nella stessa

discarica. I dati grezzi sono stati elaborati con software Leica e GT1, con l'inserimento di curve di livello con equidistanza di ml. 1,00 per una migliore interpretazione.

Lo stato di fatto della Vasca Cossu è riportato nella planimetria di Tavola 1.

2.2. - Manufatti presenti in sommità e sui versanti

Nel mese di Febbraio 2012, prima dello stoccaggio in sommità del terreno estratto dai diaframmi, sono stati eseguiti due sopralluoghi preliminari per:

- verificare le condizioni generali dell'area oggetto dell'intervento;
- censire le opere e manufatti presenti sulla superficie da impermeabilizzare;
- verificare lo stato di conservazione dei sistemi di regimazione ipotizzati in fase di progettazione preliminare.

Le condizioni generali del sito sono state analizzate ponendo attenzione all'intera superficie oggetto dell'intervento di impermeabilizzazione, preparando delle schede tecniche di sintesi. Le schede, riportate tutte in allegato 1, sono suddivise in due tipologie:

- a) singolarità: si tratta dei pozzi del percolato, di quelli del biogas e dei punti di monitoraggio collocati nella parte sommitale della Vasca Cossu. Il rilievo di questi punti è stato condotto secondo lo schema riportato in Figura 1.

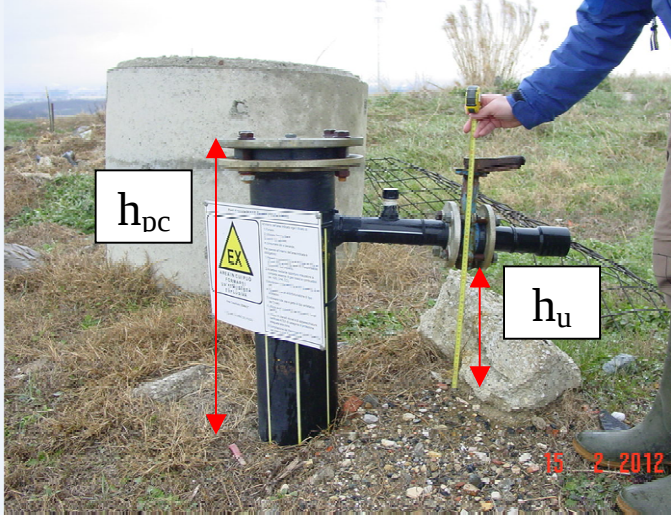
Scheda N°__		Titolo	
		<i>data sopralluogo</i>	gg – mese - anno
		<i>altezza dal piano campagna (p.c.)</i>	misura del tratto h_{pc} rappresentata in foto
		<i>altezza utile (dist. deriv. orizz.- p.c.)</i>	misura del tratto h_u rappresentata in foto
		<i>diametro del pozzo</i>	diametro del tubo utilizzato
		<i>stato</i>	collegato/ scollegato dalla rete
note:	stato del manufatto: in uso o in disuso, nel primo caso, tipologia collegamento con la rete; caratteristiche morfologiche limitrofe, presenza di materiale ingombrante,		

Figura 1 – Scheda tipo per il censimento delle singolarità

Nella Tabella 1 si riporta l'elenco delle schede di censimento compilate.

<i>Schede pozzi Biogas in uso</i>			<i>Schede pozzi Biogas in disuso</i>	
N.Scheda	Titolo	Recapito	N.Scheda	Titolo
1	Pozzo per il Biogas B01	collettore 2 (scheda 25)	18	Pozzo per il Biogas B02d
2	Pozzo per il Biogas B22		19	Pozzo per il Biogas B17d
3	Pozzo per il Biogas B21		20	Pozzo per il Biogas B03d
4	Pozzo per il Biogas B02		21	Pozzo per il Biogas B04d
5	Pozzo per il Biogas B17		22	Pozzo per il Biogas B18d
6	Pozzo per il Biogas B25	collettore 3 (scheda 24)	23	Pozzo per il Biogas B09d
7	Pozzo per il Biogas B03		Schede pozzi Percolato	
8	Pozzo per il Biogas B20		27	Pozzo per il Percolato. C05
9	Pozzo per il Biogas B19		28	Pozzo per il Percolato. C09
10	Pozzo per il Biogas B04		29	Pozzo per il Percolato. C25
11	Pozzo per il Biogas B24	collettore 4 (scheda 26)	30	Pozzo per il Percolato. C12
12	Pozzo per il Biogas B23		31	Pozzo per il Percolato. C08
13	Pozzo per il Biogas B18		32	Pozzo per il Percolato. C02
14	Pozzo per il Biogas B06		33	Pozzo per il Percolato. C04
15	Pozzo per il Biogas B05		34	Pozzo per il Percolato. C11
16	Pozzo per il Biogas B09	derivazione collettore 2	35	Pozzo per il Percolato. C09
17	Pozzo per il Biogas B11		36	Pozzo per il Percolato. C14
			37	Pozzo per il Percolato. C15-22
			38	Pozzo per il Percolato. C24
Scheda tipo rete cedimenti			39	Pozzo per il Percolato. C26
40	elemento tipo per la rete monitoraggio cedimenti			

Tabella 1 – Elenco delle schede per ogni singolarità

- b) quadranti: la sommità della Vasca ed i versanti alti sono stati analizzati in porzioni più o meno omogenee così suddivise:
- pianori sommitali descritti nelle schede S-1 e S-2: si tratta della zona di accesso alla vasca (scheda S-2) e del ripiano sommitale della vasca Cossu. Quest'ultimo è caratterizzato dalla presenza di diversi pozzi, sia del percolato, che per l'intercettazione del biogas. Sulla zona sommitale sono inoltre presenti una decina di paline indicatrici della rete di monitoraggio dei cedimenti.
 - tratti di versante della vasca Cossu descritti nelle schede da V-1 a V-8: si tratta dei versanti alti della discarica caratterizzati da manufatti e singolarità differenti da zona a zona.
 - tratti di versante potenzialmente utilizzabili per l'allontanamento delle acque da D1 a D4: sono le zone della discarica che in base al progetto preliminare

potrebbero essere interessati da discendenti o altri sistemi per portare le acque nella parte bassa della discarica.

Per tutti i quadranti individuati le schede di censimento sono state compilate secondo lo schema tipo di Figura 2.

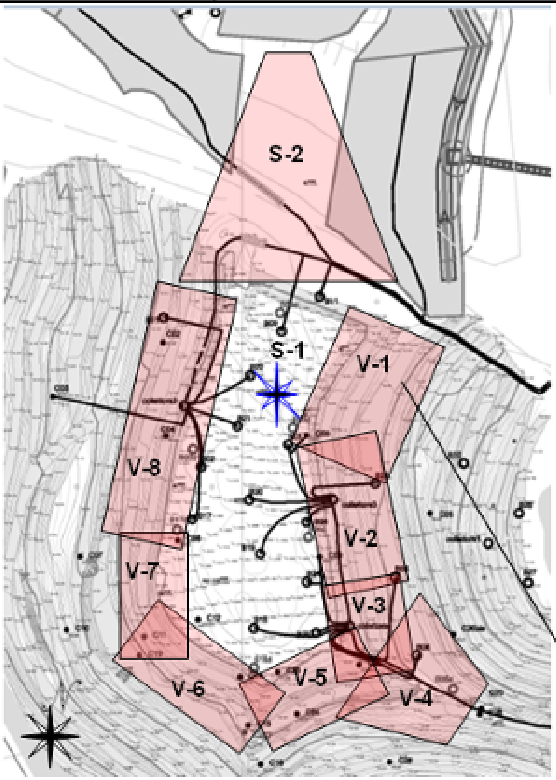
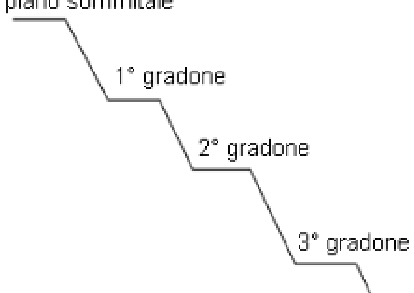
Scheda tipo	Titolo	
	<i>data sopralluogo</i>	<i>gg - mese - anno</i>
	<i>particolare:</i> schema tipo versante come nel caso rappresentato, oppure <i>foto:</i> particolare di materiale ingombrante disperso per l'area.	
	piano sommitale 	
	<i>a sinistra:</i> planimetria dell'area da impermeabilizzare con indicazione delle zone trattate nelle schede 	
<i>descrizione:</i> morfologia della zona trattata, manufatti e ingombri presenti, accesso, stato di conservazione, vegetazione, ecc...		
<i>immagini:</i> ricostruzioni panoramiche o sequenza di foto della zona di interesse		

Figura 2 – Scheda tipo per il censimento dei quadranti

Sull'area da impermeabilizzare sono stati localizzati i seguenti manufatti:

- n.23 pozzi di raccolta del biogas di cui n.6 pozzi in disuso e scollegati dalla rete descritti nelle schede da 1 a 23;
- n.3 collettori per la regolazione del biogas descritti nelle schede da 24 a 36;
- n.14 pozzi di raccolta del percolato descritti nelle schede da 27 a 39;

- rete di monitoraggio cedimenti: descrizione di un punto in scheda 40;
- diversi manufatti e ingombri dispersi, molti dei quali rimossi in fase di stoccaggio del materiale estratto dal diaframma.

I pozzi collegati alla rete di raccolta del biogas sono dotati di derivazioni in polietilene che si raccordano ai collettori per la regolazione del biogas. I collettori che ricadono nell'area da impermeabilizzare sono il collettore 2, il collettore 3 ed il collettore 4. Tutti e tre poggiano su basamento in cls, sono ubicati nel primo gradone al di sotto del ripiano sommitale e sono dotati di pozzetto di raccolta e regolazione della condensa. Le tubazioni di derivazione del biogas presentano sovente supporti costituiti da arginelli, elementi in legno, ferro o plastica per garantire la pendenza necessaria allo smaltimento della condensa.

In Tavola 1 viene riportata l'ubicazione di tutti i pozzi di percolato, biogas e gli altri elementi presenti e censiti.

2.3. - Rete di regimazione esistente

La ricostruzione dello stato di fatto del sistema di regimazione a servizio della Vasca Cossu è stata eseguita sulla base dei documenti a disposizione, di verifiche dirette in campo e del rilievo topografico eseguito.

Nelle condizioni attuali la rete di regimazione acque della Vasca Cossu, e più in generale dell'intera discarica, non risulta ancora particolarmente definita. Buona parte delle acque drenate si disperde uniformemente lungo le superfici boscate intorno al perimetro della discarica in parte attraverso alcuni punti di deflusso specifici ed in parte attraverso un sistema diffuso di tracimazioni locali dalle canalette di bordo strada.

Al piede della discarica sono presenti una serie di fossetti/solchi di drenaggio perimetrali collegati a dei punti di scarico che consentono di convogliare l'acqua in fossi di ordine superiore, fino ad arrivare nel Fosso della Vallelunga e nell'Ugione (Figura 3).

I fossetti al piede della Vasca Cossu, come per gli altri settori, sono più o meno profondi ed oggetto di manutenzione periodica da parte del personale di AAMPS.

Nei tratti oggetto di intervento per la sistemazione delle frane sul versante ovest della Vasca Cossu, questi fossetti sono stati leggermente riprofilati secondo progetto e, per brevi tratti, sostituiti da canalette in cls che convogliano le acque verso i punti di scarico perimetrali (Foto 1). Si tratta comunque nel suo complesso di un sistema locale e non completamente definito in tutte le parti della discarica.

In linea con quanto già progettato e realizzato con successo nella copertura provvisoria di Vallin dell'Aquila e Pian dei Pinoli, il progetto della copertura provvisoria della Vasca Cossu prevede il drenaggio delle acque che vengono intercettate dalla copertura e lo scarico nei punti esistenti, con leggere opere di riprofilatura/ripristino dei fossi perimetrali la discarica, ma senza un vero e proprio riassetto del reticolo idraulico circostante. Le considerazioni a supporto di tale scelta sono riportate nei documenti ufficiali presentati ad AAMPS a supporto dell'adeguamento dell'AIA.

2.4. - Stabilità dei versanti

Trattandosi di una copertura provvisoria i versanti non possono subire adeguamenti morfologici che possano consentire di raggiungere i coefficienti di stabilità previsti per legge e che sono invece prevedibili nel progetto di copertura definitiva. La copertura, dunque, insiste sui versanti nelle condizioni più o meno stabili che li caratterizzano nello stato attuale. Il Piano di sicurezza prevede che tutte le attività previste sui versanti, ed in particolare quelle di scavo o riporto, dovranno avvenire con la massima attenzione e dopo aver verificato preventivamente lo stato dei versanti, la presenza di eventuali piccoli movimenti o dissesti o fenomeni di erosione. Il capo cantiere, inoltre, avrà l'onere di una verifica preliminare dello stato dei versanti non appena terminato il decespugliamento previsto nella fase iniziale.

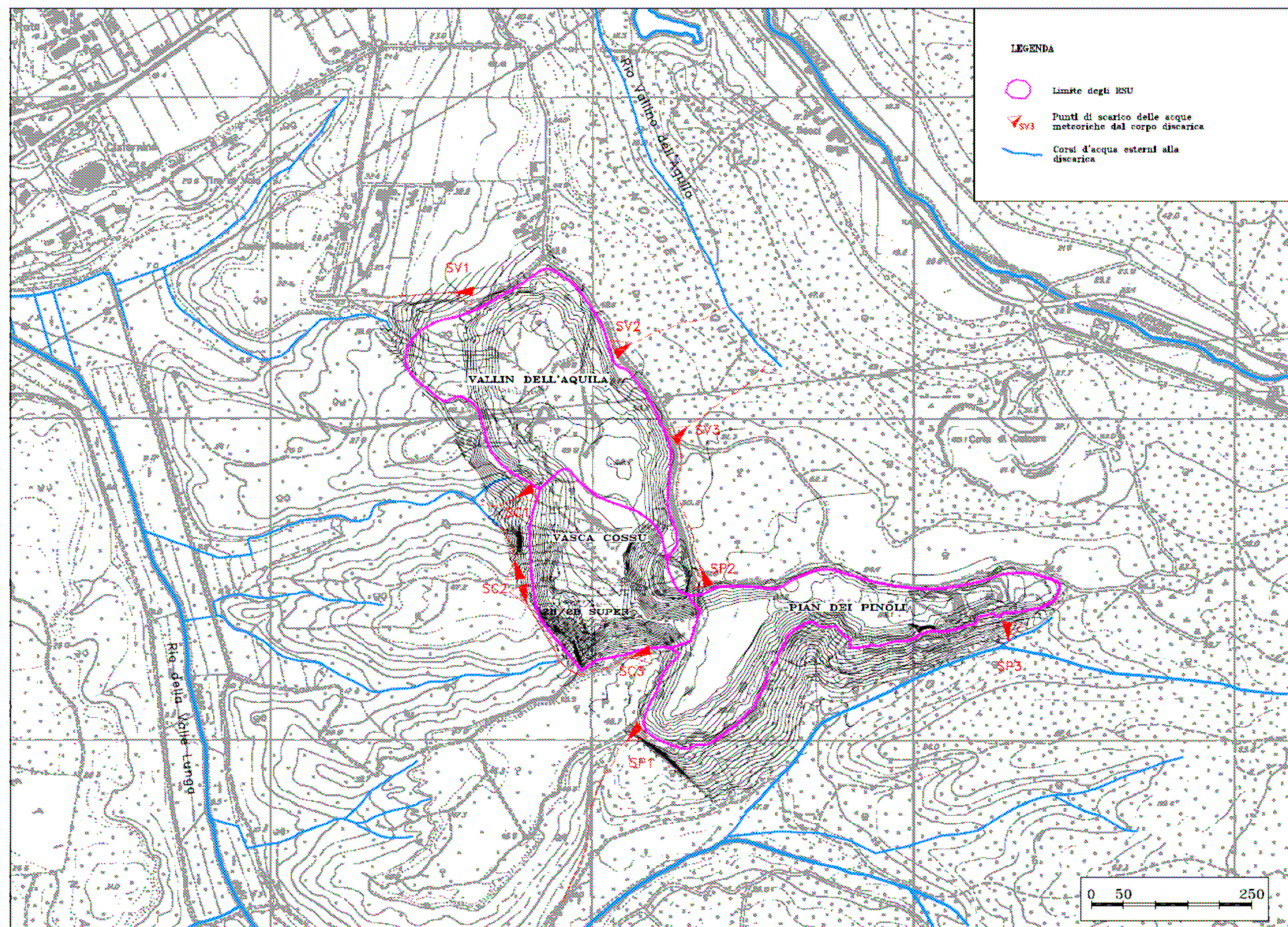


Figura 3 – Ubicazione dei punti di scarico e recapiti finali delle acque meteoriche



Foto 1 – Fosse al piede e punti di scarico delle acque

3. - ELEMENTI DI PROGETTO

3.1. - Linee generali del progetto

Come detto in premessa la soluzione di progetto prevede la copertura provvisoria con geomembrana in HDPE 1 mm di tutta la parte sommitale e dei versanti alti della Vasca Cossu.

La posa del telo in sommità sarà preceduta dalla regolarizzazione del piano di posa utilizzando, in parte, il terreno estratto dalla realizzazione dei diaframmi, ed in parte del materiale da approvvigionare dall'esterno. Per i versanti, invece, non è prevista una regolarizzazione preliminare con riporto di terreno ma solo lo sfalcio di tutta la vegetazione e l'eventuale rimozione di massi che impediscano la posa del geocomposito drenante. In caso di necessità, e per interventi localizzati, si procederà con riporto di terreno per eliminare eventuali discontinuità che possano impedire la posa dell'impermeabilizzazione sui versanti.

Il terreno dei diaframmi disponibile in sommità ammonta a circa 1800 mc disposti in un unico cumulo che insiste sulla sommità della vasca Cossu. Per completare la regolarizzazione del piano di sommità secondo i disegni di progetto sarà, dunque, necessario un apporto di terreno dall'esterno per circa 4500 mc. Tutto il materiale, compreso quello in arrivo dall'esterno, sarà steso in modo da creare un piano regolare e privo di asperità su cui poggiare il sistema di impermeabilizzazione, oltre a garantire le pendenze minime per l'allontanamento delle acque.

La conformazione di progetto è stata individuata analizzando lo stato di fatto della discarica, cercando di minimizzare le quantità di materiale da movimentare ed evitando di eseguire scavi generalizzati sulla sommità che potrebbero mettere alla luce i rifiuti stoccati.

Nonostante questi presupposti, la conformazione attuale della Vasca Cossu, soprattutto nella parte più meridionale a ridosso della 2B super, presenta degli avvallamenti che comportano dei riporti superiori al metro per garantire la conformazione planimetrica richiesta.

Facendo riferimento alla planimetria di Tavola 2, si osserva che le linee principali di intervento sono così riassumibili:

1. Pulizia complessiva dell'intera discarica mediante rimozione di materiale disperso, sfalcio della vegetazione e regolarizzazione di eventuali buche o avvallamenti presenti.
2. Chiusura di alcuni pozzi del percolato, già inattivi per lo scopo, secondo modalità operative descritte ai paragrafi successivi.
3. Disattivazione per settori di lavoro della rete biogas e movimentazione delle tubazioni di estrazione, sconnessione dai pozzi, sconnessione degli scarichi condensa...ecc. Tutte queste operazioni dovranno essere coordinate ed organizzate con i tecnici di AAMPS e con la ditta di manutenzione dell'Impianto del Biogas.
4. Suddivisione della sommità della Vasca Cossu in tre quadranti (1÷3) che consentono di allontanare le acque in tre punti differenti in modo da ripartire il più possibile le portate liquide intercettate dalla copertura. I tre quadranti sono stati predisposti prevedendo nel centro della sommità una quota del piano di regolarizzazione di 72,00 m slm ed assegnando ai bordi quote 30-50 cm più basse.
5. Realizzazione di un arginello di 50 cm di altezza che corre lungo il perimetro sommitale, con ciglio interno ad una distanza dal bordo di 1.5÷2 metri. La sommità di questo arginello, che si attesta a quote comprese tra 72,00 e 72,30 m slm, rappresenta un ulteriore elemento di sicurezza per il contenimento delle acque in

caso di forte precipitazioni e/o di cedimenti futuri del corpo dei rifiuti che potrebbero condizionare le linee di deflusso in progetto.

Ogni quadrante è provvisto di una linea di impluvio centrale di pendenza del 4÷5 per mille, che consente di indirizzare le acque verso un punto di raccordo ($C' \div C'''$) da dove, mediante una tubazione sotto telo in polietilene, vengono convogliate nella zona della Cossu al confine di Vallin dell'Aquila, nei seguenti punti di recapito:

- ✓ Punto di recapito C_A : le acque raccolte dal quadrante 1, attraverso tubazione in polietilene DN 315 sotto telo scorrono su un'altra porzione di Cossu impermeabilizzata per essere poi scaricate, con una tubazione di nuova realizzazione in HDPE DN 315, nella zona del PZ3 e quindi nel punto di scarico SC1 (vedi Figura 3) che porta al Rio della Valle Lunga;
 - ✓ Punto di recapito C_B : le acque raccolte dal quadrante 2, attraverso tubazione in polietilene DN 315 sotto telo vengono indirizzate sulla copertura provvisoria di Vallin dell'Aquila e successivamente, mediante discendente esistente, vengono scaricate nel punto SV3 (vedi Figura 3) che porta al Rio Vallino dell'Aquila;
 - ✓ Punto di recapito C_C : le acque raccolte dal quadrante 3, attraverso la tubazione sotto telo in polietilene DN 315 scorrono su un'altra porzione di Cossu impermeabilizzata per essere poi scaricate con una tubazione di nuova realizzazione sempre in polietilene DN 315, nel fossetto al piede della discarica e quindi verso il punto SV3 (vedi Figura 3) che porta al Rio Vallino dell'Aquila;
6. Analogamente a quanto fatto in sommità, anche nella zona della Cossu sul confine di Vallin dell'Aquila si prevede la realizzazione di due arginelli di contenimento di circa 50 cm di altezza che consentono di indirizzare le acque verso i punti di recapito C_A e C_C . La zona compresa tra le aree di Vallin dell'Aquila già coperte dal telo verrà regolarizzata in modo tale da indirizzare le acque verso il sistema di regimazione a servizio della copertura esistente (C_F).
7. Sui versanti alti della discarica a causa dei ridotti spazi a disposizione, il pacchetto di copertura provvisoria sarà realizzato cercando di minimizzare al massimo la

movimentazione di terreno. Si procederà con la pulizia accurata di tutti i versanti, una leggera e puntuale regolarizzazione dove necessario e la posa del pacchetto di copertura che, a seconda degli spazi a disposizione, interesserà i primi 2 o 3 gradoni. L'unica zona che sarà soggetta ad una regolarizzazione un po' più accurata è quella interessata dal canale di regimazione. Come visibile negli elaborati grafici, in corrispondenza dell'ultimo gradone impermeabilizzato si realizzerà un canale di regimazione mediante scavo a sezione trapezoidale di dimensioni minime 30x50 cm e pendenza delle sponde a 45°. Nel canale così realizzato sarà affogata una canaletta in cls mezzo tubo che oltre ad allontanare le acque consentirà di aumentare la capacità di ancoraggio del telo. Vicino al canale di impermeabilizzazione sarà costruito un piccolo arginello di dimensioni analoghe che consentirà di aumentare la capacità di intercettazione delle acque. Oltre l'arginello è prevista una trincea di ancoraggio di dimensioni indicative 50x30 cm. Questo canale di regimazione confluisce verso i punti di recapito C_D e C_E posizionati rispettivamente sul versante Sud-Ovest e Sud-Est e che convogliano le acque verso il punto di scarico SC2. Sugli altri gradoni intermedi verrà realizzato solo l'ancoraggio ma non la canaletta di regimazione.

8. Come detto, le acque dai punti di recapito ($C_A \div C_E$) vengono indirizzate verso i punti di scarico mediante tubazione in polietilene il cui diametro è stato ottenuto mediante specifico calcolo idraulico, come riportato nel capitolo successivo. Per la posa delle tubazioni sarà necessario procedere con la regolarizzazione, anche mediante riporto di terreno e compattazione, per una fascia di circa 5 metri. Una volta posata la tubazione, per garantirne la stabilità si procederà con la messa in opera di picchetti in acciaio infissi al suolo, ancoraggio con staffe e con il ricoprimento anche parziale del tubo. Il ricorso a tubazioni, anziché a discendenti o a canali aperti, è dovuto alle pendenze della rete che implicano velocità non trascurabili e che potrebbero determinare la fuoriuscita dell'acqua in caso di canalizzazioni aperte, generare fenomeni di erosione localizzati sul versante e compromettere la rete stessa. La presenza di una tubazione chiusa, associata ad un

efficace ancoraggio sul versante ed ad una adeguata manutenzione nel tempo, dovrebbe scongiurare questo problema. Nella Tavola 4 si riportano i profili relativi.

9. Il punto di sbocco della tubazione sarà costituito da un pozzettone in cemento armato vibrato (P1÷P4) di dimensioni interne minime 120x120x120, dotato di chiusino carrabile. Da questi pozzettoni, mediante tubazione interrata, sempre in polietilene, l'acqua viene convogliata nei recettori finali. Per favorire lo scarico delle acque, si procederà con la risagomatura dei fossi naturali perimetrali alla discarica e con la realizzazione di un nuovo fossetto di regimazione che collega lo scarico in corrispondenza del P1 al fosso naturale presente a valle della Cossu.
10. Come detto, per aumentare la captazione del biogas il progetto prevede la messa in opera di geocomposito drenante in sommità e, come da prescrizione degli Enti, anche sui versanti sommitali.
 - ✓ *Captazione biogas in sommità*: dopo la regolarizzazione del piano di posa si procederà alla posa del geocomposito drenante ed al collegamento con alcuni dei pozzi esistenti. Per fare questo, una volta disattivato il pozzo ed, eventualmente, l'intero impianto di estrazione, si dovrà intervenire sui pozzi esistenti nel seguente modo:
 - scavo nell'intorno del pozzo per circa 1,5 metri di profondità, fino ad arrivare alla parte di tubazione fessurata, dove ha inizio la testa pozzo;
 - tagliare la testa pozzo e giuntare un altro tratto di tubazione fessurata, fino ad arrivare ad una quota di circa 15 cm più bassa di quella del piano regolarizzato previsto in progetto;
 - stendere il geocomposito drenante garantendo il contatto con la tubazione fessurata e ricoprire la depressione con ghiaia di pezzatura 16-64 ed un ulteriore strato orizzontale di geocomposito drenante.
 - aggiungere il testa pozzo;
 - ✓ *Captazione biogas sui versanti*: come visibile dai particolari grafici, sui versanti il geocomposito sarà collegato nell'estremità più alta ad una tubazione drenante fissata al terreno con picchetti ad U. La tubazione corre

lungo tutto il perimetro sommitale della Cossu per essere collegata alla rete di estrazione del biogas.

Completata la messa in opera del geocomposito drenante e del telo in polietilene, i pozzi dovranno essere ricollegati alla linea, garantendo pendenze della rete tali da consentire lo scarico della condensa.

3.2. - Ricostruzione tridimensionale della sommità ed interferenze con le reti

Per la predisposizione del progetto esecutivo è stato ricostruito un modello tridimensionale della discarica e del progetto di copertura. I calcoli delle quantità sono stati eseguiti facendo riferimento a differenze tra solidi e ad un reticolo di 24 sezioni di cui 12 riportate nella Tavola 3. Questo ha consentito anche di valutare con una certa precisione le necessità di adeguamento della rete di captazione del biogas ed in particolare dei pozzi di captazione le cui teste pozzo dovranno essere innalzate con quote variabili. Dovendo garantire lo scarico della condensa le tubazioni di collegamento delle teste pozzo con le Stazioni devono disporre di una certa pendenza valutata non inferiore ad 1%. La presenza dell'arginello perimetrale, con quota sommitale 72-72.30 m.sl.m condiziona la quota finale della testa pozzo (Q_{ftp}): questa, infatti, sarà calcolata aggiungendo alla quota sommitale dell'argine (Q_{arg}) il prodotto della distanza della testa pozzo dall'arginello (D_{tp-arg}) moltiplicata la pendenza minima 1%. In sintesi:

$$Q_{ftp} = Q_{arg} + D_{tp-arg} * 0,01$$

In ogni caso l'Impresa dovrà riverificare tutte le quote di cui sopra per determinare l'esatta quota finale cui innalzare ciascuna testa pozzo. La pendenza delle tubazioni sarà garantita da spezzoni di tubazione in HDPE DN 500 tagliate a misura secondo i calcoli eseguiti dall'impresa e saldate per estrusione alla membrana in HDPE. Gli spezzoni saranno anche opportunamente sagomati sul posto generando delle mezzo lune di appoggio per garantire

l'alloggiamento della tubazione di drenaggio del biogas. Una volta saldato lo spezzone di tubo questo potrà essere riempito in cls o terreno se richiesto dalla DL.

E' inoltre prevista, su richiesta di AAMPS, la chiusura di alcuni pozzi dismessi per l'estrazione del percolato: i pozzi sono il C22, il C14 ed il C15. In queste situazioni sarà necessario rimuovere gli anelli in cls presenti mediante taglio e/o demolizione fino ad almeno 30 cm al disotto del piano campagna circostante. Lo scavo dovrà liberare un'area di almeno 1.50 metri per parte rispetto il pozzo. Il pozzo dovrà poi essere ricoperto con una lastra di acciaio di spessore 3 cm, ricoperto in terra e successivamente dal pacchetto di impermeabilizzazione. In alternativa, e su richiesta di AAMPS in accordo con la Direzione Lavori, i pozzi potranno essere riempiti in terra e ricoperti con una lastra di spessore 0.5-1 cm. Restano in tal caso inalterati i lavori iniziali sulla struttura del pozzo.

3.3. - Volumi caratteristici della regolarizzazione di progetto

Per la regolarizzazione del piano di posa in sommità sono necessari circa 6500 mc di terreno di cui circa 1800 mc già abbancati e provenienti da precedente scavo dei diaframmi. Dei 1800 mc esistenti in sommità, il 50% circa dovrà essere rimosso e costipato per realizzare la conformazione richiesta dal progetto mentre l'altro 50% potrà rimanere nella sua collocazione. La parte restante del terreno, che dovrà essere priva di sassi o ciottoli e potrà provenire anche da attività di recupero, sarà apportata dall'esterno. Nel caso di terreno proveniente da recupero l'Impresa dovrà fornire anticipatamente i relativi certificati che ne attestino la qualità e la conformità all'uso.

3.4. - Caratteristiche e proprietà del pacchetto di copertura

Il pacchetto di copertura è previsto sia in sommità che sui versanti. E' costituito da un geocomposito drenante del biogas ed un telo in HDPE di spessore 1 mm.

Il geocomposito drenante è costituito da un nucleo drenante realizzato in filamenti aggrovigliati di HDPE, in modo da creare una struttura tridimensionale con almeno il 90% di vuoti; tale nucleo deve essere accoppiato con opportune cuciture ad un non tessuto termosaldato in filamenti di polipropilene. Le cuciture devono essere disposte in senso longitudinale e spaziate di circa 15 cm. I punti di cucitura devono avere una spaziatura non superiore a 4 cm. Le proprietà del geocomposito devono essere:

Proprietà del nucleo drenante

Tipo di polimero:	HDPE trattato al carbon black
Volume di vuoto	>90%

Proprietà del non tessuto filtrante

Meccaniche

Peso:	110	gr/mq
Spessore:	0,4	mm
Allungamento a rottura:	45	%
Resistenza al punzonamento dinamico	36	mm
Resistenza alla lacerazione:	270	N
Resistenza a trazione Grab:	510	N
Resistenza al punzonamento statico CBR	900	N

Idrauliche

Permeabilità a 20 kPa:	1,0	l/mxs
Apertura dei pori O_{90} , w:	0,20	mm

Proprietà del geocomposito drenante

Larghezza	≥ 4.90	m
Spessore	≥ 12	mm

Il geocomposito drenante posato in sommità sarà isolato rispetto quello posato sui versanti. Quest'ultimo sarà collegato con una tubazione drenante in HDPE DN 75 PN 10 ricoperta di ghiaia pezzatura 16-64 con quantità minima di 0.08-0.10 mc/ml per portare il biogas drenato, che dovrebbe comunque essere minimo, verso le stazioni di regolazione o all'interno di tubazioni esistenti nella rete.

E' utile ricordare che il geocomposito drenante utilizzato sui versanti molto probabilmente non potrà essere riutilizzato nella fase di copertura definitiva. Questo perché, come più

volte sottolineato in sede di istruttoria, il consolidamento finale del corpo discarica e la sua riconfigurazione stabile finale potrebbe richiedere opere strutturali in terra con alterazione anche sostanziale dei profili attuali dei versanti. Il progetto di copertura finale, invece, potrà cercare di essere adattato alla presenza del geocomposito drenante sulla sommità.

La geomembrana in HDPE è costituita con polimero di base > 97%, nero carbonio >2,25%, massa volumica a 23° compresa tra 0.940 e 0.960 g/cm³, spessore 1.0 mm con tolleranza 10% sul valore dichiarato, resistenza a trazione allo snervamento > di 16 N/mm², alla rottura > 26 N/mm² con rispettivi allungamenti del 9% e del 700%.

Il materiale dovrà avere larghezza > 7.50 m, essere prodotto con tecnologia a testa piana. Dovrà essere resistente agli agenti chimici e/o percolato ed avere resistenza alla lacerazione >135 N/mm e rispettare tutti i limiti qualitativi richiesti nella rispettiva voce di capitolato. La geomembrana dovrà essere saldata a doppia pista e, dove necessario, anche per estrusione. Gli ancoraggi previsti avranno tutte dimensioni minime 50*50 se non diversamente specificato nei disegni di progetto. I geocompositi drenanti potranno essere fissati al suolo anche attraverso picchetti di ancoraggio. In ogni caso al di sopra del telo in HDPE si prevede la posa di opera di blocchetti cubici di ancoraggio in cls di dimensioni 25*25*25 con maniglia in ferro.

Il sistema di impermeabilizzazione progettato, di sua natura provvisorio e quindi di durata generalmente non superiore ai 2 anni, richiederà ordinaria manutenzione ed interventi di ripristino in caso di rottura anche accidentale.

Il progetto prevede una superficie di posa del pacchetto di impermeabilizzazione di circa 30.000 mq. Nelle quantità è inserita anche la quota parte necessaria per gli ancoraggi valutata in proiezione orizzontale secondo modalità di contabilizzazione. La gestione degli spazi della discarica e la necessità di raccordi con impermeabilizzazioni esistenti ha indotto a mantenere nel computo metrico quantità incrementate del 10% rispetto il modello tridimensionale ricostruito in fase di progetto. I particolari costruttivi e le sezioni tipo degli interventi sono riportati in Tavola 5.

L'attuale conformazione dei versanti può rendere non agevole l'accesso ad alcuni punti dell'intervento di impermeabilizzazione. L'Impresa dovrà verificare preventivamente questi aspetti fondamentali per procedere con il lavoro e tenerne in debito conto nel formulare l'offerta economica. L'Impresa, anche attraverso interventi diretti, dovrà garantire l'accessibilità ad ogni punto del cantiere per eseguire i lavori previsti secondo previsioni di capitolato e di progetto.

3.5. - Rete di monitoraggio cedimenti

E' prevista la realizzazione di 12 paline per il monitoraggio dei cedimenti mediante la fornitura di tubo in HDPE DN 500 di altezza 50 cm in cui posizionare una palina topografica di altezza fuori terra di circa 2 metri e da riempire di cls con Rck 20 N/mm² secondo gli schemi di progetto. Alla sommità del getto in cls si dovrà posare una mira topografica per il successivo monitoraggio. L'opera viene completata con il riempimento laterale in cls e la ripresa del telo in HDPE con saldatura ad estrusione in modo da non avere discontinuità secondo disegni di progetto.

3.6. - Rampa di accesso alla sommità

Per garantire le future manutenzioni si prevede di realizzare una pista secondo lo sviluppo planimetrico riportato nelle tavole di progetto. La pista, da eseguire sopra il pacchetto di impermeabilizzazione, prevede la posa di un geocomposito antipunzonamento con peso 1200 gr/mq e la fornitura e posa in opera di stabilizzato da cava per uno spessore di circa 30 cm. La larghezza della strada in stabilizzato è di 3 metri mentre la larghezza della striscia di geocomposito antipunzonamento è di 5 metri.

4. - DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO SUPERFICIALE

4.1. - Analisi idrologica

L'analisi idrologica per la determinazione delle portate di progetto con cui dimensionare il reticolo di regimazione delle acque che interessano la copertura provvisoria, è stata condotta utilizzando le precipitazioni estreme registrate nella stazione di Livorno. I dati sono stati reperiti presso l'Istituto Idrografico e Mareografico e sono relativi al periodo continuativo 1932 ÷ 1997 (Tabella 2).

Data la tipologia di opere da dimensionare, si può far riferimento alle piogge con durata inferiore ad 1 ora che sono più significative rispetto alle caratteristiche dell'area scolante in esame. Dall'analisi della serie storica, è stata osservata la scarsa disponibilità di dati riferiti a durate inferiori all'ora, pertanto l'analisi è stata cautelativamente effettuata attraverso la distribuzione di probabilità di Gumbel facendo riferimento alle piogge intense con durata superiore ad 1 ora.

L'analisi dei dati pluviometrici è stata condotta utilizzando la distribuzione di probabilità di Gumbel che, per una data serie storica, consente di correlare le altezze di pioggia (h) con i relativi tempi di ritorno (T_r) attraverso la seguente relazione:

$$h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left(\ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right)$$

$$u = \mu - 0.45\sigma$$

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma}$$

con μ e σ , rispettivamente media e scarto quadratico medio dei dati pluviometrici per i diversi tempi di pioggia .

ANNO	5'	10'	15'	20'	30'
1932		10		16	18.6
1933					12
1935					48.9
1936					30
1937					30
1938					20
1939					18.8
1940					40
1941					18.4
1942					
1948					
1949					
1950					
1951					17
1952			14		30.4
1953				32.2	
1954		20			
1955				40	
1956				9	
1957					18
1958					13
1959				20	
1960		15.6			
1961			22		
1962		14			
1963		21			
1964		20			
1965		13			
1966		14		21	
1967		18			
1968		16			
1969		16			
1970		24			
1971		14			
1972		10.2			
1973				34.2	
1974				24.8	
1975					
1976			20		
1977				11.2	
1978				10.4	
1979			18.4		
1980			17.2		
1981			19.2		
1982		14			
1983		16			
1984			20.6		
1985				21.2	
1986	11	13.4	15.8	18.2	21
1987		12.8	17.8	22.8	30.6
1988	3.6	7.1	10.3	13.3	19.1
1989	4.9	7.8	10.9	13.9	19.3
1990		18.8		33.6	44.8
1991		11		13	15.4
1992		10.4		16.4	22
1993		21.4		40.4	53.8
1994		8.2		15.8	18
1995		11		15.2	19.2
1996		17.6		31.2	42.8
1997		10.6			21.2

ANNO	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1932					
1933	23.4	59	66.8	76.6	78.4
1935	78.3	110	143	155.7	169.2
1936	46.4	46.6	46.6	47.6	52.8
1937	43.6	50.8	56.8	61.2	89.4
1938	21.8	39.2	40	60.6	60.6
1939	35.4				
1940	70.8	86.2	98	120.4	122.4
1941	30.4	39.8	46.2	60.8	65
1942	40	77.6	93.6	149.8	162.4
1948	31.2	33.2	34.8	36.4	36.8
1949	36	52	66	88.4	88.4
1950	33.8	42.2	45.4	78.8	79.2
1951	18	25	33	43	50.4
1952	32.6	43	51.4	54.8	81
1953	35	35	35	40.4	52
1954	48.2	69	69	70.6	70.6
1955	77.8	77.8	77.8	77.8	79.2
1956	13	19.4	29	29.6	29.6
1957	21.8	22.4	22.6	23.6	46.8
1958	18.8	25.4	30.6	41	41
1959	23.2	43.2	50.4	80.4	88.4
1960	29.6	38.6	45.4	45.4	57.8
1961	47.2	74.2	82.6	84.8	88.6
1962	28.8	46.6	55.2	59	60
1963	45.4	54.2	60.6	60.6	71.6
1964	87	125.6	151.8	153	180.8
1965	38	42.2	65.2	68	72
1966	34.6	67	75.8	75.8	83
1967	48	48.6	48.6	48.6	48.6
1968	37	53.2	58.6	58.8	68.2
1969	27	47	47	47	47
1970	87	138.4	141.6	157.6	195.8
1971	47	75.8	111.6	115.8	146
1972	19.8	29.4	30.8	39.8	41.2
1973	55.8	56.8	56.8	56.8	93.4
1974	34.8	35.8	36	36	41.6
1975	35.6	58.6	65	65	65
1976	41	49	70.4	78.2	79.6
1977	18	27.4	29.6	34	34
1978	18	27	28.6	30.4	30.4
1979	29.6	50.2	60.4	60.4	65.2
1980	31	56.2	57.6	61	80.6
1981	31.2	47.6	47.6	55	60.8
1982	19.2	20.4	25.6	37	44.2
1983	24.6	24.8	29.6	36.2	36.2
1984	49.6	59	87.6	96.6	96.6
1985	20.4	26.6	31.6	31.6	38.6
1986	29.4	36.6	36.6	44.8	57.4
1987	38.4	55.2	58.8	66	67.8
1988	34.6	66.4	87.5	120	123.6
1989	36.6	45	46.8	46.8	63
1990	72.8	93	118	122.6	122.8
1991	26	44.2	58.4	61	61
1992	29.6	33.2	33.2	56.2	79
1993	91.2	113.4	115.2	123.8	143.8
1994	20.6	29.2	53.4	65	65.2
1995	32.2	61.4	61.4	61.4	61.4
1996	70.8	74.4	74.6	74.6	74.6
1997	32.6	47.8	50.8	50.8	51

Tabella 2 – Precipitazioni (estreme in mm) registrate nella stazione di Livorno

I valori caratteristici dell'altezza di pioggia ottenuti dall'elaborazione in funzione della durata e del tempo di ritorno sono riportati nella Tabella 3.

Tempo di ritorno	1	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Tr	h(mm)	h(mm)	h(mm)	h(mm)	h(mm)
2	35,55	48,88	55,99	63,21	70,40
10	63,12	86,12	99,79	112,02	125,53
25	77,00	104,86	121,84	136,58	153,27
50	87,29	118,77	138,20	154,81	173,85

Tabella 3 – Precipitazioni in funzione del tempo di ritorno e della durata della pioggia

Dall' interpolazione dei valori di Tabella 3 è possibile ottenere la linea segnalatrice di possibilità pluviometrica (LSPP), caratterizzata dai seguenti parametri funzione del tempo di ritorno:

$$h = a \cdot t^v \quad \text{in cui:}$$

$h = \text{pioggia [mm]}$ $t = \text{tempo di pioggia [ore]}$ $a \text{ e } v = \text{parametri della LSPP}$

Tabella riassuntiva		
Tr	α	v
2	37,080	0,213
10	65,634	0,214
25	80,006	0,215
50	90,668	0,215

In Figura 4 si riporta l'andamento della LSPP determinata con il metodo di Gumbel mentre in Figura 5 si riporta la sintesi delle elaborazioni secondo il metodo TCEV dell'Istituto Idrografico e Mareografico.

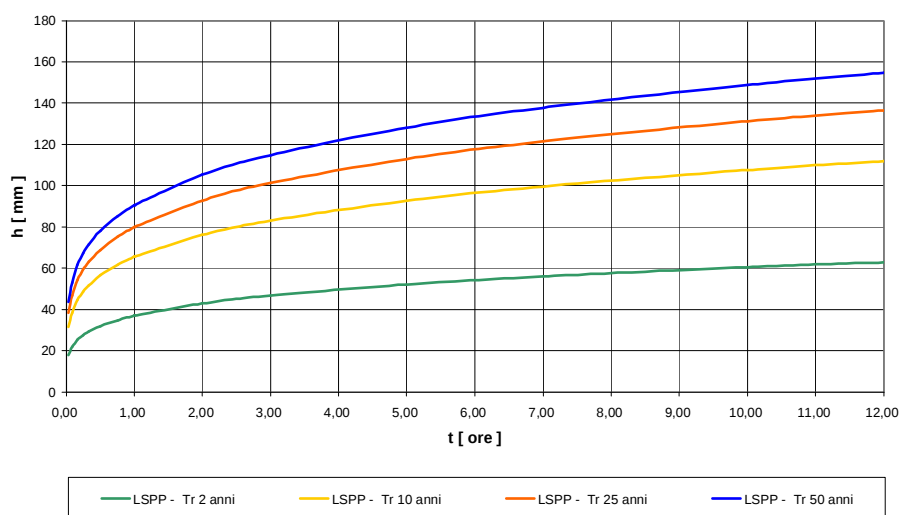


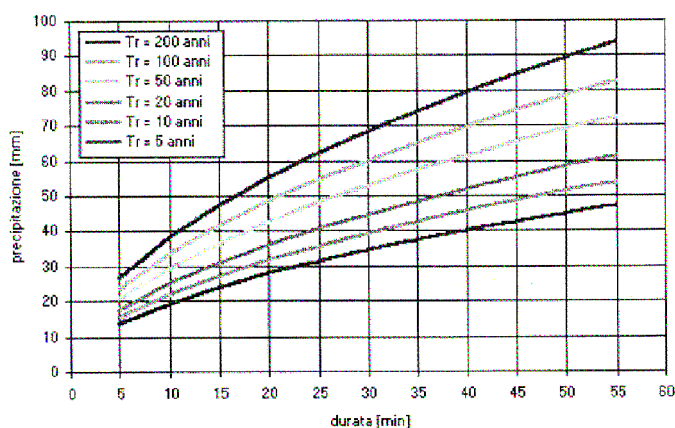
Figura 4 – Linea segnalatrice di possibilità pluviometrica per T_r 2÷50 anni

Stazione: LIVORNO - [1960]

Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

		5'	10'	15'	20'	30'	
Coefficienti	5 anni	13.4	19.3	23.9	27.8	34.5	mm
<i>a</i>	36.804	10 anni	15.3	22.0	27.2	31.7	mm
<i>n</i>	0.525	20 anni	17.4	25.0	30.9	36.0	mm
<i>m</i>	0.185	50 anni	20.6	29.6	36.7	42.7	mm
	100 anni	23.4	33.7	41.7	48.5	60.0	mm
	200 anni	26.6	38.3	47.4	55.2	68.3	mm

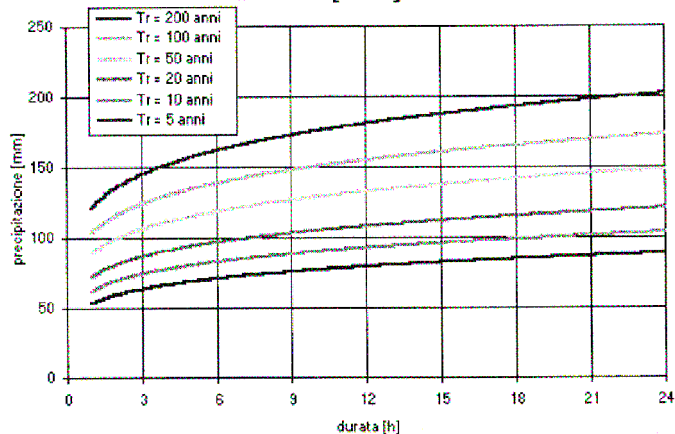
LIVORNO [1960] - $t < 1$ hr



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

		1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	
Coefficienti	5 anni	53.1	63.3	70.8	79.1	88.4	mm
<i>a</i>	37.034	10 anni	62.0	74.0	82.7	92.4	mm
<i>n</i>	0.160	20 anni	72.5	86.4	96.6	107.9	mm
<i>m</i>	0.224	50 anni	89.0	106.1	118.6	132.5	mm
	100 anni	103.9	124.0	138.5	154.8	173.0	mm
	200 anni	121.4	144.8	161.8	180.8	202.1	mm

LIVORNO [1960] - $t > 1$ hr



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

Figura 5 – Linea segnalatrice di possibilità pluviometrica con il metodo TCEV

Confrontando le due figure si osserva che le altezze di pioggia calcolate con i due metodi sono sostanzialmente simili; per il dimensionamento della rete di regimazione si prenderà in esame il valore corrispondente all'applicazione della distribuzione di Gumbell.

4.2. - Portate di progetto

Le portate di progetto sono state calcolate il metodo cinematico, secondo la seguente formula:

$$Q = A \cdot \varphi \cdot a \cdot t^{v-1}$$

in cui:

A = area scolante sottesa dalle canalette [m²];

t = durata della pioggia [ore];

φ = coefficiente d'afflusso;

a e v = parametri della linea segnalatrice(dipendono dal tempo di ritorno);

- **Area scolante**

Rappresenta la superficie interessata dal telo di competenza di ciascun ramo della rete di regimazione. E' stata calcolata sulla base del rilievo topografico a disposizione e dei punti di scarico.

Facendo riferimento alla Figura 6, le aree scolanti occupano la seguente superficie proiettata in piano:

- **Quadrante 1** = 3920 mq
- **Quadrante 2** = 1230 mq
- **Quadrante 3** = 1840 mq
- **Quadrante 4** = 1905 mq
- **Quadrante 5** = 1965 mq
- **Quadrante 6** = 5975 mq
- **Quadrante 7** = 3825 mq

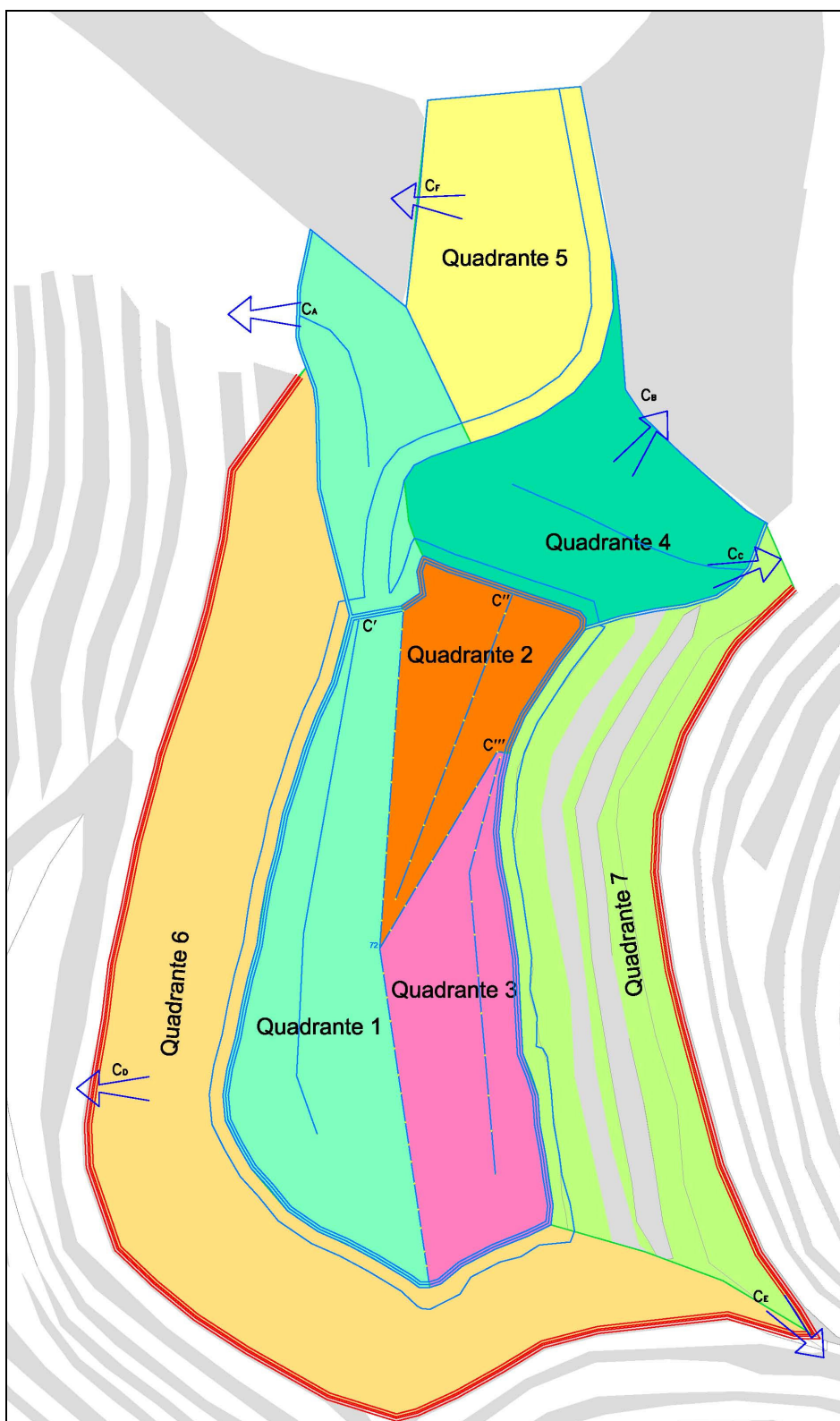


Figura 6 – Aree scolanti e dei punti di recapito della copertura provvisoria

- Durata della Pioggia

Nel metodo cinematico la durata della precipitazione coincide con il tempo di corrivazione, cioè con il tempo dopo il quale tutta l'acqua caduta all'interno dell'area scolante che sottende la canaletta è arrivato nella sezione di chiusura. Nel caso delle reti di drenaggio il tempo di corrivazione può essere assunto come somma del tempo impiegato dall'acqua per raggiungere la canaletta e dal tempo di permanenza nella rete, funzione della velocità di percorrenza dell'acqua nel sistema di drenaggio.

Considerando la tipologia del sistema di impermeabilizzazione, le pendenze considerevoli delle tubazioni/canali legate alla morfologia della discarica, la lunghezza contenuta dei tratti della rete il tempo di corrivazione è di 5-10 minuti. Nel calcolo si considera un tempo di corrivazione di 7 minuti.

- Coefficiente di afflusso

Nel caso in esame, l'intervento consiste nell'impermeabilizzare la parte alta della discarica, pertanto il coefficiente di afflusso è pari ad 1.

- Coefficienti della linea segnalatrice "a e v"

Per sua natura l'opera da realizzare ha carattere provvisorio il tempo di ritorno da utilizzare nei calcoli potrebbe essere di 2 anni. Conseguentemente i parametri della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica relativi al metodo di Gumbel sono:

$$a = 37,080$$

$$n = 0,213$$

Con i parametri individuati, le portate di progetto di competenza di ogni quadrante sono riportate in Tabella 4:

QUADRANTE	PORTATA [mc/s]
1	0,22
2	0,07
3	0,10
4	0,11
5	0,11
6	0,33
7	0,21

Tabella 4 – Portate di progetto di competenza di ciascun quadrante

Come descritto nel capitolo precedente e come visibile nelle tavole di progetto, ci sono 6 punti di recapito che dalla sommità e dai versanti impermeabilizzati convogliano l'acqua verso la rete di regimazione esterna presente al piede della discarica. In Tabella 5 si riporta per ogni punto di recapito i quadranti che lo alimentano e la portata da scaricare.

PUNTI RECAPITO	QUADRANTE	PORTATA [mc/s]
C _A	1	0,22
C _B	2	0,07
C _C	3 e 4	0,21
C _D	6	0,33
C _E	7	0,21
C _F	5	0,11

Tabella 5 – Portate di progetto dei punti di recapito

4.3. - Dimensionamento della rete di drenaggio

In base ai valori di cui sopra, il calcolo delle dimensioni delle canalette è stato realizzato attraverso la formula Chezy, ipotizzando le condizioni di moto uniforme:

$$V = \chi \sqrt{R \cdot i_f} \quad \text{in cui:}$$

V = velocità [m/s]

R = raggio idraulico [m] = sezione bagnata/perimetro bagnato

i_f = pendenza della canaletta [m/m]

χ = coefficiente di attrito [$m^{1/2}/s$]

- Pendenze di progetto (i_f)

Le pendenze longitudinali della rete di drenaggio sono vincolate dalla conformazione della discarica e pertanto assumono valori variabili, definiti in base a:

- o conformazione dei gradoni;
- o necessità di evitare scavi;
- o posizione dei punti finali di recapito;
- o necessità di ripartire le acque accumulate in sommità.

Questi fattori implicano delle pendenze considerevoli ma accettabili se si considera che l'opera ha natura provvisoria. Per il tratto C_B che collega la sommità della Cossu allo scarico esistente sull'impermeabilizzazione di Vallin dell'Aquila, si impone una pendenza minima del 2%.

Il punto di scarico C_F , invece, convoglia le acque direttamente sulla copertura esistente, senza necessità di tubazione di collegamento. In Tabella 6 si riportano le pendenze minime indicative di ciascuna canaletta/tubazione, così come definita nelle tavole di progetto:

TRATTO	TRONCO	TIPO	SEZIONE	PENDENZA MINIMA
Tratto C_A	$C_A - C_A'$	tubazione HDPE	circolare	5 %
	$C_A' - C_A''$	canale in terra	trapezoidale	14 %
Tratto C_B	$C_B - C_B'$	tubazione HDPE	circolare	2 %
Tratto C_C	$C_C - C_C'$	tubazione HDPE	circolare	6.5 %
Tratto C_D	$C_D - C_D'$	tubazione HDPE	circolare	5 %
Tratto C_E	$C_E - C_E'$	tubazione HDPE	circolare	7.5 %

Tabella 6 – Pendenze minime di progetto della rete di drenaggio

- Coefficiente di attrito (χ)

Adottando per il coefficiente d'attrito la formula di Gauckler-Strickler che vale

$$\chi = k \cdot R^{1/6}$$

k = parametro dimensionale di scabrezza che dipende dal materiale con cui sono realizzate le canalette.

Nel caso in esame la rete di regimazione sarà costituita in parte da elementi prefabbricati in cls, in polietilene o in terra:

- per le canalette in cls: $k = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- per tubazioni o canalette in polietilene: $k = 120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- per canali in terra naturale: $k = 45 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

- Raggio Idraulico (R)

R corrisponde dal rapporto tra la sezione ed il perimetro bagnato:

$$R = \frac{\Omega}{p} \quad \text{in cui}$$

p = perimetro bagnato [m]

Ω = sezione bagnata [m²]

Moltiplicando la velocità per la sezione bagnata, si ottiene la seguente formula per il dimensionamento delle canalette,

$$Q = \Omega \cdot V = \Omega \cdot k R^{2/3} \cdot i_f^{1/2}$$

in cui le portate Q sono quelle di progetto ottenute al paragrafo precedente.

Nelle Tabelle 7 si riporta la sintesi del dimensionamento delle tubazioni. Per facilitare l'approvvigionamento e la posa del materiale si prevede di utilizzare solamente due tipologie di diametri: DN315 e DE350. Questo comporta che alcuni tratti sono leggermente sovradimensionati riuscendo a convogliare a gravità portate maggiori, anche prossimi a tempi di ritorno di 10 anni. Le tubazioni saranno in polietilene di tipo corrugato a doppia parete, poggiate sul piano campagna, ancorate con staffe e picchetti in acciaio e ricoperte con terreno. Le tubazioni andranno poggiate su una fascia di versante regolarizzata con

riporto di terreno larga 5 metri. In questa fascia regolarizzata andrà ricavato un alloggiamento per la tubazione in HDPE che sarà poi, come detto, staffata ed ancorata al suolo mediante riporto di terreno.

Caratteristiche idrauliche	TRATTI				
	$C_A - C_{A'}$	$C_B - C_{B'}$	$C_C - C_{C'}$	$C_D - C_{D'}$	$C_E - C_{E'}$
Q = portata progetto [mc/s]	0,22	0,07	0,21	0,33	0,21
Pendenza minima indicativa [m/m]	0,050	0,020	0,065	0,050	0,075
Scabrezza [$m^{1/3}s^{-1}$]	120	120	120	120	120
H = altezza deflusso tubazione [mm]	249,3	249,3	249,3	282,0	249,3
Raggio interno tubazione [mm]	136	136	136	150	136
Ac = area di deflusso [mq]	0,0555	0,0555	0,0555	0,0690	0,0555
Perimetro bagnato [m]	0,6959	0,6959	0,6959	0,7940	0,6959
Raggio Bagnato [m]	0,0798	0,0798	0,0798	0,0868	0,0798
Vc = velocità di deflusso [m/s]	4,97	3,14	5,67	5,26	6,09
Area a bocca piena [mq]	0,0577	0,0577	0,0577	0,0707	0,0577
Grado di riempimento [%]	92	92	92	94	92
Q = portata massima transitabile [mc/s]	0,28	0,17	0,31	0,36	0,34
DIAMETRO ESETRNO COMMERCIALE	DE315	DE315	DE315	DE350	DE315

Tabella 7 – Sintesi calcoli idraulici

Il collegamento tra la parte impermeabilizzata con telo e le tubazioni in HDPE dovrà avvenire mediante saldatura ad estrusione eventualmente rinforzata con getto di malta cementizia.

Il tratto $C_{A'} - C_{A''}$ sarà in terra mediante scavo a sezione trapezoidale avente le seguenti dimensioni minime:

- base minore = 40 cm;
- altezza = 30 cm;
- pendenza delle sponde = 45°

L'elevata pendenza del canale comporta delle velocità considerevoli che potrebbero creare nel tempo fenomeni di erosione localizzata. Per limitare questi fenomeni, per non ricorrere a soluzioni più onerose, oltre ad una manutenzione accurata nel tempo, si prevede la messa in opera di massi ad interasse di 5 ÷ 7 metri per creare piccoli salti di fondo.

I pozzettoni di sbocco P1÷P4 oltre a consentire il raccordo con i punti di recapito esistenti, rappresentano delle vere e proprie camere di dissipazione consentendo all'acqua in arrivo dalla sommità di perdere energia ed evitare fenomeni di erosione. Come detto sono in cav, di dimensioni interne minime 120x120x120 con chiusino carrabile.

Di analoghe caratteristiche ma, di dimensioni inferiori, sono gli altri pozzetti ubicati sui versanti con la duplice funzione di zavorramento della tubazione e di smorzamento della velocità dell'acqua. I pozzetti sono di dimensioni 100*100 e con altezza variabile presumibilmente vicina a 150 cm. Altri due pozzetti di dimensioni 70*70 sempre con altezza variabile e da valutare in funzione delle condizioni al contorno, sono riportati graficamente in planimetria di progetto. Oltre alla rete di allontanamento delle acque è stata eseguita la verifica dei canali di drenaggio che corrono sull'ultimo impermeabilizzato e che consentono di indirizzare le acque nei punti di recapito C_D e C_E (tratti ovest, est e sud). Utilizzando le stesse formule viste in precedenza ed imponendo una leggera regolarizzazione del gradone in modo da dare una pendenza minima del 1,5% come riportato nei profili di progetto, si rende necessario la messa in opera di una canaletta a mezzo tubo in cls del diametro $\phi 300$, affogata in un getto di malta cementizia, come da particolari grafici. Come visibile dai particolari di progetto la posa della canaletta è stata studiata in modo da aumentare la capacità di ancoraggio a terra del telo.

Si sottolinea che quando sarà realizzato il progetto di chiusura finale della discarica il reticolo di regimazione, soprattutto quello esterno alla discarica, dovrà essere comunque verificato in funzione dei parametri caratteristici del sistema di copertura e dell'effettiva rete di smaltimento acque della Vasca Cossu e degli altri Settori.

Il sistema dimensionato è di tipo provvisorio dimensionato per Tr decennali e di conseguenza, in condizioni di piogge particolarmente intense, si potrebbero generare fenomeni di erosione localizzata o sovrappressione nelle tubazioni che potrebbero richiedere il rinforzo degli elementi di ancoraggio delle tubazione lungo il versante e/o eventuali interventi di ripristino della rete.

5. - COSTO DEL PROGETTO E TEMPI ESECUTIVI

Il costo per i lavori a base d'asta è di Euro 526.039,75 ed è riassunto nella tabella seguente:

A - LAVORI A BASE D'ASTA						
N.Ord.	N. El.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	PREZZO UNITARIO [Euro]	IMPORTO PARZIALE [Euro]
1	III.1	Movimentazione e stesa e compattazione a regola d'arte di terreno in posto proveniente dai precedenti scavi dei diaframmi fino ad un max di 1000 mc e secondo disegni di progetto	corpo	1	2500,00	2.500,00
2	III.4	Fornitura e posa di terreno idoneo per la predisposizione del piano di posa del sistema di impermeabilizzazione	mc	4550	13,20	60.060,00
3	III.5	Fornitura e posa in opera di geocomposito drenante	mq	30000	6,10	183.000,00
4	III.6	Fornitura e posa di geomembrana in HDPE di spessore 1 mm	mq	32000	5,20	166.400,00
5	III.7	Fornitura e posa di cubetti in cls 25*25*25 con maniglia in ferro	cad	1200	7,50	9.000,00
6	III.9	Fornitura di geocompisto antipunzonamento per rampa di accesso	mq	1050	7,23	7.591,50
7	III.8	Fornitura di materiale misto cava per rampa	mc	125	41,25	5.156,25
8	III.10	Sopraelevazione teste pozzo e riposizionamento della linea di captazione del biogas	corpo	1	11300,00	11.300,00
9	III.19	Tubazione, drenante o meno, DN 75 con ghiaia	ml	450	14,24	6.408,00
10	III.18	Dismissione di pozzi C22, il C14 ed il C15	corpo	1	6850,00	6.850,00
11	III.14	Fornitura e posa di tubazioni HDPE DN 315	ml	400	35,71	14.284,00
12	III.14	Fornitura e posa opera tubazioni HDPE DN 350	ml	80	43,25	3.460,00
13	III.15	Pozzetti in cls120*120*120	cad	4	865,00	3.460,00
14	III.15	Pozzetti in cls100*100 ed altezza h = 150	cad	8	616,00	4.928,00
15	III.15	Pozzetti in cls 70*70 ed altezza h = 150	cad	3	350,00	1.050,00
16	III.16	Riprofilatura versanti per posa in opera tubazioni di scarico	corpo	1	5300,00	5.300,00
17	III.17	Ancoraggio canaletta mezzo tubo Φ 300 cls su base in cls	ml	380	78,00	29.640,00
18	III.12	Paline di monitoraggio	cad	12	96,00	1.152,00
19	III.11	Riprofilatura ed esecuzione di fossi di diverse dimensioni	ml	600	7,50	4.500,00
					TOTALE DELL'OPERA € 526.039,75	

Al costo per lavori sono da aggiungersi Euro 11.814.64 quali oneri per la sicurezza.

I tempi esecutivi a disposizione dell'Impresa sono 90 giorni lavorativi pari a 126 giorni naturali e consecutivi.