REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE DI NUOVO IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA - COMUNE DELLA SPEZIA (SP)

CIG:601404963B - CUP C48I14000040005

PROGETTO DEFINITIVO

Capogruppo Mandataria:

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Ing. Valter PEISINO

I.G. INGEGNERIA GEOTECNICA S.r.l.
Corso Montevecchio, 50 - 10129 Torino
P. IVA 02325010

Mandanti:

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE
Arch. Pier Augusto DONNA BIANCO

P.I. Pietro MARCELLINO - Progettazione Antincendio

Consulenti specialistici:

Desmos Ingegneria Ambiente Energia
Ing. Stefano VEGGI
Ing. Manlio PACITTI

ORDINE INGEGNERI PROV. ALESSANDRIA - INGEGNERE - N° A-1034 - SEZIONE A

Responsabile Unico del Procedimento:
ACAM Ambiente S.p.A. - Ing. Marco FANTON

Titolo elaborato

Relazione idraulica corpo della discarica

n° elaborato
R07

Scala -

Stato		Data	Annotazioni	Redatto	Verificato	Approvato
Emissione	0	12 / 2015	EMISSIONE	Ing. Fretti	Ing. Veggi	Ing. Peisino
Revisioni	1	12 / 2015	EMISSIONE DEFINITIVA	Ing. Paci	Ing. Veggi	Ing. Peisino
	2					

Diritti riservati ex art. 2578 C.C. - Riproduzione e consegna a terzi solo su specifica autorizzazione.

Commessa n° 20830

Capogruppo:

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Mandanti

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE

P.I. Pietro MARCELLINO

ambiente SpA

REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

"LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE DI NUOVO IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA COMUNE DELLA SPEZIA (SP)"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica corpo della discarica

DESMOS Rel. 010.2015-002R07.1 **Milano, 01 dicembre 2015**

n°	Data	§ revisionato	Motivo della revisione
00	12/2015	Fretti - Veggi	Emissione
01	12/2015	Paci - Veggi	Emissione
02			
03			
04			

Indice

1 PREMESSA 1

2 GESTIONE DELLE ACQUE DI PERCOLATO 2

2.1 Stima della produzione di percolato 2
2.1.1 Il bilancio idrologico della discarica 2
2.1.2 Produzione di percolato 5

2.2 Gestione delle acque di percolato 6
2.2.1 Gestione del percolato nella fase transitoria 6
2.2.2 Gestione del percolato nella fase definitiva 7

2.3 Dimensionamenti 9
2.3.1 Drenaggio di fondo 9
2.3.2 Dimensionamento collettore 10
2.3.3 Dimensionamento delle pompe 11

Allegati:

Allegato 1: Calcolo produzione unitaria percolato
Allegato 2: Calcolo produzione totale di percolato
Allegato 3: Verifica linea di drenaggio del percolato
Allegato 4: Dimensionamento impianto sollevamento dai pozzi

1 PREMESSA

Nel presente documento vengono trattati i temi relativi ai dimensionamenti idraulici del sistema di gestione delle acque del corpo discarica (percolato) nell'ambito del Progetto Definitivo dei "*Lavori di messa in sicurezza permanente e realizzazione di nuovo impianto con riqualificazione ambientale*" della "Discarica per rifiuti speciali non pericolosi" (classificazione ai sensi del D.Lgs. 36/03) sita in Località Saturnia, nel Comune della Spezia.

Oggetto della seguente relazione sarà il sistema di gestione (drenaggio, estrazione, stoccaggio e smaltimento) delle acque di percolato del corpo discarica

Per percolato si intende il complesso dei prodotti liquidi della decomposizione della sostanza organica ad opera dei batteri e dell'estrazione, per azione solvente dell'acqua (meteorica o già contenuta nei rifiuti), dei contaminanti organici.

In progetto è stato studiato un sistema di drenaggio del percolato nella fase transitoria, quella del landfill mining, ed un nella fase definitiva.

Il sistema di gestione del percolato è stato progettato facendo riferimento ai criteri della normale pratica ingegneristica ed in particolare alle indicazioni del Comitato Tecnico Discariche, per quel che riguarda tipologia di impianti (rete di captazione, pozzi di estrazione, sistemi di stoccaggio ed eventualmente di trattamento), le caratteristiche dei materiali (inerte drenante, tipologia di tubazioni e fessurazione) e la geometria del sistema (lottizzazione del fondo, pendenze, spessori, diametri e densità delle tubazioni, ecc.).

Dunque nella descrizione del sistema di gestione del percolato si farà distinzione tra:

- fase "transitoria" caratterizzata dalla realizzazione di parte del fondo della discarica attività per consentire le attività di landfill mining;
- fase "definitiva" con il completamento del fondo della discarica come previsto dal progetto.

Come ampliamente descritto nei paragrafi a seguire, il sistema studiato per la discarica in progetto consente di drenare le acque di percolato per mezzo di una doppia linea di dreni disposta sul fondo (LPF 1 e LPF 2) e diverse linee poste alla base delle scarpate laterali impermeabilizzate, lungo le berme (LPLi) verso diversi pozzi in acciaio, dotati di pompe sommerse, addossati alla parete interna dell'argine di valle; il percolato sollevato dai pozzi verrà convogliato verso un locale di stoccaggio costituito da una serie di serbatoi in vetroresina da realizzare sull'argine di valle e da qui, attraverso un ulteriore sistema di rilancio, all'impianto di depurazione esistente presso il vicino sito di discarica Val Bosca.

2 GESTIONE DELLE ACQUE DI PERCOLATO

Nel presente capitolo vengono trattati gli aspetti relativi ai sistemi di drenaggio, allontanamento e stoccaggio delle acque di percolato.

I dimensionamenti e le verifiche sono stati effettuati sulla base della stima del percolato prodotto.

2.1 Stima della produzione di percolato

La determinazione della quantità di percolato prodotto e delle sue caratteristiche ai fini del dimensionamento degli impianti è stata effettuata attraverso l'utilizzo di modelli teorici che permettono di tenere conto delle caratteristiche specifiche del sito.

Le valutazioni quantitative, in particolare, fanno riferimento a specifici modelli del bilancio idrologico della discarica.

2.1.1 Il bilancio idrologico della discarica

La quantità di percolato prodotto da una discarica dipende da molteplici fattori, quali:

- caratteristiche meteorologiche e idriche della zona (piovosità, temperatura)
- peculiarità morfologiche dell'accumulo;
- permeabilità e spessore del materiale di copertura (tipo di vegetazione e di terreno, pendenza e configurazione topografica);
- metodo di coltivazione della discarica;
- tipo e grado di compattazione dei rifiuti (la quantità di percolato può diminuire del 25÷50% per rifiuti sistemati con trattori cingolati o del 15÷25% per rifiuti sistemati con compattatori a ruote di acciaio).[1]

Un'esatta determinazione di alcuni di tali parametri è di difficile realizzazione, soprattutto per quanto riguarda la caratterizzazione del rifiuto.

Per la valutazione del quantitativo di percolato prodotto da una discarica si può ricorrere ad un bilancio idrologico, ossia ad un modello che renda conto dei volumi di acqua in ingresso ed in uscita dal bacino della discarica.

Il bilancio idrologico di una discarica controllata progettata secondo i criteri imposti dalla moderna pratica ingegneristica e rispettando le prescrizioni normative, ossia in modo tale da evitare perdite verso l'esterno, ingressioni di acque di ruscellamento esterne all'area di discarica, può essere scritto come:

$$P + RC - L - R - ET - DL - \Delta U = 0 \qquad (1.)$$

dove:

P = afflussi meteorici
RC = ricircolo del percolato
L = percolato drenato dalla rete di collettamento
R = ruscellamento dalla superficie della discarica
ET = evapotraspirazione
DL = drenaggio laterale della copertura
ΔU = variazione del contenuto idrico dei rifiuti

Nell'ipotesi di non ricircolare il percolato, si può fare riferimento alla proposta di Oweiss e Khera (1990) e determinare la produzione di percolato per unità di superficie della discarica.

Il modello viene sviluppato per la sola fase di coltivazione, in quanto, a copertura definitiva messa in opera, la produzione di percolato diminuirà progressivamente nel tempo.

Il procedimento inizia con il considerare le temperature medie mensili (T), a partire dalle quali viene stimata l'evapotraspirazione potenziale ETP e l'evapotraspirazione corretta per fattori geografici del sito ETPc.

Per fare questo si fa ricorso alla schematizzazione fisica di Thornthwaite, che stabilisce la seguente relazione esponenziale tra l'evapotraspirazione potenziale e la temperatura media mensile:

$$ETP_i = 16 * \left(\frac{10 \cdot Ti}{I_T} \right)^a \qquad (2.)$$

dove:

EPi = evapotraspirazione potenziale media mensile (espressa in mm);
T = temperatura media dell'aria, riferita al mese i-esimo;
a = $0{,}49239 + 1{,}792 \times 10^{-2} \times I_T - 7{,}71 \times 10^{-5} \times I_T^2 + 6{,}75 \times 10^{-7} \times I_T^3$

IT =indice di calore, pari alla sommatoria degli indici mensili (i) dei dodici mesi dell'anno, pari a

$$I_T = \sum_{i=1}^{12} I_i = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514} \qquad (3.)$$

La correzione geografica viene effettuata moltiplicando l'evapotraspirazione potenziale per un coefficiente di correzione di latitudine (k1) che tiene conto della diversa durata del di' alle diverse latitudini e, per ciascun mese, è pari al rapporto tra le ore diurne e la metà delle ore giornaliere.

[1] Cfr: "Valutazione della quantità di percolato prodotta in uno scarico controllato" di R. Canziani, R. Cossu, Ingegneria Ambientale vol. 14 n. 3-4 marzo/aprile 1995

In virtù del fatto che la copertura intermedia non presenta manto vegetale, il valore ETP viene corretto con un ulteriore coefficiente (k2) per considerare il fatto che avviene solamente evaporazione e non traspirazione.

La determinazione della quantità di percolato prodotta può essere effettuata nota anche l'infiltrazione.

Infatti, all'inizio di un evento pluviometrico i rifiuti assorbono le acque di precipitazione fino a risultare saturi di acqua di ritenzione, dopo di che le acque di precipitazione si allontanano dalla zona in esame scorrendo in superficie (deflusso superficiale) e per via sotterranea (infiltrazione). In via cautelativa si trascura la quota parte di deflusso superficiale e si considera che la piovosità venga interamente assorbita.

Pertanto l'infiltrazione In è stata considerata uguale alla piovosità media mensile P.

Quando l'infiltrazione è maggiore dell'evapotraspirazione calcolata in precedenza l'eccesso di infiltrazione va ad alimentare per una parte eventuali deficienze del contenuto naturale d'acqua dello strato superficiale (determinato dal bilancio del mese precedente) e per la parte restante si trasforma in percolato.

Quando invece le precipitazioni sono insufficienti a ricostruire la capacità di campo dei rifiuti, l'evapotraspirazione avviene in parte a spese dell'infiltrazione e per la parte restante a spese della capacità di riserva idrica della copertura intermedia S che subirà un impoverimento senza dare luogo a percolato. Pertanto l'evapotraspirazione reale ETR risulta uguale a quella potenziale quando l'infiltrazione è maggiore dell'evapotraspirazione, mentre in caso di deficit idrico è pari alla somma dell'infiltrazione e della perdita di contenuto d'acqua della copertura.

Il confronto fra l'infiltrazione In e l'evapotraspirazione reale ETR ha permesso la determinazione del percolato prodotto L.

Si precisa inoltre che quando l'infiltrazione torna ad eccedere l'evapotraspirazione, una quota parte dell'infiltrazione servirà ad integrare la riserva idrica della copertura intermedia S a discapito della produzione di percolato.

Una volta nota la produzione unitaria, a seconda della fase di coltivazione considerata, ossia quella più critica, sono note le superfici già impermeabilizzate e la volumetria abbancata da cui può essere calcolata l'effettiva produzione di percolato tenendo conto della quota parte di precipitazione trattenuta dal rifiuto e del rilascio di liquidi da parte dei fanghi di depurazione acque smaltiti in discarica.

2.1.2 Produzione di percolato

La determinazione della produzione di percolato per il lotto in progetto è stata condotta in riferimento al periodo di gestione operativa.

L'applicazione del metodo proposto da Oweiss e Khera, descritto al precedente paragrafo, è stata effettuata ipotizzando che la capacità di riserva idrica della copertura intermedia S sia quantificabile in 10 mm.

Di seguito si riportano i due grafici più significativi del procedimento di calcolo applicato al caso in oggetto; il dettaglio dell'applicazione del suddetto metodo è riportato in **Allegato 1** al presente documento.

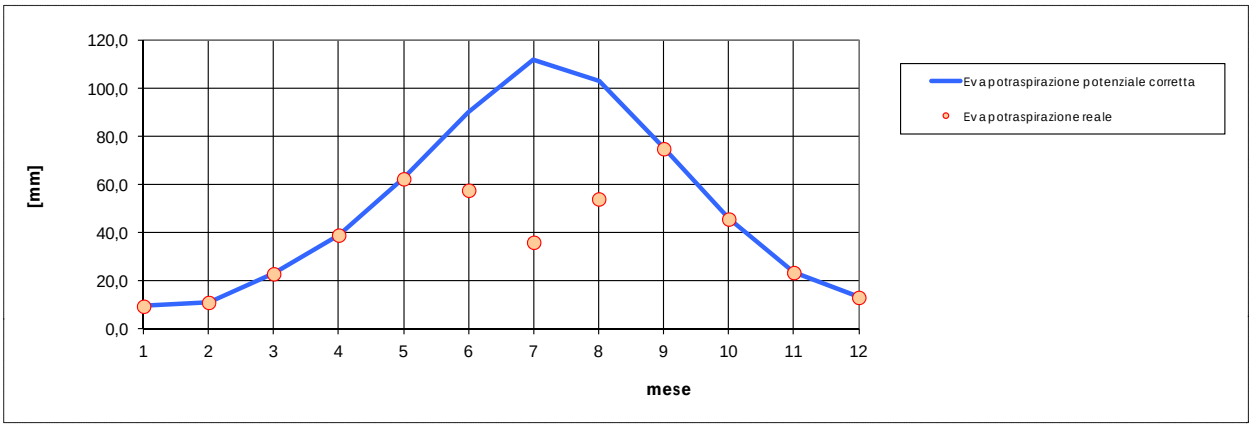


Figura 2.1: Evapotraspirazione

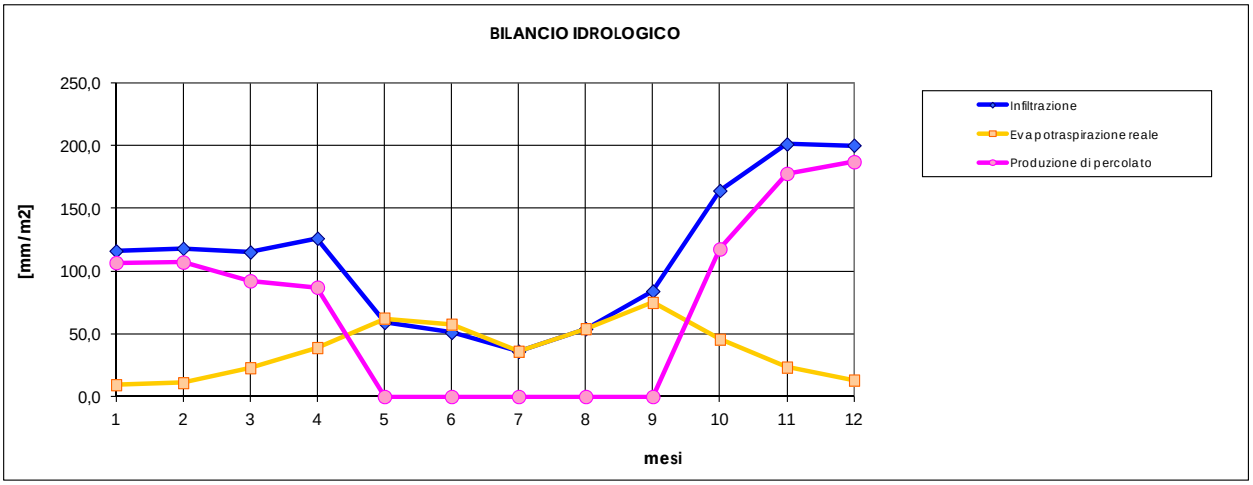


Figura 2.2: Bilancio idrologico

Dalla tabella riportata in **Allegato 1** alla presente relazione si evince che la produzione media annua di percolato per unità di superficie è pari a 874,75 mm/m2/anno.

Una volta nota la produzione unitaria di percolato, è stata calcolata la produzione totale tenendo conto del dato in termini di conferimento medio annuo di rifiuti (70.000 tonnellate) e del fatto che si prevede di realizzare e gestire la discarica secondo la logica di fasi descritta nel documento di progetto R02 "Relazione tecnica generale".

Per ogni fase di coltivazione considerata, ricavando graficamente i dati circa le superfici impermeabilizzate e la volumetria abbancata, è stata calcolata l'effettiva produzione di percolato tenendo conto anche della quota parte di precipitazione trattenuta dal rifiuto (10%).

In **Allegato 2** alla presente relazione sono riportati i risultati dei calcoli; si osserva in particolare come la produzione di percolato media mensile attesa è di 1.080,94 mc/mese, mentre la produzione massima mensile attesa è di 4.612,47 mc/mese.

2.2 Gestione delle acque di percolato

Per percolato si intende il complesso dei prodotti liquidi della decomposizione della sostanza organica ad opera dei batteri e dell'estrazione, per azione solvente dell'acqua (meteorica o già contenuta nei rifiuti), dei contaminanti organici.

In progetto è stato studiato un sistema di drenaggio del percolato nella fase transitoria, quella del landfill mining, ed un nella fase definitiva.

Il sistema di gestione del percolato è stato progettato facendo riferimento ai criteri della normale pratica ingegneristica ed in particolare alle indicazioni del Comitato Tecnico Discariche, per quel che riguarda tipologia di impianti (rete di captazione, pozzi di estrazione, sistemi di stoccaggio ed eventualmente di trattamento), le caratteristiche dei materiali (inerte drenante, tipologia di tubazioni e fessurazione) e la geometria del sistema (lottizzazione del fondo, pendenze, spessori, diametri e densità delle tubazioni, ecc.).

2.2.1 Gestione del percolato nella fase transitoria

2.2.1.1 Sistema di drenaggio del percolato nella fase transitoria

Per l'estrazione del percolato nella fase di transizione è stato considerato un sistema costituito da linee drenanti costituite da tubazioni macrofessurate in HDPE immerse in strato di materiale granulare poste sul fondo della discarica (LPF negli elaborati di progetto).

Di seguito viene riportata una descrizione di tali linee.

2.2.1.2 Sistema di drenaggio del percolato di fondo (LPF) nella fase transitoria

Sul fondo della discarica è prevista la posa di n. 2 linee di drenaggio di fondo (LPF 1 e LPF 2) disposte in senso longitudinale rispetto allo sviluppo della discarica, costituite da tratti allineati di tubazioni macrofessurate in HDPE alloggiate all'interno di un bauletto di materiale inerte drenante a completamento dello strato di materiale granulare di fondo, di spessore adeguato avente funzione di drenaggio del percolato.

Ciascun dreno avrà la stessa pendenza del sottostante strato di argilla (intorno all'1,5%) e confluirà verso il piede della scarpata interna dell'arginello provvisorio di valle dove verranno installati dei pozzetti verticali in HDPE ø 800 flangiati.

La tubazione di fondo proseguirà poi oltre detto pozzetto attraverseranno l'arginello tramite un tratto cieco appositamente munito di flange e di chiuse in modo da consentire al drenaggio di fondo di proseguire verso i pozzi previsti nella successiva conformazione definitiva.

2.2.2 Gestione del percolato nella fase definitiva

2.2.2.1 Sistema di drenaggio del percolato nella conformazione definitiva

Per l'estrazione del percolato del lotto in oggetto è stato considerato un sistema costituito da linee drenanti costituite da tubazioni macrofessurate in HDPE immerse in strato di materiale granulare poste sia sul fondo della discarica (LPF negli elaborati di progetto) che in corrispondenza della pareti laterali lungo le berme di progetto (LPL).

Linee di drenaggio sul fondo (LPF)

Ciascuna delle due linee di drenaggio di fondo predisposta per la fase transitoria (LPF 1 e LPF 2 disposte in senso longitudinale rispetto allo sviluppo della discarica e costituite da tratti allineati di tubazioni macrofessurate in HDPE ø 400 alloggiate all'interno di un bauletto di materiale inerte drenante) verrà portata sino al piede della scarpata interna dell'argine di valle da dove, in corrispondenza di altrettanti pozzi obliqui addossati alla parete dell'argine (PAi negli elaborati di progetto), confluirà in collettori costituiti da tubazioni in HDPE alloggiate all'interno di tubazioni camicia sempre in HDPE.

In corrispondenza dei punti di accumulo del percolato, ovvero alla base dei pozzi, è previsto la realizzazione di uno stato di 1 m di argilla addittivata a calce al fine di dotare la zona di uno strato di terreno più rigido e quindi meno cedevole; per dettagli si rimanda ai particolari di progetto.

Linee di drenaggio di parete (LPL)

Una seconda tipologia di linea di drenaggio del percolato (LPL) sarà predisposta alla base delle berme impermeabilizzate della discarica in progetto e sarà costituita da tubazioni macrofessurate in HDPE ø 315 alloggiate all'interno di un bauletto di materiale drenante.

In particolare:

- sulla berme a quota 40,00 m s.l.m. saranno posizionati due di collettori delle medesime caratteristiche che confluiranno in corrispondenza di due punti di accumulo da cui consentiranno il collegamento fra dette linee e altri due pozzi obliqui sempre addossati alla parete dell'argine (PAi);
- sulle berme a quote 52,00 m 54,00 m e 60,00 m s.l.m. saranno posizionati tre collettori delle medesime caratteristiche che confluiranno in corrispondenza di tre punti di accumulo formati da pozzetti verticali in HDPE.

2.2.2.2 Sistema di estrazione del percolato nella conformazione definitiva

Le linee di drenaggio LPF ed LPL (quest'ultima per le sole condotte lungo la berma a quota 40,00 m s.l.m.) avranno come recapito dei pozzi in acciaio catramato (PA1, PA2, PA3 e PA4) addossati alla parete dell'argine per l'estrazione del percolato mediante pompe sommerse; il percolato emunto sarà inviato mediante collettori costituiti da tubazioni in HDPE piene alloggiate all'interno tubazioni camicia sempre in HDPE in un pozzetto di rilancio interrato in cls posto in corrispondenza della pista sull'argine di valle, alla quota di 50 m s.l.m.

I pozzi addossati alla parete dell'argine, previsti anche per dotare il sistema di estrazione di punti di controllo che consentano di monitorare sia durante la fase di gestione che in quella di post gestione il corretto funzionamento del sistema di fondo, saranno realizzati con tubazioni in acciaio catramato del diametro di 800 mm con tratti fessurati alternati a tratti ciechi e dotati di una fondazione in calcestruzzo armato di dimensioni pari a 4,0x5,0x0,7 m.

I pozzi saranno appoggiati alla parete che verrà sagomata in modo da offrire l'appoggio; sul fondo saranno alloggiati all'interno di apposite nicchie realizzate nello strato di argilla inferiore che localmente verrà inspessita fino a 2,0 m e trattata con cemento.

Le linee LPL poste sulle berme a quote 52,00 m 54,00 m e 60,00 m s.l.m. avranno come recapito dei pozzetti verticali in HDPE ø 800 flangiati; da questi il percolato sarà inviato tramite tubazioni in HDPE piene incamiciate sempre in HDPE allo stesso pozzetto di rilancio posto in corrispondenza della pista sull'argine di valle, alla quota di 50 m s.l.m.

2.2.2.3 Sistema di stoccaggio del percolato nella conformazione definitiva

Dal pozzetto di rilancio posto in corrispondenza della pista sull'argine di valle, alla quota di 50 m s.l.m., il percolato sarà avviato, mediante idonei sistemi di sollevamento e una linea di convogliamento costituita da una tubazione in HDPE posizionata all'interno di una camicia in HDPE, verso una vasca interrata sempre in cls, posta in corrispondenza del piazzale di servizio a quota 70 m s.l.m.

La vasca avrà dimensioni in pianta indicativamente di 30 x 8 m e un'altezza utile di 3 m; la capacità totale della vasca sarà pertanto di 800 mc e sarà quindi in grado di garantire volumetrie utili di stoccaggio per un periodo di 20 giorni circa in condizioni di normale produzione di percolato, mentre, in caso di produzioni massime, il periodo scenderà a 5 giorni.

In caso di necessità, comunque, potranno essere utilizzati per lo stoccaggio del percolato anche parte dei serbatoi presenti presso la discarica di Val Bosca; nella vicina discarica di Val Bosca infatti è presente un sistema di stoccaggio e trattamento il cui utilizzo sarà progressivamente ridotto in quanto la discarica è in fase di gestione post- operativa e con capping di prossima realizzazione.

Si ritiene utile realizzare una tubazione di collegamento del nuovo sistema di stoccaggio del percolato a tali impianti; il collegamento è infatti di facile realizzazione in quanto la viabilità di accesso alla nuova discarica di Saturnia avverrà attraverso la viabilità interna della discarica di Val Bosca (che è oggetto di adeguamento) e un nuovo tratto stradale tra le due discariche. Il

collegamento sarà dotato degli opportuni presidi per evitare la contaminazione del terreno sottostante.

Gli impianti di Val Bosca potranno essere impiegati per la gestione di eventuali emergenze; potranno essere usati, in particolare, 6 serbatoi da 35 mc ciascuno dei 12 presenti, per un volume di stoccaggio ulteriore di 420 mc.

L'estrazione di percolato dal lotto di coltivazione verrà fermata in automatico quando il volume nella vasca raggiungerà il massimo di 700 mc circa; in tal modo dovrebbe rimanere un volume pari a quello utile di accumulo del pozzetto di rilancio (30 mc circa) più il volume di svuotamento del collettore.

2.2.2.4 Trattamento del percolato

Il trattamento del percolato avverrà presso l'impianto di ultrafiltrazione a osmosi inversa presente nei pressi della discarica di Val Bosca; si dovrà pertanto prevedere il revamping di tale impianto (riattivazione) al momento non funzionante.

2.3 Dimensionamenti

Di seguito viene riportato il dimensionamento dei sistemi di estrazione, convogliamento e dell'impianto di stoccaggio del percolato.

La metodologia di verifica delle tubazioni scelte è del tutto analoga a quella utilizzata per la regimazione delle acque meteoriche; la verifica infatti è stata effettuata attraverso il confronto tra la portata di percolato prodotta sulla superficie che la tubazione considerata dovrà drenare (portata critica) e quella che la relativa tubazione è in grado di allontanare (portata di esercizio).

La portata di esercizio viene determinata in base alle caratteristiche della tubazione scelta utilizzando la formula di Chezy.

2.3.1 Drenaggio di fondo

Le linee di drenaggio sul fondo saranno tutte costituite da tubazioni macrofessurate di grande diametro in HDPE alloggiate all'interno di un bauletto di materiale drenante.

Per maggiore cautela, la verifica idraulica è stata effettuata a partire dalla massima produzione mensile di percolato considerando solo le due linee di fondo (LPF).

E' risultato pertanto che le linee LPF di fondo dovranno essere in grado complessivamente di convogliare una portata di 1,78 litri/s.

Ipotizzando di utilizzare tubazioni in HDPE PE 80 fessurate aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro esterno DE pari a 400 mm,
- fessurazioni su 2/3 della circonferenza (1 fessura secondo lo schema riportato nella successiva Figura),
- PN 12,5 e SDR 11 per tener conto del carico indotto dagli ingenti spessori di rifiuti,

si è ottenuto che, secondo le seguenti condizioni di esercizio:

- pendenza media dello 0,5% a lungo periodo;
- franco di sicurezza del 10 %;

la portata di esercizio risulta pari a:

- 22,40 litri/s.

Per dettagli sui risultati si veda quanto riportato all'interno dell'**Allegato 3**.

Come si può notare la classe di tubazione scelta appare sovradimensionata per convogliare la portata critica precedentemente individuata; si tenga tuttavia conto del fatto che tali tubazioni, nel tempo, tendono ad ostruirsi parzialmente per effetto delle deposizioni del materiale fine contenuto nel percolato.

Per le linee di drenaggio di parete LPL sono state scelte tubazioni di caratteristiche analoghe (HDPE PE 80, PN 12,5 e SDR 11) di diametro inferiore (DE 315).

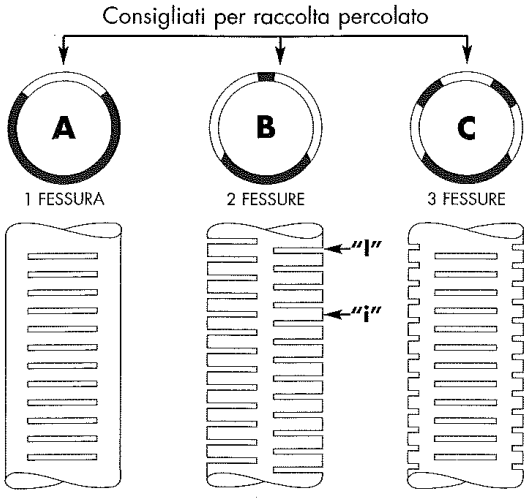


Figura 2.3: Fessurazioni delle tubazioni per l'estrazione del percolato

2.3.2 Dimensionamento collettore

I collettori sono stati dimensionati sulla base della portata di estrazione delle pompe considerando le perdite di carico distribuite per tubo scabro (lunghezza del pozzo) e per tubo liscio (lunghezza collettore).

Il primo tratto di collettore, che va dalle sommità dei pozzi inclinati al pozzetto di rilancio posto in corrispondenza della pista in testa all'argine di valle, sarà costituito da una tubazione in HDPE PE 80 (PN 12,5 e SDR 11) con diametro esterno DE di 90 mm.

Il secondo tratto di collettore, che va dal pozzetto di rilancio alla vasca di stoccaggio del percolato, sarà invece costituito da una tubazione in HDPE PE 80 (PN 12,5 e SDR 11) con diametro esterno DE di 110 mm.

Per dettagli sui risultati si veda quanto riportato all'interno dell'**Allegato 4**.

2.3.3 Dimensionamento delle pompe

Per il dimensionamento delle pompe sono state calcolate dapprima prevalenza e portata di progetto (si veda **Allegato 4** per dettagli).

Per la prevalenza delle pompe è stato considerato il salto geodetico dato dalla differenza fra la quota di alloggiamento della pompa e la quota di arrivo della tubazione di mandata.

Sono state considerate nel calcolo della prevalenza sia perdite di carico concentrate che quelle distribuite; queste ultime, in particolare, sono risultate ridotte dato che le tubazioni in HDPE sono pressoché lisce.

La portata di punta è stata definita sulla base della:

- massima portata mensile, pesata sulla durata, (997,13 m^3/mese) per le due pompe che pescano sul fondo vasca (LPF);
- ll 50% della massima portata mensile, pesata sulla durata, (498,57 m^3/mese) per le pompe che pescano nella berma laterali (LPL);

ed ipotizzando il funzionamento di una sola pompa alloggiata nei pozzi e una pompa alloggiata nel pozzetto di rilancio.

Tramite la portata di punta stimata per la fase di landifill mining sono state inoltre dimensionate le pompe da utilizzare per la fase di transizione.

Così come mostrato nell'**Allegato 4**, sono state poi scelte le caratteristiche esatte della singola pompa fra quelle disponibili in commercio; per il funzionamento del sistema, in particolare:

- per la fase di transizione sono risultate necessarie n. 2 pompe da 3 kW di potenza e portata ~0,01 m^3/sec;

- per la conformazione definitiva della vasca sono risultate necessarie n. 5 pompe sommergibili da 3,0 kW di potenza e portata ~ 0,01 m^3/sec (3 da alloggiare nei pozzi verticali, portata e nei 2 pozzi inclinati posti sulle berme), n. 2 pompe sommerse da 8 kW e portata ~0,014 m^3/sec (da posizionare nei due pozzi inclinati che pescano dal fondo della vasca) e n. 2 pompe (una funzionante e una di riserva) da 8,0 kW di potenza ~0,015 m^3/sec da alloggiare all'interno del pozzetto di rilancio.

Allegato 1: Calcolo produzione unitaria percolato

ALLEGATO 1: CALCOLO DELLA PRODUZIONE UNITARIA DI PERCOLATO

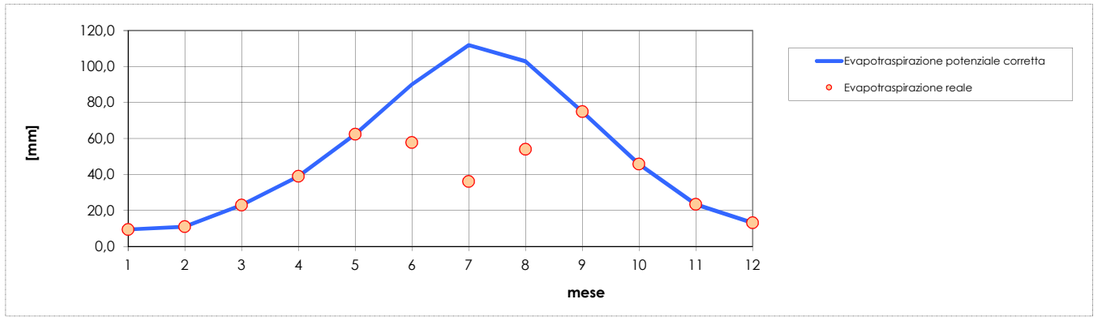
PRODUZIONE UNITARIA DI PERCOLATO (METODO DI OWEIS E KHERA)

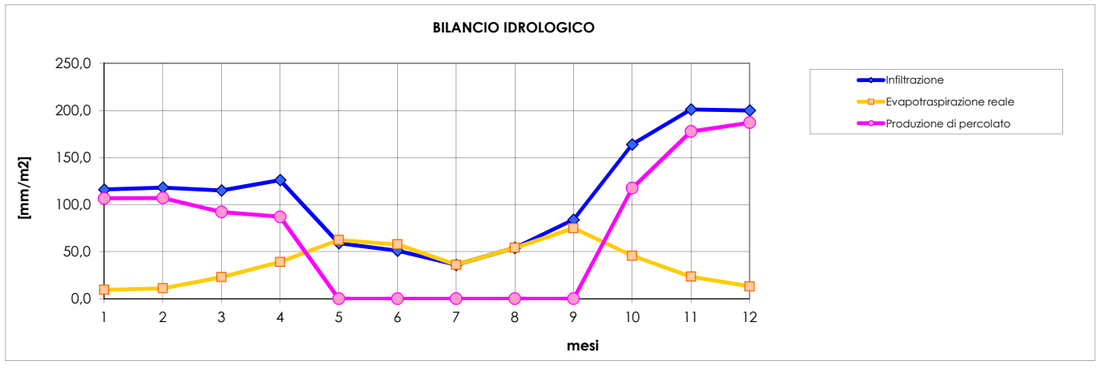
			GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	totali	min	max	medie
Temperatura media mensile	**T**	[°C]	6,70	7,30	10,10	13,40	16,70	20,90	23,80	23,70	21,20	16,40	11,90	8,30	180,40	6,70	23,8	15,0
Indice di calore mensile	**Ii**		1,56	1,77	2,90	4,45	6,21	8,72	10,61	10,55	8,91	6,04	3,72	2,15	67,59			
Evapotraspirazione potenziale	**ETP**	[mm/m2]	15,8	18,0	29,9	46,5	65,6	93,1	114,0	113,2	95,2	63,8	38,7	22,0	715,85	15,78	114,0	59,7
fattore di correzione geografico			0,79	0,81	1,02	1,12	1,27	1,29	1,31	1,21	1,05	0,95	0,81	0,79				
fattore di correzione per mancanza di vegetazione			0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75				
fattore di correzione	**k**		0,60	0,61	0,76	0,84	0,95	0,97	0,98	0,91	0,79	0,72	0,60	0,59				
Evapotraspirazione potenziale corretta	**ETPc**	[mm/m2]	9,4	11,0	22,9	39,0	62,4	90,0	111,9	102,9	74,9	45,7	23,4	13,1	606,44	9,40	111,9	50,5
Piovosità media mensile	**P**	[mm/m2]	116,0	118,0	115,0	126,0	59,0	51,0	36,0	54,0	84,0	164,0	201,0	200,0	1324,00	36,00	201,0	110,3
Infiltrazione	**I = P**	[mm/m2]	116,0	118,0	115,0	126,0	59,0	51,0	36,0	54,0	84,0	164,0	201,0	200,0	1324,00	36,00	201,0	110,3
Riserve nella copertura intermedia	**S**	[mm/m2]	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	6,6	0,0	0,0	0,0	9,1	10,0	10,0			10,0	
Evapotraspirazione reale	**ETR**	[mm/m2]	9,4	11,0	22,9	39,0	62,4	57,6	36,0	54,0	74,9	45,7	23,4	13,1	449,25	9,40	74,9	37,4
Variazione delle riserve nella copertura intermedia	**DS**	[mm/m2]	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,4	-6,6	0,0	0,0	9,1	0,9	0,0	0,0				
Produzione di percolato	**L**	[mm/m2]	106,6	107,0	92,1	87,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	117,5	177,6	186,9	874,75	0,00	186,9	**72,9**

Verifica:														
ETR+DS+L			116,0	118,0	115,0	126,0	59,0	51,0	36,0	54,0	84,0	164,0	201,0	200,0
ETR+DS+L=I ?			SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'

FATTORE DI SICUREZZA PERCOLATO = massimo mensile/ medio mensile = 2,56

GRAFICI





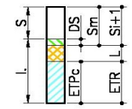
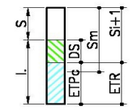
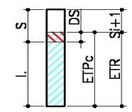
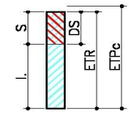
FORMULE E PARAMETRI

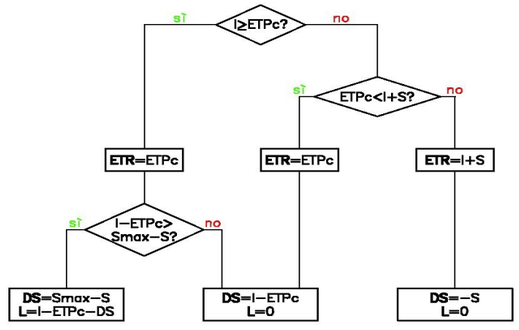
$$I_i = \left(\frac{T_i}{5}\right)^{1.514} \qquad I_T = \sum_{i=1}^{12} I_i$$

$$\alpha = 0.49239 + 1.792\times10^{-2}\times I_T - 7.71\times10^{-5}\times I_T^2 + 6.75\times10^{-7}\times I_T^3$$

= 1,559746

$$ETP_{Ci} = 16\cdot\left(\frac{10\cdot Ti}{I_T}\right)^{\alpha}\cdot k_i$$

	ETR	DS	L	
I≥ETPc	**ETR=ETPc**	**I−ETPc>Smax−S => DS=Smax−S**	**L=I−ETPc−DS**	 Quello che resta di I dopo ET prima "riempie" S fino a Smax e poi diventa L
		I−ETPc<Smax−S => DS=I−ETPc	**L=0**	 Quello che resta di I dopo ET prima "finisce" tutto in S (senza arrivare a Smax in quanto insuff per hp)
I≥ETPc	**ETPc<I+S => ETR=ETPc**	**DS=I−ETPc**	**L=0**	 Non ho eccesso di I rispetto ad ETPc, quindi devo usare S per raggiungere ETPc
	ETPc>I+S => ETR=I+S	**DS=−S**	**L=0**	



Allegato 2: Calcolo produzione totale di percolato

ALLEGATO 2: CALCOLO DELLA PRODUZIONE TOTALE DI PERCOLATO

STIMA DELLA PRODUZIONE TOTALE DI PERCOLATO				
DATI GENERALI				
Volume disponibile	**V tot**	**[m3]**	**700 000**	
Volume rifiuti esistenti	**V tot**	**[m3]**	58 000	
Volume disponibile complessivo	**V tot**	[m3]	**758 000**	
Densità apparente (media)	**gamma**	[ton/m3]	**1,14**	
Massa totale (rifiuti più coperture intermedie)	**W tot**	[ton]	**799 750**	**1 074 862**
Massa rifiuti esistenti	**W tot**	[ton]	58 000	
Massa totale rifiuti	**V tot**	**[ton]**	**857 750**	
Conferimento annuo rifiuti	**Vi**	**[mc]**	**100 000**	
	Wi	**[t]**	**114 250**	
Apertura impianto		[giorni/anno]	313	
Conferimento giorno rifiuti	**Wi**	[ton/giorno]	365	
Volume giornaliero rifiuti		[m3/giorno]	319	
Durata complessiva	**D**	[giorni]	2 191,0	
		[mesi]	84,0	
		[anni]	7,0	

secondo la: $L = P \times S \times 0,4 \times C_c$

con Cc che vale: 0,7 per coperture di 0,3m

0,25 per coperture definitive da D.Lgs. 36/03

0,05 per coperture definitive da D.Lgs. 36/03 + geomembrana

DATI SPECIFICI PER FASI			Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Media pesata	TOT	DETERMINAZIONE PRODUZIONE MEDIA		
Sup. max esposta (interessata da coltivazione)	**Sh**	[m2]	**-**	**-**	**4 600**	**19 000**	**39 500**	**30 100**	**10 100**	**31 374**		41 539,52	mc/anno	pioggia
Sup. media non interessata	**Sh**	[m2]	0	0	0	0	0	9 400	29 400	5 543		11 631,06	mc/anno	percolato
Spessore medio rifiuti	**h**	[m]	**0**	**0**	**7**	**5**	**6**	**5**	**1**			969,26	mc/mese	percolato
Spessore massimo rifiuti	**h**	[m]	**0**	**0**	**13**	**7**	**10**	**10**	**1**					
Volume massimo rifiuti (di fase)	**V tot**	[m3]	0	**0**	**59 800**	**133 000**	**262 000**	**301 000**	**10 100**		**765 900**	873 126,00		
Volume massimo rifiuti accumulato	**V tot**	[m3]	0	**0**	**59 800**	**192 800**	**454 800**	**755 800**	**765 900**					
Massa massima rifiuti	**Wi**	[ton]	0	0	68 172	151 620	298 680	343 140	11 514		804 954			
Durata fase	**D**	[anni]	0,00	0,50	0,25	1,3	2,6	3,0	0,1		7,0 anni (esclusa fase 1)			
	D	[mesi]	0,00	6,00	3,00	15,93	31,37	36,04	1,21		84,5 mesi (esclusa fase 1)			

DETERMINAZIONE DELLA PRODUZIONE MASSIMA												
Fase			1	2	3	4	5	6	7		*tot.*	*mensile*
superficie media occupata da rifiuti in coltivazione	**S rsu**	[m2]	**0**	**0**	**4 600**	**12 910**	**29 250**	**30 100**	**10 100**			
superficie occupata da rifiuti fase precedente		[m2]	0	0	0	0	0	9 400	29 400			
produzione percolato unitaria di fase		[m3/m2/fase]	0,000	0,437	0,219	1,161	2,287	2,627	0,088			
produzione percolato da coltivazione di fase	**PP**	[m3/fase]	-	-	1 006	14 987	66 890	79 080	890		161 963	1 916
produzione percolato da coltivazione mese	**PP**	[m3/mese]	-	-	335	941	2 132	2 194	736			
produzione percolato da aree fasi precedenti	**PP**	[m3/fase]	-	-	-	-	-	24 696	2 592		24 696	292
	PP	[m3/mese]	-	-	-	-	-	685	2 143			
produzione percolato fase	**PP**	[m3/fase]	-	-	1 006	14 987	66 890	103 776	3 482		186 659	2 208
produzione percolato mese	**PP**	[m3/mese]	-	-	335	941	2 132	2 879	2 879			
massima area impermeabilizzata esposta	**AI**	[m2]	**0**	**2 600**	**3 900**	**12 180**	**20 500**	**0**	**0**			
piogge medie unitarie per fase		[m3/m2/fase]	0,00	0,66	0,33	1,76	3,46	3,98	0,13			
acque meteoriche per fase	**AM**	[m3/fase]	0	1 721	1 291	21 401	70 956	0	0		95 370	1 128
quota parte AM che finisce nel percolato		[%]	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%			
acque meteoriche nel percolato	**AMP**	[m3/fase]	-	1 635	1 226	20 331	67 409	-	-		90 601	1 072
acque meteoriche nel percolato mese	**AMP**	[m3/mese]	0,00	272,52	408,79	1276,67	2148,74	0,00	0,00			
produzione percolato per fase	**PPA**	[m3/fase]	0	1 635	2 232	35 318	134 298	103 776	3 482		277 260	3 279
produzione percolato mensile	**PPM**	[m3/mese]	0,00	272,52	744,11	2 217,75	4 280,95	2 879,39	2 879,39			
produzione percolato mensile (verifica)	**PPM**	[m3/mese]	0,00	272,52	744,11	2 217,75	4 280,95	2 879,39	2 879,39			

Produzione massima	[m3/mese]	4 280,95
Produzione media (pesata sulla durata)	[m3/mese]	969,26

La produzione massima si ha durante la Fase 5

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI STOCCAGGIO	
# vasche	1
capacità vasca interrata	720 mc
capacità totale impianto	720 mc
Autonomia minima (con picchi di produzione)	5,045612 giorni
Autonomia media	22,28515 giorni

Allegato 3:
Verifica linea di drenaggio del percolato

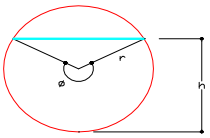
ALLEGATO 3: VERIFICA LINEA DRENAGGIO PERCOLATO

CALCOLO PORTATA DI PORGETTO PER TUBAZIONI FONDO VASCA (LPF)

				LPF	
Massima produzione di percolato	Massima produzione	Q max	[m^3/mese]	4 649,65	(Fase 5)
	Massima portata giornaliera		[m^3/giorno]	154,99	
	Portata di progetto	PAM	[l/sec]	1,79	

DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI LINEA DRENAGGIO PERCOLATO FONDO VASCA (LPF)

Calcolo della portata per una sezione circolare



		LPF	
		Tubazione HDPE (PE 80) DE 400 SDR11-PN12,5	
Pendenza (i)	[%]	0,5%	
Pendenza lungo periodo (i)	[%]	0,5%	
DE	[m]	0,400	
Spessore tubazione	[m]	0,036	
Raggio	[m]	0,164	
Percentuale tubazione piena	[%]	25%	
Altezza utile tubazione (h)	[m]	0,082	
Franco	[%]	10%	
Altezza effettiva tubazione (h')	[m]	0,074	
Angolo al centro (ϕ)	[rad]	1,977	ϕ=2 arc cos (1-h/r)
Area bagnata	[mq]	0,014	$A=r^2/2\ (\phi\text{-sen}\ \phi)$
Costante di calcolo (C)	[m]	0,323	$C=r\ \phi$
Raggio idraulico	[m]	0,044	R=A/C
Coefficiente k (gauckler-strickler)	[$m^{1/3}$ /s]	90,000	
n	[$s/m^{1/3}$]	0,011	n=1/k
c	[$m^{1/2}$ /s]	53,43	
Portata defluente	[l/s]	11,20	Q=A c (R i)^(1/2) 1000

	LPF
n° tubazioni	2
Portata defluente	22,4
Verifica	verificato

Allegato 4: Dimensionamento impianto sollevamento dai pozzi

ALLEGATO 4.1a: DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DAI POZZI "PROVVISORI" AI SERBATOI SCARRABILI

VERIFICA DELLA POMPE DI ESTRAZIONE DEL PERCOLATO

PRE-DIMENSIONAMENTO

Portata finale	Q	744,11 mc/mese	0,010334808 mc/s	10,334808 l/s
Prevalenza totale (max)	ΔH		21,42 m	
1) **Salto geodetico**	Δhg		15 m	

CALCOLO PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

		TRATTO TUBAZIONE POZZO-POZZETTO RILANCIO	
2a)	**Perdite di carico distribuite (JL) per tubo scabro**		5,30 m
Lunghezza pozzo	L 1		2,5 m
Lunghezza linea interrata	L 2		110 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		4,71E-02
2b)	**Perdite di carico distribuite (JL) per tubo liscio**		5,19 m
Lunghezza tot	L tot		112,5 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		4,61E-02
Tubazione di mandata	HDPE (PE 80) PN12,5 SDR 11 - DE75		
	DE	**90 mm**	**0,09 m**
	DI	79,2 mm	0,0792 m
	sp.	5,4 mm	0,0054 m
	ε	0,004 mm	0,000004 m
	ε/D		5,05E-05
	A		4,93E-03 mq
	v		2,10 m/s
Numero di Reynolds	Re = 4Q/π υ DI		1,6E+05
Viscosità cinematica (acqua)	υ		0,000001008 mq/s

Siamo nel caso di MOTO TURBOLENTO DI TRANSIZIONE (vedi abaco di Moody)

Formula di Colebrook per tubi scabri

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda) + \varepsilon / 3{,}71\ DI]$$

λ		0,016644483
radq(λ)	0,1290135	
sx	7,751126812	
Re radq(λ)	2,1E+04	
2,51 / Re radq(λ)	1,2E-04	
ε / 3,71 DI	1,36132E-05	
[…]	1,3E-04	
log[…]	-3,880584174	
dx	7,761168347	0,010041535 risolutore

La formula di Prandlt per i tubi lisci da:

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda)]$$

λ		0,016283945
radq(λ)	0,127608563	
sx	7,83646471	
Re radq(λ)	2,1E+04	
2,51 / Re radq(λ)	1,2E-04	
log[…]	-3,923232929	
dx	7,846465858	0,010001148 risolutore

Prevalenza richiesta

(tubo scabro)	a)	20,30 m	verificato
(tubo liscio)	b)	20,19 m	verificato

Prevalenza residua*

(tubo scabro)	a)	1,12 m
(tubo liscio)	b)	1,24 m

CALCOLO PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

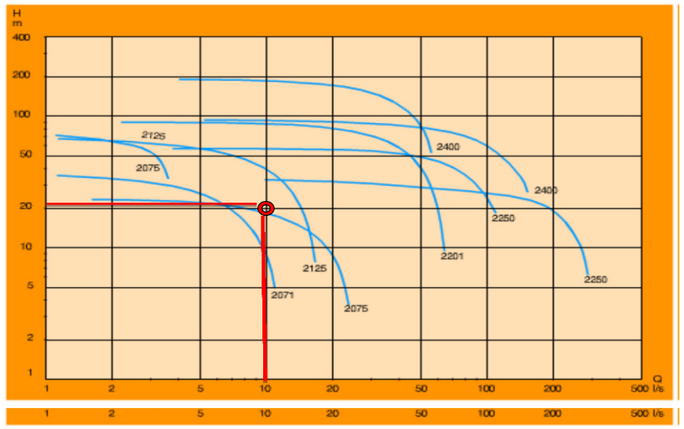
		TRATTO TUBAZIONE POZZO	
3	**Perdite di carico localizzate**	1,12 m	
Δh1	1,12149	2 valvole di non ritorno	
Δh2			
Δh3			

VERIFICA VELOCITA' (PER EVITARE COLPO D'ARIETE)

V=	2,10 m/s	verificato

DIMENSIONAMENTO DELLA POMPA

Curve caratteristiche pompe per drenaggio percolato



Portata corretta Q 10 l/s = 0,01 mc/s

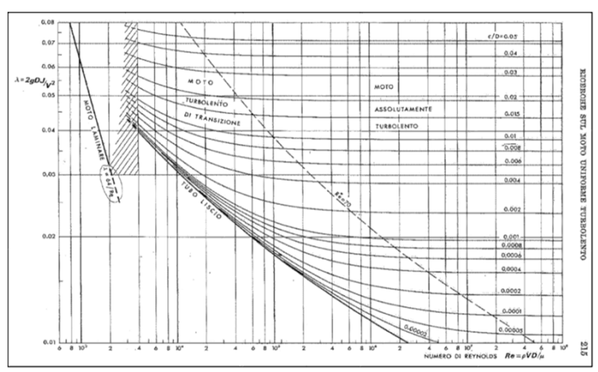
Caratteristiche della pompa

Dimensioni	H:	705 mm
	L:	185 mm
Peso	P:	28 Kg
Potenza	Wmax:	3 kW
Tubo di mandata	D:	90 mm

CALCOLO POTENZA POMPA

Peso specifico	γ	10000 N/mc
Portata	Q	0,01 mc/s
Salto geodetico	Δhg	15 m
Perdite carico distribuite	JL	0,12 m
Perdite carico localizzate	Dh	1,12 m
Rendimento	η	0,80
Potenza minima richiesta	W	2,029917 kW
Verifica potenza		verificato

*: La prevalenza residua può essere considerata come un margine per le perdite di carico concentrate (organi di regolazione, variazioni di sezione -ad es. da pompa e mandata- ecc)



ALLEGATO 4.1b: DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DAI POZZI "DEFINITIVI" DI VALLE

VERIFICA DELLA POMPE DI ESTRAZIONE DEL PERCOLATO

PRE-DIMENSIONAMENTO

Portata finale	Q	969,26 mc/mese	0,01346188 mc/s	13,46188 l/s
Prevalenza totale (max)	ΔH		27,96 m	
1) **Salto geodetico**	Δhg		20 m	

CALCOLO PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

		TRATTO TUBAZIONE POZZO-POZZETTO RILANCIO	
2a)	**Perdite di carico distribuite (JL) per tubo scabro**		6,06 m
Lunghezza pozzo	L 1		30 m
Lunghezza linea interrata	L 2		50 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		7,57E-02
2b)	**Perdite di carico distribuite (JL) per tubo liscio**		5,89 m
Lunghezza tot	L tot		80 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		7,37E-02
Tubazione di mandata	HDPE (PE 80) PN12,5 SDR 11 - DE75		
	DE	**90 mm**	**0,09 m**
	DI	79,2 mm	0,0792 m
	sp.	5,4 mm	0,0054 m
	ε	0,004 mm	0,000004 m
	ε/D		5,05E-05
	A		4,93E-03 mq
	v		2,73 m/s
Numero di Reynolds	Re = 4Q/π υ DI		2,1E+05
Viscosità cinematica (acqua)	υ		0,000001008 mq/s

Siamo nel caso di MOTO TURBOLENTO DI TRANSIZIONE (vedi abaco di Moody)

Formula di Colebrook per tubi scabri

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda) + \varepsilon / 3{,}71\ DI]$$

λ		0,015755795
radq(λ)	0,125522088	
sx	7,966725334	
Re radq(λ)	2,7E+04	
2,51 / Re radq(λ)	9,3E-05	
ε / 3,71 DI	1,36132E-05	
[…]	1,1E-04	
log[…]	-3,971630165	
dx	7,943260329	0,023465004 risolutore

La formula di Prandlt per i tubi lisci da:

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda)]$$

λ		0,015330329
radq(λ)	0,123815707	
sx	8,076519734	
Re radq(λ)	2,7E+04	
2,51 / Re radq(λ)	9,4E-05	
log[…]	-4,024932135	
dx	8,049864271	0,026655464 risolutore

Prevalenza richiesta

(tubo scabro)	a)	26,06 m	verificato
(tubo liscio)	b)	25,89 m	verificato

Prevalenza residua*

(tubo scabro)	a)	1,90 m
(tubo liscio)	b)	2,07 m

CALCOLO PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

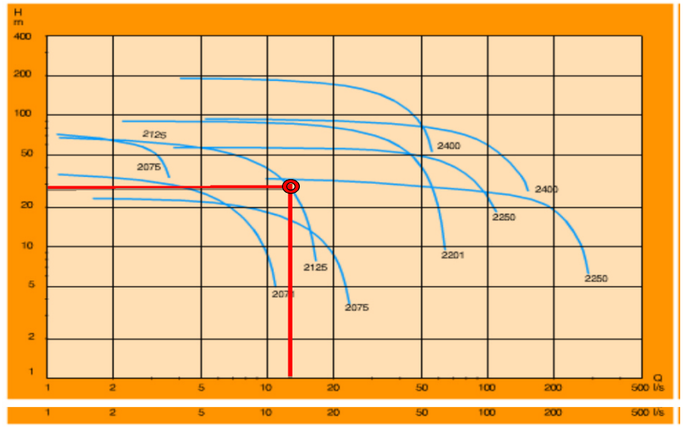
	TRATTO TUBAZIONE POZZO	
3 **Perdite di carico localizzate**	1,90 m	
Δh1	1,902839	2 valvole di non ritorno
Δh2		
Δh3		

VERIFICA VELOCITA' (PER EVITARE COLPO D'ARIETE)

V=	2,73 m/s	verificato

DIMENSIONAMENTO DELLA POMPA

Curve caratteristiche pompe per drenaggio percolato



Portata corretta Q 14 l/s = 0,014 mc/s

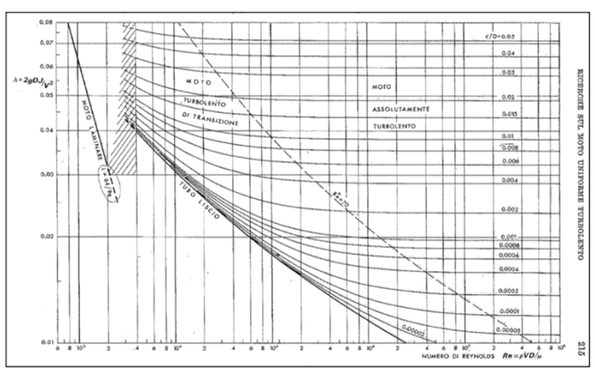
Caratteristiche della pompa

Dimensioni	H:	850 mm
	L:	465 mm
Peso	P:	82 Kg
Potenza	Wmax:	8 kW
Tubo di mandata	D:	90 mm

CALCOLO POTENZA POMPA

Peso specifico	γ	10000 N/mc
Portata	Q	0,014 mc/s
Salto geodetico	Δhg	20 m
Perdite carico distribuite	JL	2,27 m
Perdite carico localizzate	Dh	1,90 m
Rendimento	η	0,80
Potenza minima richiesta	W	4,230469 kW
Verifica potenza		verificato

*: La prevalenza residua può essere considerata come un margine per le perdite di carico concentrate (organi di regolazione, variazioni di sezione -ad es. da pompa e mandata- ecc)



ALLEGATO 4.1c: DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DAI POZZI BERME INTERMEDIE

VERIFICA DELLA POMPE DI ESTRAZIONE DEL PERCOLATO

PRE-DIMENSIONAMENTO

Portata finale	Q	484,63 mc/mese	0,00673094 mc/s	6,7309399 l/s
Prevalenza totale (max)	ΔH		12,89 m	
1) **Salto geodetico**	Δhg		10 m	

CALCOLO PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

		TRATTO TUBAZIONE POZZO-POZZETTO RILANCIO	
2a) **Perdite di carico distribuite (JL) per tubo scabro**			1,94 m
Lunghezza pozzo	L 1		20 m
Lunghezza linea interrata	L 2		70 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		2,15E-02
2b) **Perdite di carico distribuite (JL) per tubo liscio**			1,89 m
Lunghezza tot	L tot		90 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		2,10E-02
Tubazione di mandata	HDPE (PE 80) PN12,5 SDR 11 - DE75		
	DE	**90 mm**	**0,09 m**
	DI	79,2 mm	0,0792 m
	sp.	5,4 mm	0,0054 m
	ε	0,004 mm	0,000004 m
	ε/D		5,05E-05
	A		4,93E-03 mq
	v		1,37 m/s
Numero di Reynolds	Re = 4Q/π υ DI		1,1E+05
Viscosità cinematica (acqua)	υ		0,000001008 mq/s

Siamo nel caso di MOTO TURBOLENTO DI TRANSIZIONE (vedi abaco di Moody)

Formula di Colebrook per tubi scabri

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda) + \varepsilon / 3{,}71\ DI]$$

λ		0,017901401
radq(λ)	0,133796117	
sx	7,474058442	
Re radq(λ)	1,4E+04	
2,51 / Re radq(λ)	1,7E-04	
ε / 3,71 DI	1,36132E-05	
[…]	1,9E-04	
log[…]	-3,724991917	
dx	7,449983835	0,024074607 risolutore

La formula di Prandlt per i tubi lisci da:

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda)]$$

λ		0,017490732
radq(λ)	0,132252533	
sx	7,56129185	
Re radq(λ)	1,4E+04	
2,51 / Re radq(λ)	1,8E-04	
log[…]	-3,752530397	
dx	7,505060794	0,056231056 risolutore

Prevalenza richiesta			
(tubo scabro)	a)	11,94 m	verificato
(tubo liscio)	b)	11,89 m	verificato
Prevalenza residua*			
(tubo scabro)	a)	0,95 m	
(tubo liscio)	b)	1,00 m	

CALCOLO PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

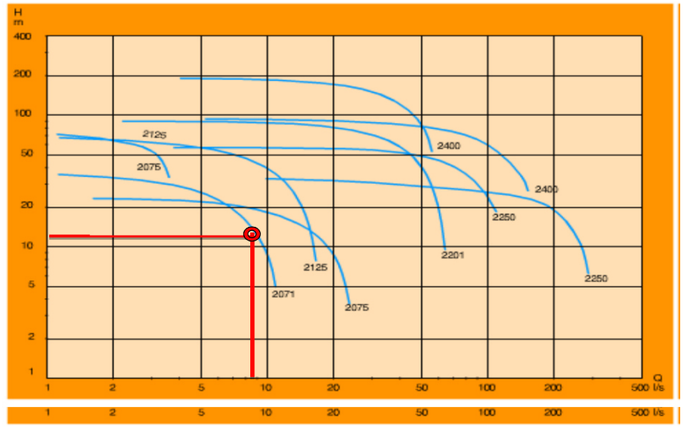
	TRATTO TUBAZIONE POZZO	
3 **Perdite di carico localizzate**	0,95 m	
Δh1	0,951419	4 valvole di non ritorno
Δh2		
Δh3		

VERIFICA VELOCITA' (PER EVITARE COLPO D'ARIETE)

V=	1,37 m/s	verificato

DIMENSIONAMENTO DELLA POMPA

Curve caratteristiche pompe per drenaggio percolato



Portata corretta Q 9 l/s = 0,009 mc/s

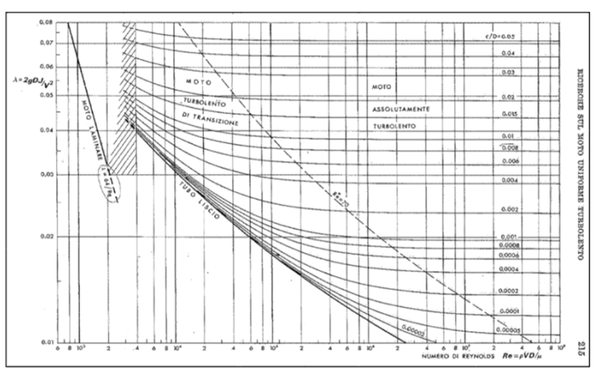
Caratteristiche della pompa

Dimensioni	H:	705 mm
	L:	185 mm
Peso	P:	28 Kg
Potenza	Wmax:	3 kW
Tubo di mandata	D:	90 mm

CALCOLO POTENZA POMPA

Peso specifico	γ	10000 N/mc
Portata	Q	0,009 mc/s
Salto geodetico	Δhg	10 m
Perdite carico distribuite	JL	0,43 m
Perdite carico localizzate	Dh	0,95 m
Rendimento	η	0,80
Potenza minima richiesta	W	1,28042 kW
Verifica potenza		verificato

*: La prevalenza residua può essere considerata come un margine per le perdite di carico concentrate (organi di regolazione, variazioni di sezione -ad es. da pompa e mandata- ecc)



ALLEGATO 4.1d: DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DAI POZZI BERME DI MONTE

VERIFICA DELLA POMPE DI ESTRAZIONE DEL PERCOLATO

PRE-DIMENSIONAMENTO

Portata finale	Q	484,63 mc/mese	0,00673094 mc/s	6,7309399 l/s
Prevalenza totale (max)	ΔH		6,71 m	
1) **Salto geodetico**	Δhg		3 m	

CALCOLO PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

	TRATTO TUBAZIONE POZZO-POZZETTO RILANCIO		
2a) **Perdite di carico distribuite (JL) per tubo scabro**			2,76 m
Lunghezza pozzo	L 1		3 m
Lunghezza linea interrata	L 2		125 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		2,16E-02
2b) **Perdite di carico distribuite (JL) per tubo liscio**			2,72 m
Lunghezza tot	L tot		128 m
Cadente piezometrica	$J = \lambda Q^2 / 2 g DI A^2$		2,12E-02
Tubazione di mandata	HDPE (PE 80) PN12,5 SDR 11 - DE75		
	DE	**90 mm**	**0,09 m**
	DI	79,2 mm	0,0792 m
	sp.	5,4 mm	0,0054 m
	ε	0,004 mm	0,000004 m
	ε/D		5,05E-05
	A		4,93E-03 mq
	v		1,37 m/s
Numero di Reynolds	Re = 4Q/π υ DI		1,1E+05
Viscosità cinematica (acqua)	υ		0,000001008 mq/s

Siamo nel caso di MOTO TURBOLENTO DI TRANSIZIONE (vedi abaco di Moody)

Formula di Colebrook per tubi scabri

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda) + \varepsilon / 3{,}71\ DI]$$

λ		0,017950191
radq(λ)	0,133978323	
sx	7,463893964	
Re radq(λ)	1,4E+04	
2,51 / Re radq(λ)	1,7E-04	
ε / 3,71 DI	1,36132E-05	
[…]	1,9E-04	
log[…]	-3,725540206	
dx	7,451080412	0,012813552 risolutore

La formula di Prandlt per i tubi lisci da:

$$1/\text{radq}(\lambda) = -2 \log_{10} [2{,}51/ \text{Re radq}(\lambda)]$$

λ		0,01766564
radq(λ)	0,132912151	
sx	7,523766597	
Re radq(λ)	1,4E+04	
2,51 / Re radq(λ)	1,8E-04	
log[…]	-3,754691084	
dx	7,509382168	0,014384429 risolutore

Prevalenza richiesta

(tubo scabro)	a)	5,76 m	verificato
(tubo liscio)	b)	5,72 m	verificato

Prevalenza residua*

(tubo scabro)	a)	0,95 m
(tubo liscio)	b)	1,00 m

CALCOLO PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

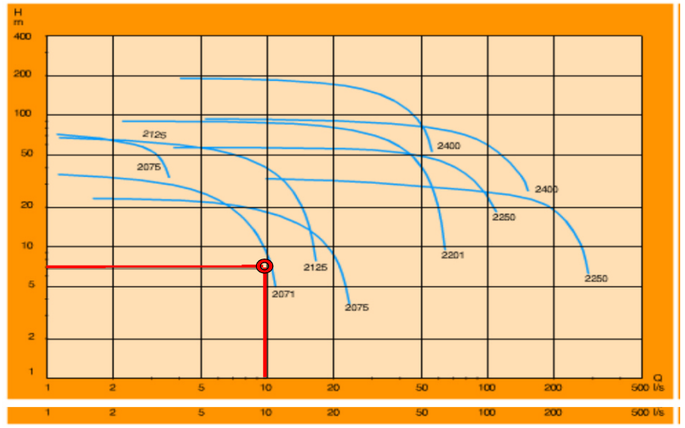
	TRATTO TUBAZIONE POZZO	
3 **Perdite di carico localizzate**	0,95 m	
Δh1	0,951419	4 valvole di non ritorno
Δh2		
Δh3		

VERIFICA VELOCITA' (PER EVITARE COLPO D'ARIETE)

V=	1,37 m/s	verificato

DIMENSIONAMENTO DELLA POMPA

Curve caratteristiche pompe per drenaggio percolato



Portata corretta Q 10 l/s = 0,01 mc/s

Caratteristiche della pompa

Dimensioni	H:	705 mm
	L:	185 mm
Peso	P:	28 Kg
Potenza	Wmax:	3 kW
Tubo di mandata	D:	90 mm

CALCOLO POTENZA POMPA

Peso specifico	γ	10000 N/mc
Portata	Q	0,01 mc/s
Salto geodetico	Δhg	3 m
Perdite carico distribuite	JL	0,06 m
Perdite carico localizzate	Dh	0,95 m
Rendimento	η	0,80
Potenza minima richiesta	W	0,502014 kW
Verifica potenza		verificato

*: La prevalenza residua può essere considerata come un margine per le perdite di carico concentrate (organi di regolazione, variazioni di sezione -ad es. da pompa e mandata- ecc)

