



REA Impianti SRL Unipersonale
SR 206 Km 16,5
Rosignano Marittimo 57016 (LI)



Lavori di realizzazione degli argini in terra Lotto 7 Stralcio I°



Stingea Studio Associato
Viale dei Mille 43
50131 Firenze
Ing. Alessandro Del Monaco
Geom. Fabio Lapi
Geom. Gianni Multinu



Viale Belfiore 10
50144 Firenze
Geol. Luca Gardone



Elaborato

1

Oggetto

Relazione

Scala

-

Settembre 2017

Formato:

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO
0	19-10-2017	EMISSIONE	C.R.	G.M.	G.M.

CODIFICA: RE-PROG-PROGARGLOTTO67

FILE: Relazione.doc

Sommario

1 Premesse e condizioni alla base della progettazione	2
2 Descrizione dell'attuale morfologia dei moduli di conferimento dei rifiuti.	3
3 Opere di progetto	5
4 Verifiche di stabilità	8
4.1 Premessa	8
4.2 Stabilità del corpo discarica	8
4.2.1 Introduzione all'analisi di stabilità	8
4.2.2 Metodo equilibrio limite (LEM)	8
4.2.3 Metodo dei conci	9
4.2.4 Metodo di BISHOP (1955)	9
4.2.5 Valutazione dell'azione sismica	10
4.2.6 Stato di progetto	12
5 Prescrizioni per le verifiche qualitative del materiale per la costruzione degli argini	16

1 Premesse e condizioni alla base della progettazione

La presente documentazione illustra le modalità costruttive del primo argine gestionale necessario al confinamento dei rifiuti del lotto 7 nel perimetro individuato nel progetto di ampliamento dell'impianto per rifiuti non pericolosi di Scapigliato secondo le prescrizioni e i contenuti dell'AIA N 159 del 06/11/2012.

I paramenti arginali in terra saranno realizzati per il confinamento della coltivazione dei rifiuti, in queste aree non sono previste opere di costruzione delle barriere di impermeabilizzazione del fondo in quanto trattasi di lotti in sormonto rispetto alle quote attuali coltivazione.

Le aree di colmatazione su cui si andrà ad intervenire sono quelle incidenti sul lotto 6 attualmente in gestione e sul lotto 4B sul quale è previsto il ricongiungimento con l'argine realizzato in precedenza.

La diponibilità della terra necessaria è garantita dalla area di prelievo interna all'area impiantistica prossima all'area di riutilizzo e servita da viabilità in parte asfaltata.

La viabilità asfaltata nonché le piste di accesso ai moduli di discarica sono utilizzate anche dai mezzi dedicati al conferimento dei rifiuti e alla gestione dell'impianto pertanto dovrà essere cura dell'impresa attenersi alle prescrizioni contenute nel PSC soprattutto per le attività che comportano rischi derivanti da interferenze.

Le terre da utilizzare saranno opportunamente selezionate individuando i banchi e gli stoccaggi di approvvigionamento che soddisfino i requisiti necessari alla realizzazione delle opere, privilegiando quelle partite con prevalente matrice argillosa.

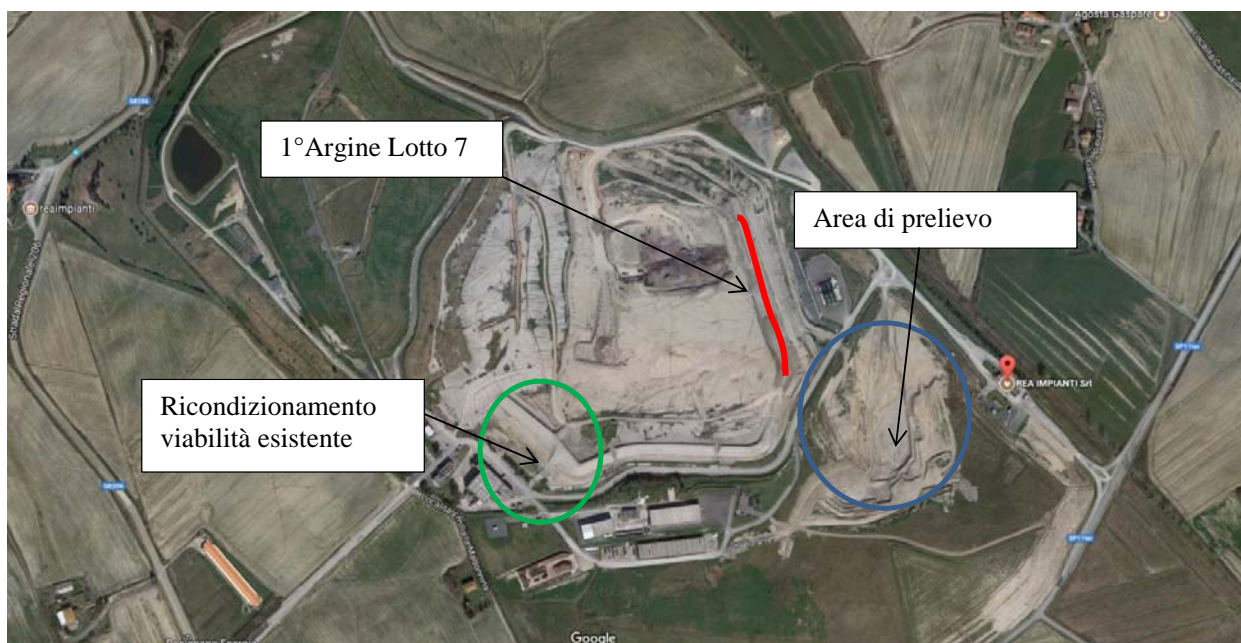


Figura 1–Localizzazione aree d'intervento

<p align="center">REA Impianti S.r.l. Unipersonale</p> <p align="center">LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°</p>			2
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

2 Descrizione dell'attuale morfologia dei moduli di conferimento dei rifiuti.

Alla data odierna è in fase di coltivazione il modulo di discarica denominato Lotto 6, così come previsto nel progetto generale. Questo lotto rappresenta il completamento della struttura di fondo dell'impianto di Scapigliato; è compreso tra i moduli 4 e 5 e si sviluppa in aderenza a questi nelle direzioni nord e sud, chiude l'abbancamento in direzione est su strutture arginali realizzate in terra.

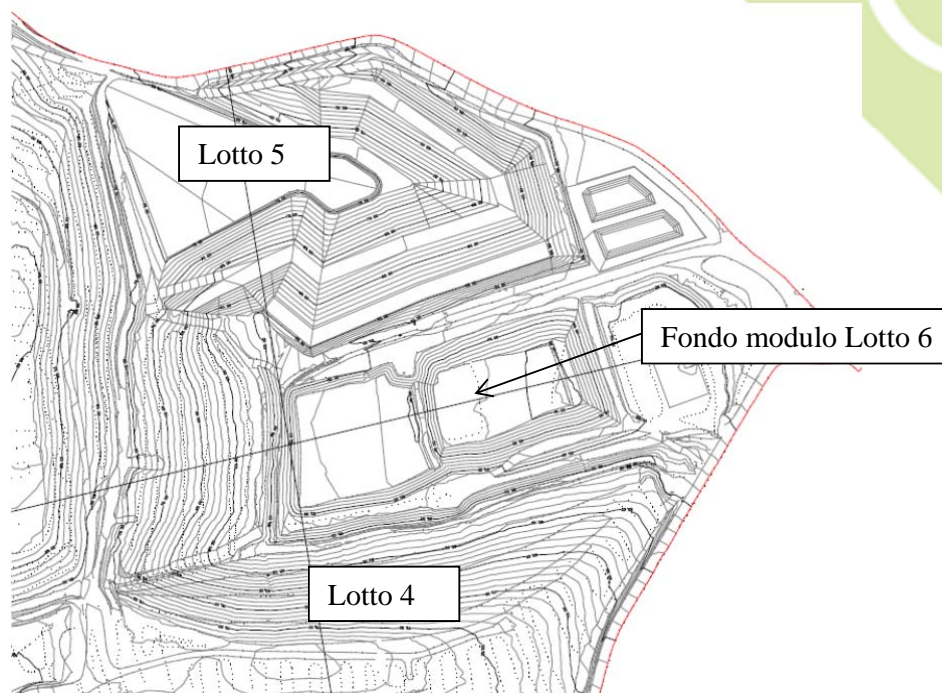


Figura 2-schema distribuzione lotti impianto

La coltivazione dei rifiuti del lotto 6 raggiungerà quota +79,00 m s.l.m. così come previsto nel Piano di Coltivazione, e procederà nella direzione ovest/est per spessori successivi di abbancamento in considerazione della necessità di minimizzare la produzione di percolato e allo stesso tempo di regimare ed impedire il contatto con i rifiuti delle acque meteoriche non afferenti al bacino in coltivazione.

Attualmente è in fase di completamento la FASE 5 prevista dal Piano di Coltivazione del Lotto 6, sono in corso le operazioni di costruzione arginale e copertura provvisoria del fronte est dell'abbancamento prospiciente l'impianto di stoccaggio del percolato, la viabilità utilizzata per il conferimento è quella a nord che confina con il Lotto 5.

<p align="center">REA Impianti S.r.l. Unipersonale</p> <p align="center">LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°</p>			3
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

FASE 5

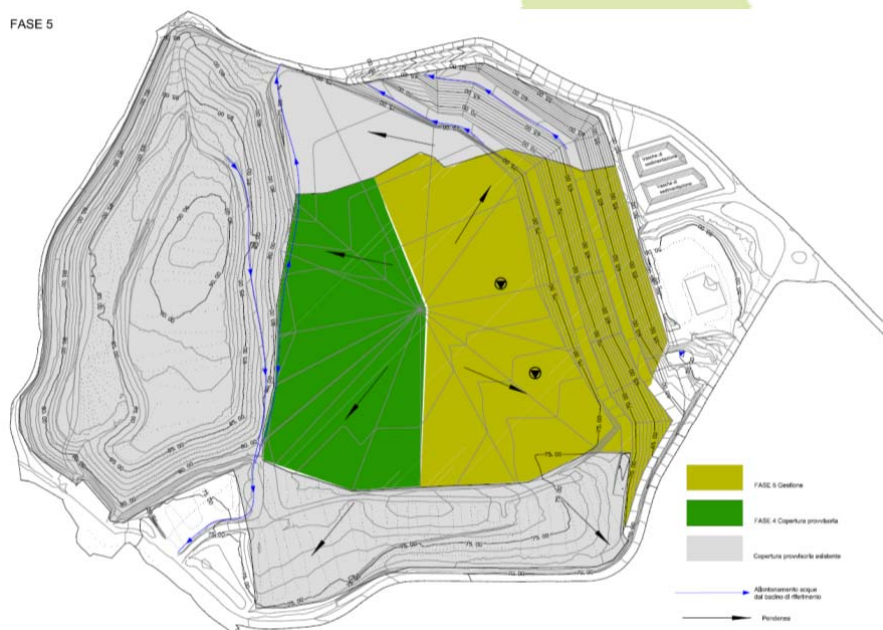


Figura 3–FASE 5 Piano di coltivazione Lotto 6 – situazione attuale



Figura 4–Modello tridimensionale configurazione finale del lotto 6
(FASE 5 del piano di coltivazione del LOTTO 6)

<p align="center">REA Impianti S.r.l. Unipersonale</p> <p align="center">LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°</p>			4
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

3 Opere di progetto

Per la costruzione verranno utilizzate terre a matrice argillosa opportunamente selezionate e provenienti dall'area di prelievo abitualmente utilizzata per la gestione e situata all'interno dell'area impiantistica (Figura 1).

Gli argini di coltivazione a contenimento dell'abbancamento dei rifiuti lungo le sponde esterne, dovranno essere realizzati secondo lo schema progettuale che vede la costruzione sequenziale di paramenti sovrapposti al momento in cui saranno raggiunte le quote di coltivazione previste.

Si procederà seguendo le operazioni di seguito descritte:

- Ricondizionamento della viabilità di accesso all'area di lavorazione in prossimità del primo argine del lotto 7 tramite scavo realizzazione di cassonetto e fondazione stradale (vedi Tavola 2.2).
- Tracciamento del piede di imposta arginale.
- Rimozione delle terre di copertura provvisoria sull'area di imposta arginale (l'operazione dovrà avvenire per *singoli tratti, garantendo così la possibilità di ricoprire quanto prima la trincea aperta con la costruzione del rilevato*), in particolar modo l'estensione dello scavo dovrà essere tale da permettere il ricoprimento entro fine giornata con uno spessore di terra pari ad 1 mt.
- Fornitura e posa in opera di geocomposito drenante.
- Costruzione del rilevato arginale con terre selezionate provenienti dall'area di prelievo interna all'impianto; la costruzione prevede la stesa per strati successivi di terra con spessore non superiore ai 30 cm che dovranno essere opportunamente stesi e costipati con adeguate macchine operatrici.
Si consideri che la costruzione arginale avverrà su un piano di imposta (corpo discarica) soggetto ad assestamento dovuto al sovraccarico; la volumetria di terra necessaria al raggiungimento delle dimensioni di progetto potrà quindi essere superiore a quella geometricamente misurata in un ordine approssimativo stimato del 20%.
- **Non è previsto compenso per i volumi integrativi eventualmente apportati e soggetti ad assestamento; la programmazione delle lavorazioni e l'offerta economica dovranno quindi considerare questa condizione.**
- Al raggiungimento delle dimensioni previste dal progetto dovranno essere riprofilate le scarpate interne ed esterne del paramento.
- Esecuzione di prove geotecniche.
- Scavo di ancoraggio per geomembrana e geocomposito con successivo riempimento con lo stesso materiale di scavo.

REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°			5
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

- Sagomatura al piede interno dell'argine per successivo drenaggio (*drenaggio escluso dalle lavorazioni*)
- Fornitura e posa in opera di geomembrana in hdpe dello spessore di 2.50 mm
- Fornitura e posa in opera di geocomposito drenante del paramento interno dell'argine che andrà a contatto con i rifiuti.

È riportata in Figura 5 e 6 l'immagine relativa allo schema tipo della costruzione dell'argine e quella relativa alla stratigrafia della viabilità da ricondizionare.

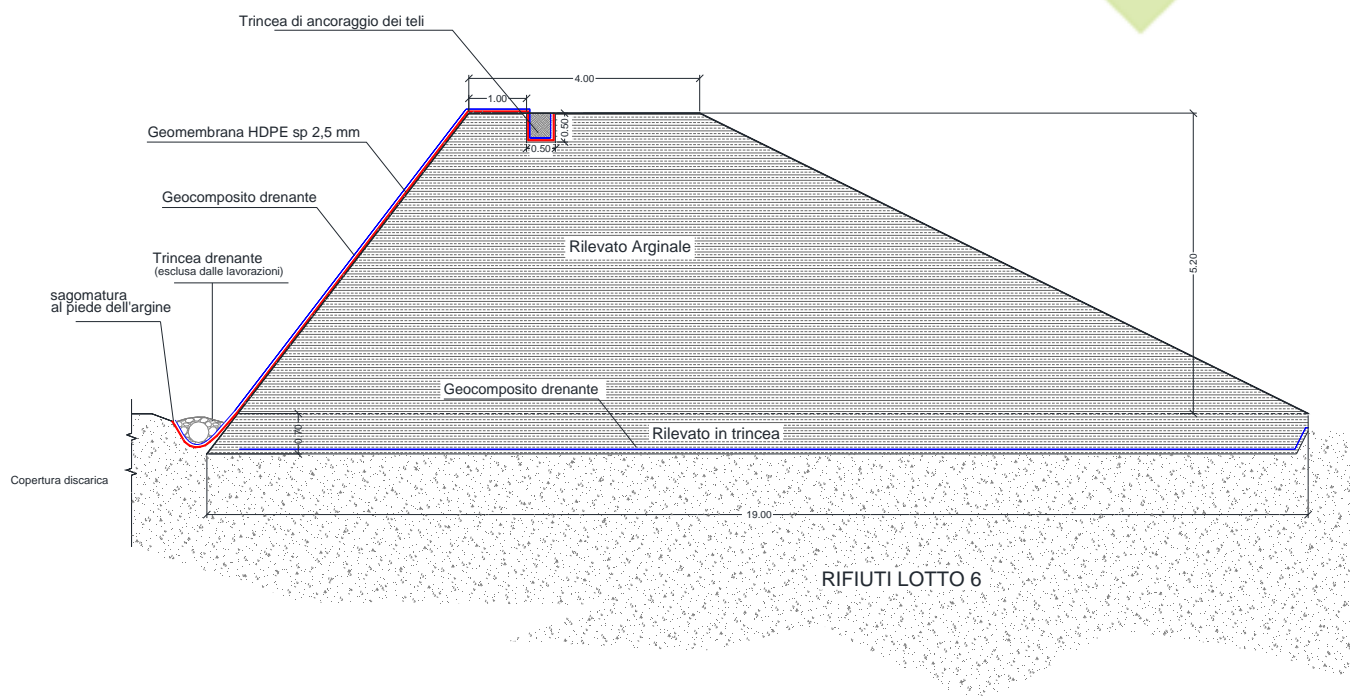


Figura 5—schema costruzione argine

<p>REA Impianti S.r.l. Unipersonale</p> <p>LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°</p>			6
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03



Figura 6—ricondizionamento rampa di accesso ai moduli

Per l'accesso all'area della lavorazione sarà utilizzata la viabilità asfaltata a sud dell'impianto, fino alla nuova rampa di accesso ai moduli di conferimento e quindi all'area di cantiere.

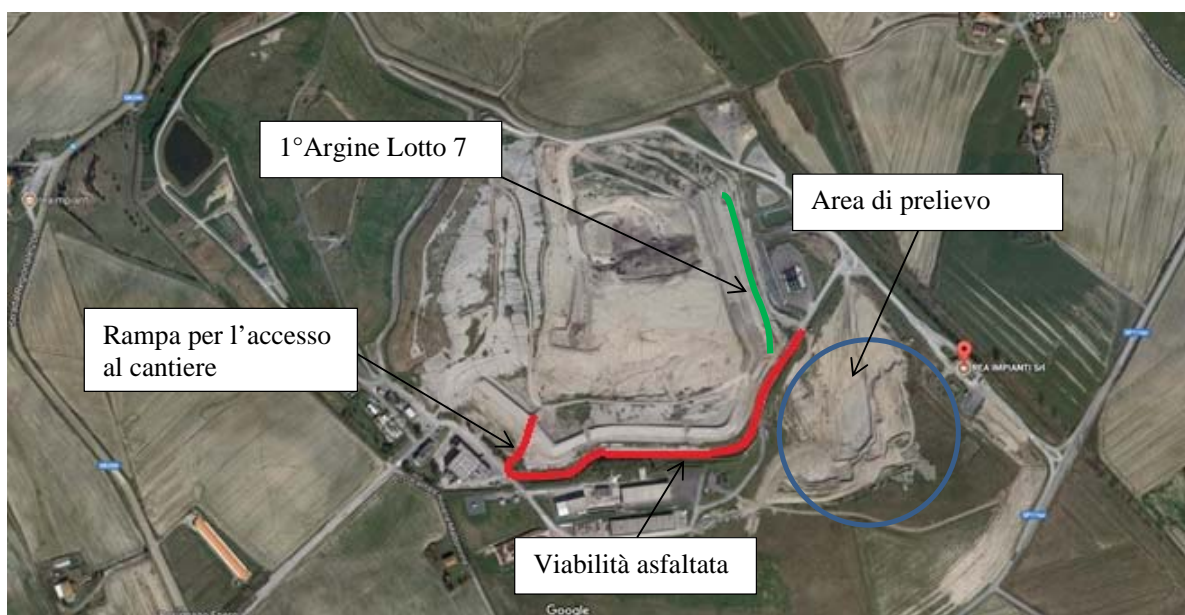


Figura 7—Localizzazione percorso e area di prelievo

<p align="center">REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°</p>			7
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

4 Verifiche di stabilità

4.1 Premessa

Nella presente nota vengono illustrati i risultati delle verifiche di stabilità svolte nei confronti dell'assetto complessivo, assumendo la nuova configurazione morfologica della discarica assunta con il capping finale e per l'aspetto relativo all'interfaccia assumendo la sequenza di strati e materiali prescelti per le coperture definitive sulla sommità e lungo le scarpate, protette, sul lato esterno, da una sequenza ordinata di argini di contenimento.

Le analisi sono state sviluppate in particolare lungo il versante più acclive, ovvero lungo la sezione più critica dove, per altezza finale ed inclinazione complessiva della scarpata, le condizioni di stabilità potrebbero risultare più penalizzate.

I calcoli e le modellazioni sono state eseguite in conformità alla nuova normativa 2008 "Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni", in riferimento allo stato attuale e di progetto.

Le analisi sono state svolte con il software SLOPE 2016.25.6.1258 della GEOSTRU Software s.r.l.

4.2 Stabilità del corpo discarica

4.2.1 Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale.

A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico.
- Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

4.2.2 Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata

REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°			8
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

4.2.3 Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .
- Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$ mentre le equazioni a disposizione sono:
- Equazioni di equilibrio dei momenti n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
- Equazioni relative al criterio di rottura n
- Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a $i = (6n-2)-(4n) = 2n-2$.

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

4.2.4 Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi; tale metodo inoltre fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°			9
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0$, $\Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

4.2.5 Valutazione dell'azione sismica

Le verifiche di progetto degli Stati Limite Ultimi, vengono condotte adottando sia le condizioni statiche sia sismiche, adottando il metodo pseudo-statico e facendo peraltro riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_v = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_v rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Per il calcolo dei coefficienti sismici, secondo le NTC 2008, si definiscono i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max} / g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

<p align="center">REA Impianti S.r.l. Unipersonale</p> <p align="center">LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°</p>			10
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di **F₀** (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di **S_T** varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1(**S_T** = 1.0) **T2**(**S_T** = 1.20) **T3**(**S_T** = 1.20) **T4**(**S_T** = 1.40).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi.

Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con **V_R** vita di riferimento della costruzione e **PVR** probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato.

La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso **V_R** dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_o = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I: fattore di importanza,

S: soilfactor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale **K_v** è definito in funzione di **K_o**, e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_o$$

REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°			11
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

Azione sismica

Descrizione: A2+M2+R2

Normativa: NTC 2008 e Circ.

Calcolo coefficienti sismici: ☐

Accelerazione massima (amax/g): 0.344

Coefficiente azione sismica orizzontale: Kh: 0.096

Coefficiente azione sismica verticale: Kv: 0.048

☒ **Incremento delle pressioni neutre**

Intensità di Arias: Ia: 0 m/s

Intensità degli incroci con l'asse dei tempi accelerogramma: 0 s⁻¹

Durata accelerogramma Trifunac (1975): Td: 0

Coefficienti parziali parametri geotecnici

Tangente angolo di resistenza al taglio: ρ_j : 1.25

Coesione efficace: ρ_c' : 1.25

Coesione non drenata: ρ_{cu} : 1.4

☒ Utilizzare questi coefficienti per ridurre la resistenza del materiale

Coefficiente parziale resistenza

Coefficiente parziale resistenza: ρ_R : 1

Dati Generali

Località

Indirizzo:

Lat. Long.: 43.46445 10.48263

Dati opera

Tipo opera: 3 - Grandi opere

Classe d'uso: Classe III

V. Nominale: 100 V. Rif.: 150

Parametri sismici su sito di riferimento

SL	TR (Ann)	ag (m/s ²)	F0 [-]	TC* [sec]
SLO	50.00	0.76	2.46	0.25
SLD	151.00	0.96	2.44	0.26
SLV	1424.00	2.03	2.53	0.28
SLC	2475.00	2.19	2.55	0.29

Zona sismica: Zona 1

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità pendii e Fondazioni

SL	amax (m/s ²)	θ	khk [-]	kvk [-]
SLO	1.368	0.2	0.0279	0.014
SLD	1.728	0.2	0.0352	0.0176
SLV	3.3757	0.28	0.0964	0.0482
SLC	3.5696	0.28	0.1019	0.051

Stato limite di riferimento: SLV

Valori di parzializzazione e Parametri di riferimento e coefficienti sismici

Per quanto riguarda le verifiche dello stato limite ultimo ci si è riferiti al limite di salvaguardia della Vita (SLV).

4.2.6 Stato di progetto

Le simulazioni sono state condotte assumendo una configurazione morfologica rappresentativa dello stato finale.

Nel profilo più significativo sono state riportate la superficie di fondo scavo e la morfologia colmatata dai rifiuti conferiti e quella dell'argine di contenimento.

L'individuazione delle caratteristiche geomeccaniche relativamente al substrato, viene aggiornata in base alle recenti campagne di indagini 2016/2017 che hanno previsto la realizzazione di prove penetrometriche, sondaggi geognostici e prelievo di campioni di terreno sottoposti ad analisi meccanica. Tali dati sono andati ad integrare i campioni prelevati nelle precedenti campagne di indagini condotte negli anni precedenti e le relative prove penetrometriche. Considerando la sostanziale omogeneità della litostratigrafica, si ritiene utile provvedere ad un esame di tutte le risultanze delle indagini condotte sino ad oggi con l'obiettivo di fornire un unico modello geomeccanico medio che ben contraddistingue l'intero areale. Per quanto concerne il substrato di imposta del bacino oggetto di verifica, da un interpretazione delle indagini più vicine, si ritiene che sia presente il Livello A1, dotato dei seguenti parametri geomeccanici caratteristici:

➤ Livello A1:			
Argille limose grigie di media-alta consistenza			
Peso di volume	γ	[kN/m ³]	18.5
Angolo di resistenza di picco in condizioni drenate	ϕ_p'	[°]	23
Coesione di picco in condizioni drenate	c_p'	[kPa]	50
Coesione in condizioni non drenate	c_u	[kPa]	250
Modulo edometrico	E_d	[kPa]	18000

Per quanto riguarda la definizione delle proprietà meccaniche del corpo di discarica si fa riferimento a quanto riportato nella pubblicazione della Dr.ssa Ing. Sara Palombi, “Caratterizzazione geostrutturale di una discarica RSU: analisi di stabilità e dinamica bidimensionale – problematiche e limitazioni connesse”, dove viene parametrizzato il rifiuto in base al grado di costipamento ed addensamento. Di seguito si riporta la tabella estratta dalla pubblicazione, dove la simbologia 0, I, II, III viene utilizzata per indicare il tipo di rifiuto in base ad una classe crescente di densità.

STRATO Biotipo	DENSITA' (kN/m ³) 0→III	ANGOLO ATTRITO (°) 0→III	COESIONE (kN/m ²) 0→III
Superiore	7,1 → 12,4	26 → 18	9,6 → 1,9
Intermedio	8,6 → 15,1	30 → 22	12 → 2,4
Inferiore	10,2 → 17,9	34 → 26	14,4 → 2,9

Parametri di resistenza al taglio per le classi di rifiuto al variare della profondità

Tutto ciò premesso, i parametri geomeccanici assunti per i rifiuti presenti nel corpo di discarica modellato nella sezione litostratigrafica di verifica, si riferiscono, cautelativamente, ai seguenti valori medi:

RSU

Peso di volume (γ_k)	1.0	[t/m ³]
Peso di volume saturo (γ_k)	1.2	[t/m ³]
Coesione drenata ($c'k$)	10	[kPa]
Angolo di attrito interno solo terra ($\phi'k$)	27	[°]

Infine, per il materiale con il quale dovranno essere realizzati gli argini di contenimento, sono stati imposti i seguenti parametri minimi: peso di volume 1.80 t/mc, angolo di attrito 20°, coesione drenata 60 kPa.

Le verifiche sono state condotte utilizzando la combinazione dei coefficienti parziali A2+M2+R2: in cui i coefficienti A2 sono moltiplicativi delle azioni mentre i coefficienti M2 ed R2 sono rispettivamente riduttivi dei parametri di resistenza e della resistenza globale del sistema.

Per quanto concerne le azioni, in base al tipo di verifica condotta, sono stati utilizzati i seguenti coefficienti γ_f in relazione al tipo di carico esercitato e al suo effetto indotto sul sistema:

AZIONI

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_f (o γ_{fe})	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1,0
	Sfavorevole		1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G3}	0,0
	Sfavorevole		1,3

REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°			13
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

(1) nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portanti) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

Per il tipo di approccio scelto si riportano invece nelle tabelle che seguono i valori dei coefficienti parziali da applicare rispettivamente ai parametri meccanici dei terreni e al valore di resistenza globale:

PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	1,0

Nota: per le rocce, al valore della resistenza a compressione uniassiale q_u deve essere applicato un coefficiente parziale $\gamma_{qu} = 1.6$

RESISTENZA

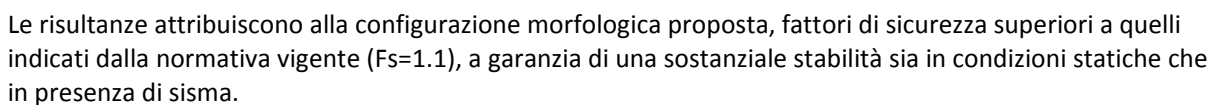
Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Le analisi sono state inoltre condotte ipotizzando il completo drenaggio del percolato e pertanto in assenza di battente idraulico entro il corpo rifiuti.

In tutti i casi affrontati, sono state condotte le verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che dinamiche, in ottemperanza a quanto previsto dalle NTC 2008, considerando una vita nominale per opere ordinarie ($V_n=50$ anni) ed una classe d'uso riferito ad attività pericolose per l'ambiente ($C_u=1,5$).

Il programma di calcolo, dopo aver definito la maglia dei centri delle potenziali superfici di scivolamento, con sistema automatico di ricerca random, verifica un determinato range di fattori di sicurezza caratteristici di traiettorie di scivolamento cinematicamente ammissibili.

VERIFICHE	Fsmin
Condizioni statiche	1.84
Condizioni dinamiche	1.30



5 Prescrizioni per le verifiche qualitative del materiale per la costruzione degli argini

Gli argini di coltivazione a contenimento dell'abbancamento dei rifiuti secondo le geometrie di progetto saranno realizzati in argilla compattata, reperita presso l'area di prelievo, ubicata all'interno del polo impiantistico stesso.

Nei lavori di costruzione sarà prevista l'applicazione di una procedura di controllo qualitativo relativamente a tutte le fasi di realizzazione degli argini.

La qualità del materiale da utilizzarsi dovrà essere preventivamente certificata attraverso la verifica dei seguenti parametri:

- grado di saturazione ed addensamento degli strati compattati;
- coefficiente di permeabilità da determinare in laboratorio ed in sito;
- classificazione del materiale impiegato.

La procedura di Controllo Qualità menzionata, prevede la seguente frequenza di prove:

- La prova per la determinazione della densità in situ, attraverso l'utilizzo del volumometro a sabbia in conformità da quanto previsto dal CNR n°22/1972, prevede il riempimento di un foro di controllo con della sabbia a granulometria e composizione nota; una piastra circolare viene poi adagiata in modo che aderisca perfettamente al terreno in esame. Tramite un contenitore pieno di sabbia, precedentemente pesato, è riempito il foro scavato; sono svolte una serie di misure consecutive della sabbia residua e del materiale estratto sia umido che secco e tramite relazioni empiriche si ottengono il peso di volume in condizioni di umidità naturale ed il peso di volume secco. **La frequenza di prova dovrà prevedere: n° 5 prove per 2 campi per un totale di 10 prove.**
- Le prove di permeabilità in sito, in foro libero a carico variabile (tipo Le Franc Norme AGI 1977) con rivestimento composto da fustella in acciaio sporgente dal terreno per realizzare il carico idraulico prevedono l'infissione della fustella stessa nel terreno per 10 cm. **La frequenza di prova dovrà prevedere n° 2 prove.**
- La determinazione delle caratteristiche dei materiali come: contenuto d'acqua (CNR UNI 10008 ASTM D 4643); analisi granulometriche (per via umida e per sedimentazione Racc. AGI-1994); limiti di Atterberg (CNR UNI 10014); det. Massa Volumica Reale (CNR UNI 10010); proctor (AASHTO modificata) con determinazione dei valori ottimali di umidità, costipazione e di densità massima; prove di permeabilità in Cella di Triassiale, prevede il prelievo di campioni e la successiva analisi in un laboratorio accreditato.. **La frequenza di prova dovrà prevedere n° 1 campione.**

I requisiti di idoneità riguardano la qualità del materiale, il coefficiente di permeabilità, il grado addensamento, ed il grado di saturazione.

I risultati da raggiungere per lo strato compattato sono i seguenti:

REA Impianti S.r.l. Unipersonale LAVORI DI REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI IN TERRA LOTTO 7 STRALCIO I°			16
Elaborato : 1	Documento : Relazione	Data : Settembre 2017	Rev : 03

grado di costipamento: $y_d > 85\%$
 grado di saturazione: $G_s > 75\%$
 coeff. Permeabilità: $k < 1 \times 10^{-8} \text{ m/sec}$

Ai fini dell'accettazione del materiale devono essere raggiunti contestualmente i requisiti di cui ai punti riportati nella tabella precedente.

Riepilogo:

(5 prove *2 campi)	densità in situ	Volumometro a sabbia
2 prove	permeabilità in situ	Le Franc
1 campione	prove di laboratorio	Contenuto d'acqua, Analisi granulometriche, Limiti di Atterberg, Massa volumica reale, Proctor modificata, Cella Triassiale.