

# DISCARICA CONSORTILE IN LOCALITA' "CERRATINA" DI LANCIANO (CH) Variante sostanziale al profilo di chiusura finale

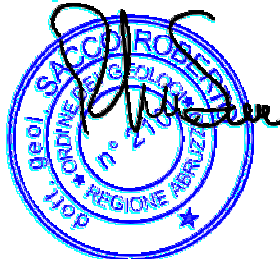
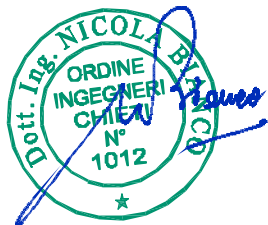
## VERIFICHE DI STABILITA'

### Progettazione:

Ing. N. Bianco

Ing. A. Vincenti

Geol. R. Sacco



DECO S.p.A Via Salara 14 bis  
66020 S. Giovanni Teatino (CH)



RINA



RINA



EMAS  
GESTIONE  
AMBIENTALE  
VERIFICATA  
Reg. NO IT-001437

Rev.	Data	Descrizione	Responsabile di progetto	Elaborazione	Direttore tecnico
0	Settembre 2015	Emissione	NIB	Consulente	NIB
1					
2					
3					



CONSORZIO SERVIZI ECOLOGICI  
DEL FRENTANO - LANCIANO (CH)



ecologicasangro

Elaborato: **A.3**

Commessa: 302-2

## Sommario

<b>1 PREMESSA VERIFICHE DI STABILITA' .....</b>	<b>2</b>
1.1 INTRODUZIONE .....	2
1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL' AREA E UBICAZIONE INDAGINI.....	4
1.3 CENNI MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	5
1.4 AZIONE SISMICA .....	7
<b>2 VERIFICHE DI STABILITA' .....</b>	<b>10</b>
2.2 INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ .....	14
2.2.1 Metodo equilibrio limite (LEM).....	15
2.2.2 Metodo dei conci.....	15
2.2.3 Metodo di BISHOP (1955).....	17
2.2.4 Valutazione dell'azione sismica.....	18
2.2.5 Ricerca della superficie di scorrimento critica.....	18
2.3 VERIFICA DI STABILITÀ “SEZ 2 –SCARPATA SSW” .....	19
2.4 VERIFICA DI STABILITÀ “SEZ 4 –SCARPATA NNW” .....	25
<b>3 CONCLUSIONI .....</b>	<b>32</b>

---

## 1 PREMESSA VERIFICHE DI STABILITA'

---

### 1.1 INTRODUZIONE

In seguito all'incarico conferitomi dalla DITTA ECOLOGICA SANGRO SPA, è stata eseguita la verifica di stabilità dell'ammasso dei rifiuti della discarica consortile in località Cerratina, nell'ambito del progetto di "variante sostanziale al profilo di chiusura finale della discarica".

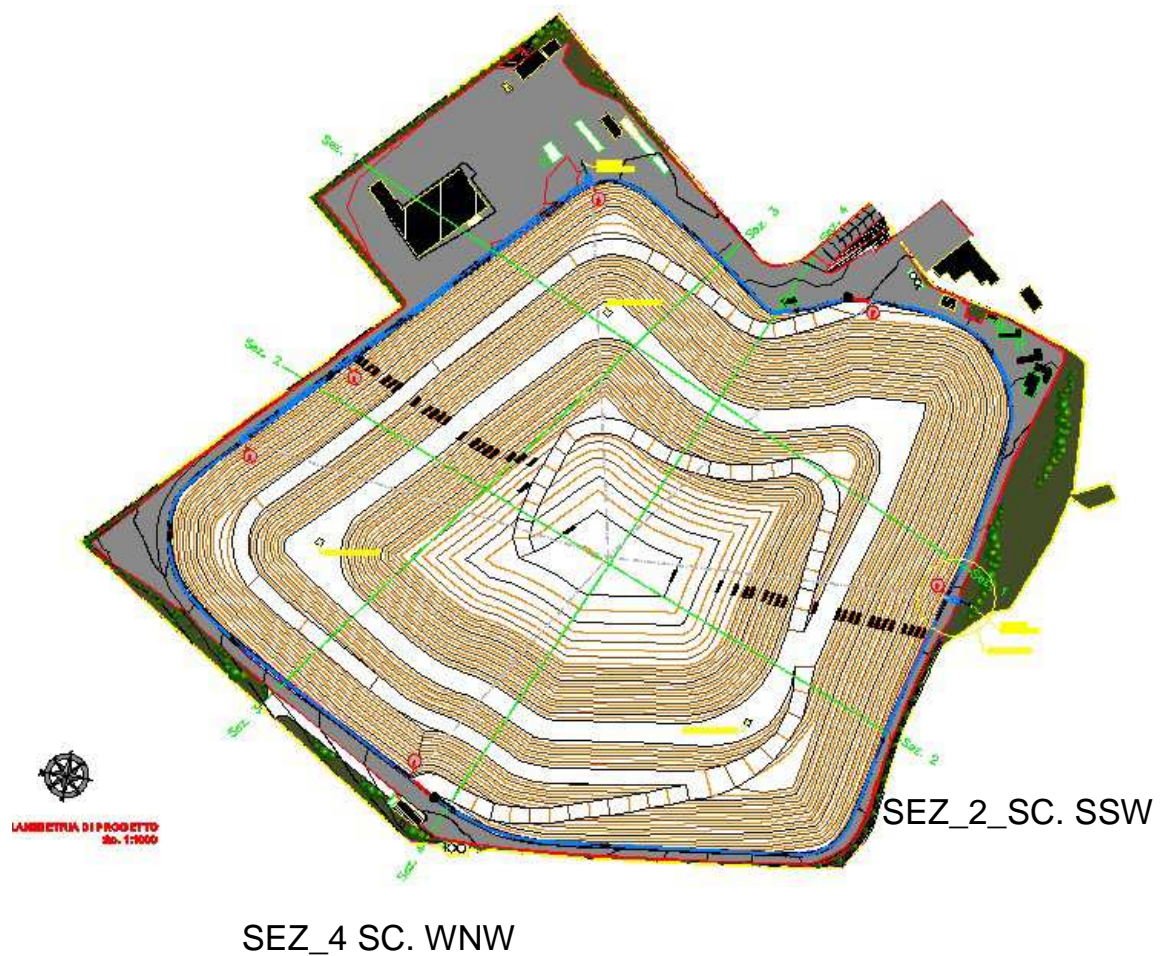
L'area sulla quale è ubicata la discarica si trova in C.da Cerratina nel Comune di Lanciano.

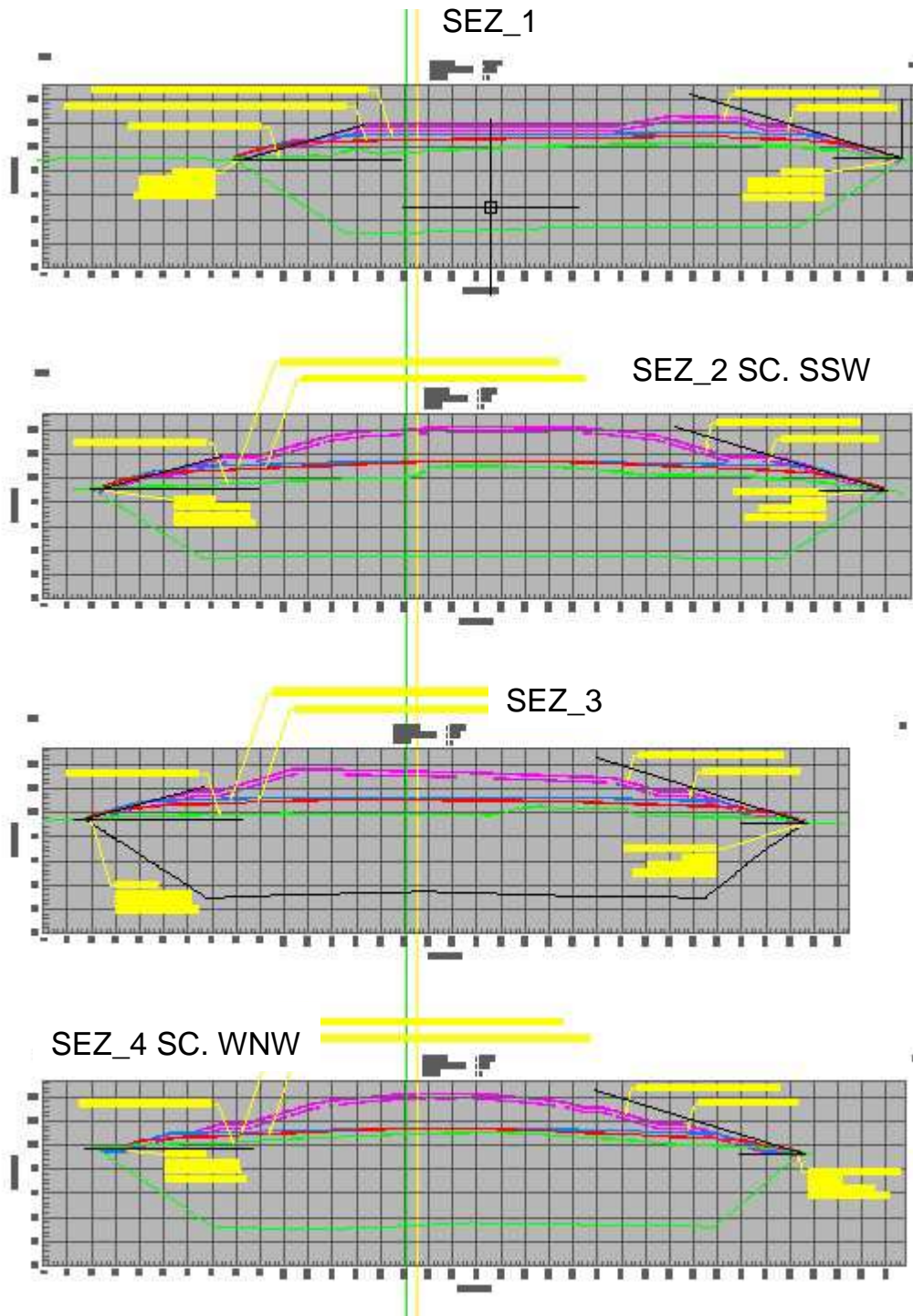
Il progetto di variante sopra indicato prevede una ottimale rimodellazione dei profili di chiusura finale, con recupero di ulteriori volumetrie utili.

Il progettista ha fornito allo scrivente la planimetria di progetto, dove sono ubicate quattro tracce di sezioni denominate Sez\_1, Sez\_2, Sez\_3 e Sez\_4; si riporta di seguito la planimetria con le tracce e le relative sezioni: per maggior dettagli si rimanda alla tav. 2 di progetto "Planimetria e sezioni di variante). Dall'osservazione delle sezioni di cui sopra si è constatato che le i profili hanno una pendenza massima di ca. il 30% in corrispondenza dei fronti perimetrali ed una pendenza del 18/20% in corrispondenza di quelle sommitali

Alla luce delle suddette pendenze si è optato per l'esecuzione delle

verifiche di stabilità lungo le sezioni: SEZ\_4 scapata WNW e SEZ\_2 scarpata SSW (tracce passanti per la quota più alta), considerando che le condizioni sismiche, geotecniche e stratigrafiche lungo le scarpate delle altre sezioni (SEZ\_1 e SEZ\_3) sono uguali.

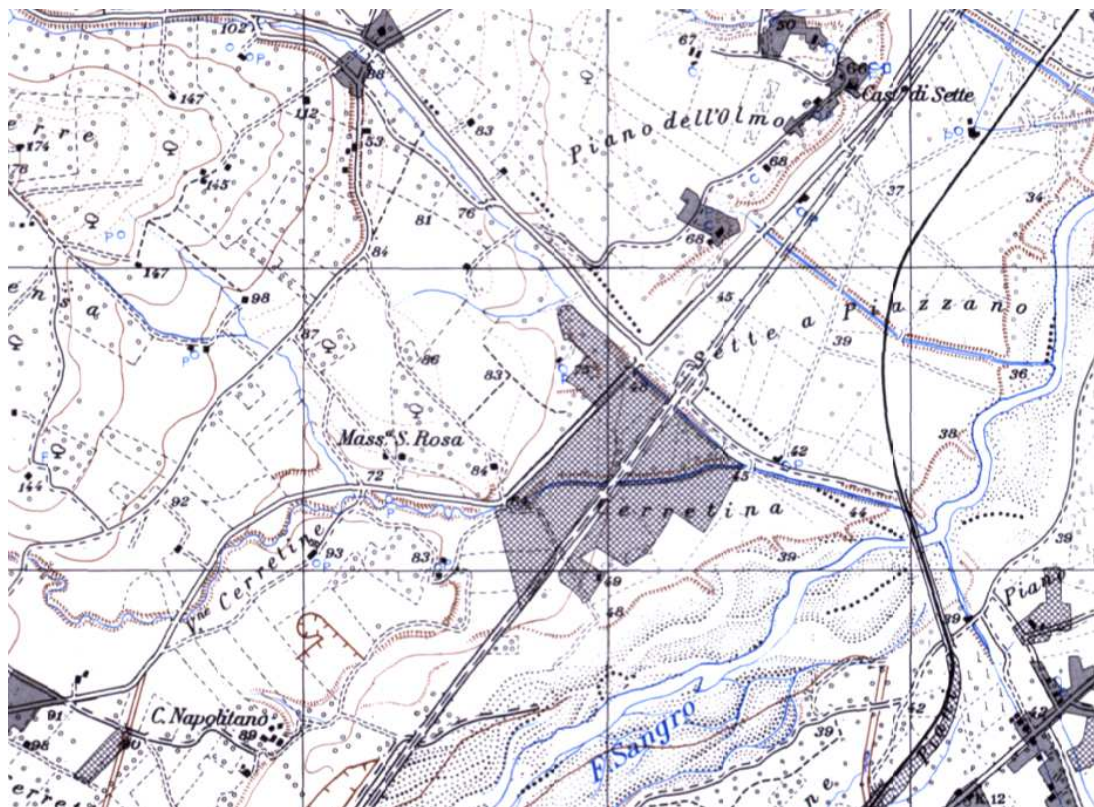




## 1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA E UBICAZIONE INDAGINI

Il sito oggetto di intervento si trova all'interno del territorio comunale di

Lanciano, in C.da Cerratina, lungo la strada Provinciale Pedemontana al Km 10 snc. L'area è rappresentata nel foglio 361, tavola OVEST della carta topografica della Regione Abruzzo, in scala 1:25.000 (Vedi Corografia)



### 1.3 CENNI MODELLAZIONE GEOLOGICA

Dal punto di vista geologico il sito in esame si colloca sulla superficie di un terrazzo alluvionale posto in sinistra idrografica del fiume Sangro. In passato, nel sito in esame, è stata condotta un'intensa attività di cava che ha portato alla completa escavazione dei depositi alluvionali fino ad arrivare alle argille grigie che costituiscono il substrato diffusamente

affiorante nell'area. La discarica di Cerratina è stata ubicata proprio su una ex cava degli anni '80.

Sulla base dei dati a disposizione (indagini geognostiche) il sottosuolo può essere schematizzato in tre unità principali rappresentate dalle argille grigie di origine marina e dai depositi alluvionali; quest'ultimi, a loro volta, possono essere distinti in due ulteriori unità, ovvero una ghiaiosa, presente alla base del deposito, ed una limosa caratteristica della parte alta della formazione.

In particolare la stratigrafia del sito risulta di seguito descritta:

▪ **Limi (Unità A)**

Unità costituita da depositi limoso-sabbiosi e limoso-argillosi di natura alluvionale con presenza di livelli a maggiore tenore sabbioso.

▪ **Ghiaie (Unità B)**

L'unità è costituita da ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa. I clasti sono eterometrici con dimensioni massime nell'ordine del decimetro e si presentano ben arrotondati.

▪ **Argille grigie (Unità A)**

Questi litotipi sono costituiti da argille ed argille marnose molto compatte, con un colore variabile dal grigio all'azzurrognolo.

#### **1.4 AZIONE SISMICA**

I criteri per la caratterizzazione sismica dei terreni e per il calcolo dell'azione sismica di progetto sono dettati dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate il 14 Gennaio 2008, le quali rappresentano la normativa antisismica di base attualmente vigente in Italia.

Nel capitolo 3.2 delle suddette Norme si stabilisce che le azioni sismiche di progetto vengano definite sulla base della **“Pericolosità sismica di base”** la quale è stata stimata sull'intero territorio nazionale a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Si riporta per chiarezza la definizione di Pericolosità sismica di base: **componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area.**

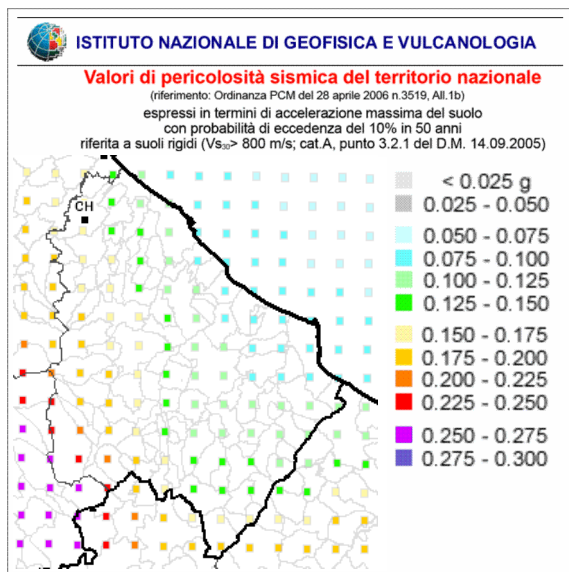
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ( $a_g$ ), in condizioni di campo libero (*free field*), su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale; inoltre è valutata in termini di ampiezza dello spettro di risposta elastico corrispondente all'accelerazione attesa. Tale modello è definito sulla base delle caratteristiche sismologiche dell'area e suddivide il territorio italiano in classi di pericolosità omogenee.

L'attuale classificazione sismica, definita nell'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, suddivide il territorio italiano in quattro classi di

pericolosità, nelle quali le accelerazioni e gli effetti attesi vanno decrescendo dalla zona I fino alla IV.

<i><b>Zona sismica</b></i>	<i><b>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni</b></i>	<i><b>Livello di pericolosità (INGV)</b></i>
1	<b><math>a_g &gt; 0.25</math></b>	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
2	<b><math>0.15 &lt; a_g \leq 0.25</math></b>	Possono verificarsi terremoti abbastanza forti
3	<b><math>0.05 &lt; a_g \leq 0.15</math></b>	Possono verificarsi modesti scuotimenti
4	<b><math>a_g \leq 0.05</math></b>	E' la meno pericolosa, la possibilità di danni sismici è bassa

Sulla base delle analisi storiche e delle caratteristiche sismologiche dell'area viene definita la pericolosità sismica del territorio. Come si evince dalla mappa della pericolosità sismica della provincia di Chieti, il comune di Lanciano ricade in **zona 3**; in tale area le accelerazioni orizzontali  $a_g$ , sono comprese tra **0.10 ÷ 0.125**.



Mappa della pericolosità sismica della provincia di Chieti. Mappa dei valori di pericolosità sismica della provincia di Chieti, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del 30 D.M. 14.09.2005)

Una volta definita la pericolosità di base, è necessario valutare la **pericolosità sismica locale**, (componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali) al fine di calcolare l'**azione sismica di progetto**.

Per la definizione della risposta sismica locale, nel sito oggetto di intervento (sul piano di coltivazione) è stata eseguita un indagine sismica con metodologia MASW atta a valutare la velocità di propagazione delle onde S.

Alla luce dell'indagine svolta (relazione geologica, idrogeologica, geomorfologica e sismica) l'ammasso dei rifiuti può essere classificato come **Categoria D**.

---

## 2 VERIFICHE DI STABILITA'

---

Le verifiche di stabilità per l'ampliamento della discarica sono stati compiuti lungo due tracce di sezioni tra loro ortogonali, denominati rispettivamente: SEZ\_2-scarpata lato SSW e SEZ\_4-scarpata lato WNW (per ubicazione traccia vedi planimetria fornita dai progettisti riportata nel par. 1.1), passanti per la quota più alta al centro della discarica.

L'analisi di stabilità è stata eseguita ipotizzando che le superfici di scivolamento passino per il punto più basso della scarpata al contatto tra il terreno di copertura (capping) e lo strato dei rifiuti.

Sono state calcolate oltre 220 ipotetiche superfici di scivolamento per ogni verifica, passanti per il suddetto punto prefissato, corrispondente all'ipotetico punto di collasso.

Il sottosuolo esterno al corpo rifiuti è stato schematizzato in tre orizzonti litologici e sono stati utilizzati i parametri geotecnici provenienti da indagini pregresse realizzate nel sito e consistiti in:

- Sondaggi a rotazione e carotaggio continuo;
- Prove geotecniche in foro quali SPT e poket penetrometer;
- Prove geomeccaniche in laboratorio.

La discarica è dotata di diversi pozzi di estrazione del percolato), oltre al capping di isolamento, pertanto si esclude la possibilità che il livello di saturazione possa raggiungere uno spessore elevato (oltre 30/40 m.); non si escludono modesti accumuli discontinui di “percolato”. In particolare la verifica è stata eseguita simulando la situazione più sfavorevole possibile, impostando la presenza del piano di saturazione (circolazione idrica) coincidente con il tetto dello strato dei rifiuti, contesto a totale favore della sicurezza.

Le verifiche sono state eseguite mediante il programma di calcolo del pacchetto GEOSTRU denominato “Slope” con il metodo di Bishop. E’ stata definita una maglia dei centri quadrata al cui interno si centrano 221 ipotetiche superfici di scivolamento cilindriche.

I risultati ottenuti, mostrano, per tutte le superfici di scivolamento ipotizzate (221 superfici di rottura per ogni sezione), un coefficiente di sicurezza maggiore di 1.1, pertanto sussiste una soddisfacente condizione di sicurezza del pendio. In particolare il coefficiente minimo è pari a 1,86 per la SEZ\_4 e 1.60 per la SEZ\_2.

## 2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### - **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la

stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**- D.M. LL.PP. del 14/02/1992**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**- D.M. 9 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

**- D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

**- D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

**- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252  
AA.GG./S.T.C.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

**- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- **Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

- **Eurocodice 8**

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

- **D. M. 14 Gennaio 2008**

N.T.C. – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

- **Definizione**

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

## **2.2 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:

(a) 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 ( $\Phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di

equilibrio.

### **2.2.1 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 ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata 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.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

### **2.2.2 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

Ni 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.

### 2.2.3 METODO DI BISHOP (1955)

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

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

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

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

I valori di F e di  $nX$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $nX = 0$  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 %.

#### **2.2.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. 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 vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- $W$ : peso concio
- $K_x$ : Coefficiente sismico orizzontale
- $K_y$ : Coefficiente sismico verticale

#### **2.2.5 RICERCA DELLA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO CRITICA**

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

### **2.3 VERIFICA DI STABILITÀ “SEZ 2 –SCARPATA SSW”**

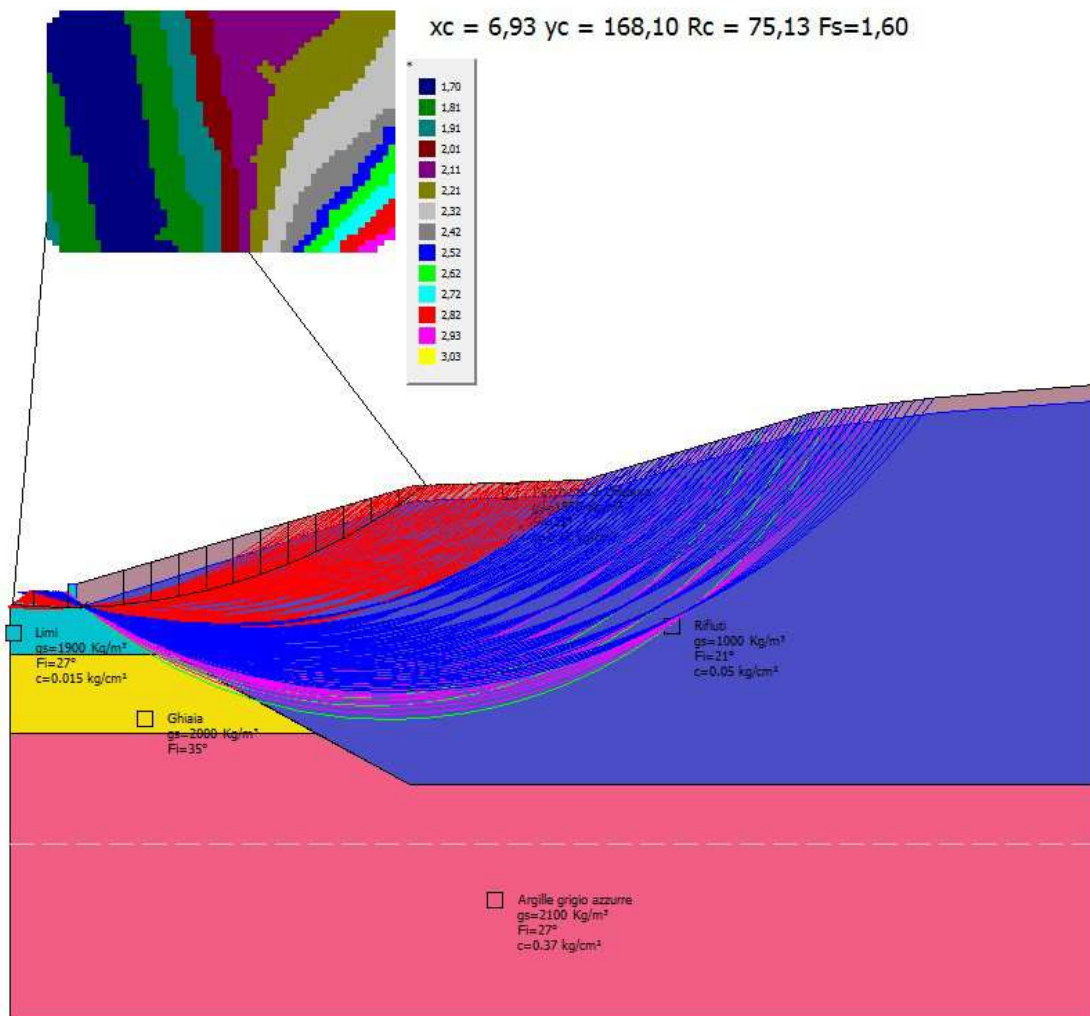
Di seguito troviamo lo schema della sezione 2 scarpata SSW utilizzata per la verifica di stabilità con le superfici di scorrimento a coefficiente minimo e tutte quelle calcolate. Inoltre si riporta la relazione

- Dati sito, numero conci, etc.;
- Caratteristiche maglia dei centri;
- Coefficienti sismici [N.T.C.], parametri sismici;
- Vertici: profilo, strati e falda;
- Stratigrafia con parametri geotecnici utilizzati per il calcolo. I parametri adoperati per la caratterizzazione dell'ammasso dei rifiuti sono stati reperiti sia dai dati esistenti in letteratura sia dai dati provenienti da risultati di prove di laboratorio (prove triassiali), eseguite su una discarica di rifiuti non pericolosi (stessa tipologia della discarica oggetto di studio), sviluppata dalla Società E&G srl

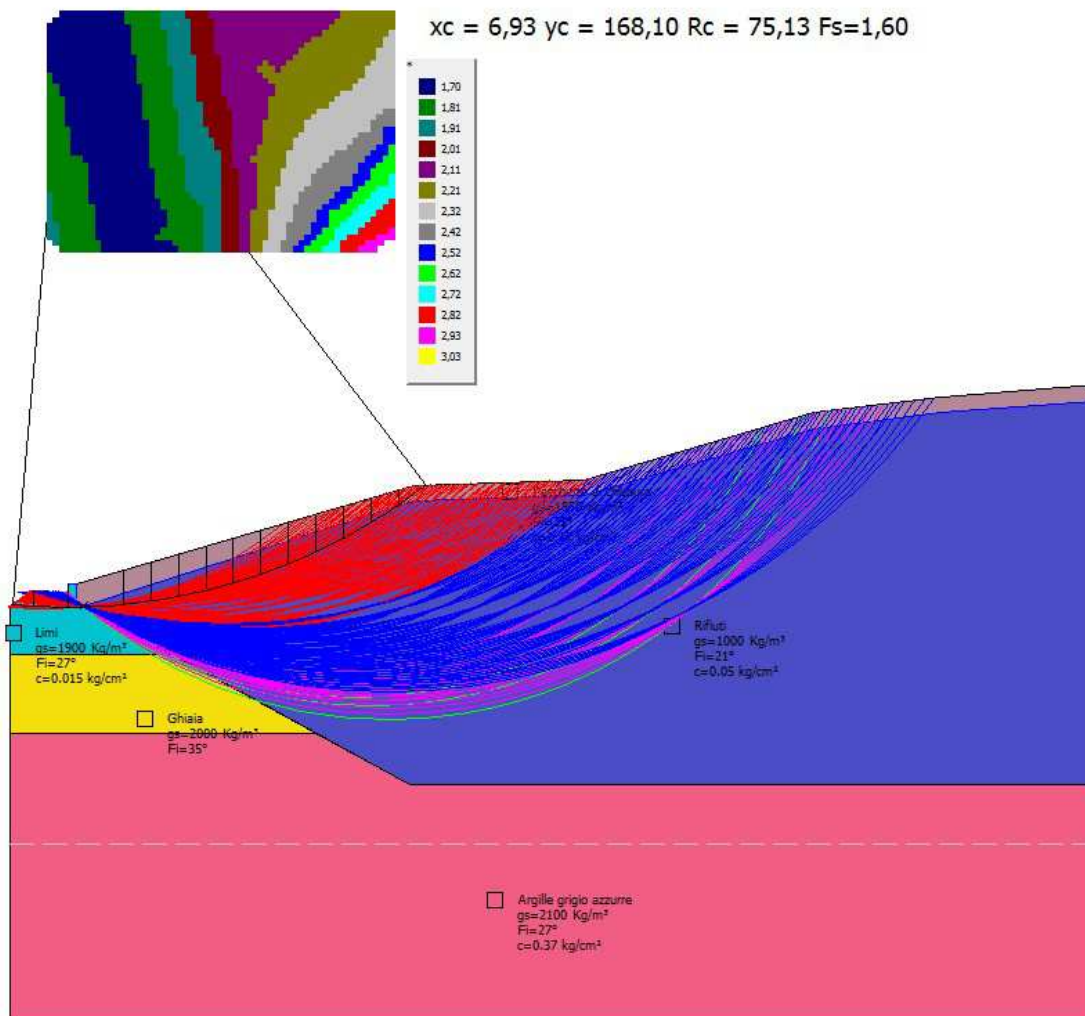
di Roma;

- Risultati analisi pendio;
- Analisi dei conci con  $F_s=1,60$ : coefficiente minimo (non vengono riportate le altre analisi dei conci per le altre 220 superfici analizzate).

### SEZIONE II SCARPATA SSW



## SEZIONE II SCARPATA SSW



## ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII CON: BISHOP (1955)

Lat./Long.	42,174517/14,448205
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,39 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	137,83 m
Ascissa vertice destro superiore xs	47,79 m

Ordinata vertice destro superiore ys	168,1 m
Passo di ricerca	5,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie  
 Classe d'uso: Classe II  
 Vita nominale: 50,0 [anni]  
 Vita di riferimento: 50,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: D  
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,4	2,51	0,29
S.L.D.	50,0	0,49	2,51	0,32
S.L.V.	475,0	1,06	2,63	0,44
S.L.C.	975,0	1,31	2,67	0,47

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,72	0,2	0,0147	0,0073
S.L.D.	0,882	0,2	0,018	0,009
S.L.V.	1,908	0,24	0,0467	0,0233
S.L.C.	2,358	0,24	0,0577	0,0289

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,015
Coefficiente azione sismica verticale	0,007

#### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	93,0
2	3,0	95,0
3	7,3	94,7
4	7,3	95,8
5	8,3	95,8
6	51,0	108,3
7	72,5	109,0
8	101,5	117,5
9	117,5	119,5
10	137,0	121,0

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	93,0
2	3,0	95,0
3	7,3	94,7
4	7,3	95,8
5	8,3	95,8
6	8,3	93,8
7	9,3	93,0
8	51,0	106,3
9	72,5	107,0
10	101,5	115,5
11	117,5	117,5
12	137,0	119,0

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	93,0
2	3,0	95,0
3	7,3	94,7
4	7,3	95,8
5	8,3	95,8
6	8,3	93,8
7	9,3	93,0
8	51,0	106,3
9	72,5	107,0
10	101,5	115,5
11	117,5	117,5
12	137,0	119,0

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	93,0
2	3,0	95,0
3	7,3	94,7
4	7,3	95,8
5	8,3	95,8
6	8,3	93,8
7	9,3	93,0
8	50,5	70,5
9	137,0	70,5

**Vertici strato .....3**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	87,0
2	20,5	87,0
3	50,5	70,5
4	137,0	70,5

**Vertici strato .....4**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	77,0

2	38,5	77,0
3	50,5	70,5
4	137,0	70,5

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.17	25	1850	Pacchetto di chiusura	
2	0.05	21	1000	Rifiuti	
3	0.015	27	1900	Limi	
4	0	35	2000	Ghiaia	
5	0.37	27	2100	Argille grigio azzurre	

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

Fs minimo individuato	1,6
Ascissa centro superficie	6,93 m
Ordinata centro superficie	168,1 m
Raggio superficie	75,13 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei conc. Superficie...xc = 6,928 yc = 168,097 Rc = 75,134 Fs=1,6032**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,63	-4,0	2,63	4885,26	73,28	34,2	0,02	27,0	0,0	5014,2	1672,7
2	4,3	-1,4	4,3	15248,69	228,73	106,74	0,02	27,0	0,0	15366,8	4805,6
3	0,05	0,3	0,05	102,89	1,54	0,72	0,02	27,0	0,0	102,7	33,9
4	6,92	3,0	6,93	39866,89	598,0	279,07	0,05	21,0	0,0	39374,7	10535,0
5	3,47	6,9	3,5	23382,11	350,73	163,67	0,05	21,0	0,0	22829,0	5961,3
6	3,47	9,6	3,52	24921,77	373,83	174,45	0,05	21,0	0,0	24214,5	6269,7
7	3,47	12,3	3,56	25878,93	388,18	181,15	0,05	21,0	0,0	25076,7	6466,5
8	3,47	15,0	3,6	26237,31	393,56	183,66	0,05	21,0	0,0	25407,9	6550,4
9	3,47	17,8	3,65	25975,6	389,63	181,83	0,05	21,0	0,0	25189,4	6517,4
10	3,47	20,6	3,71	25066,84	376,0	175,47	0,05	21,0	0,0	24389,0	6361,0

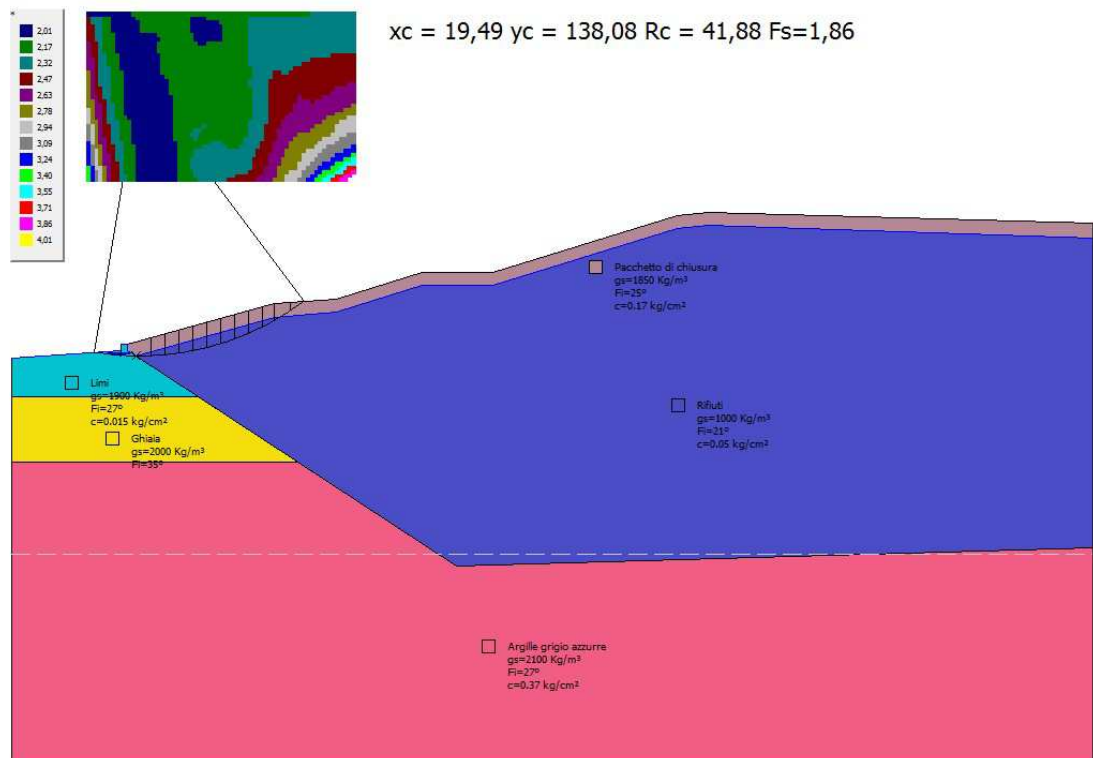
## **2.4 VERIFICA DI STABILITÀ “SEZ 4 –SCARPATA NNW”**

Di seguito troviamo lo schema della sezione 4 scarpata WNW utilizzata per la verifica di stabilità con le superfici di scorrimento a coefficiente minimo e tutte quelle calcolate. Inoltre si riporta la relazione di calcolo con i seguenti dati:

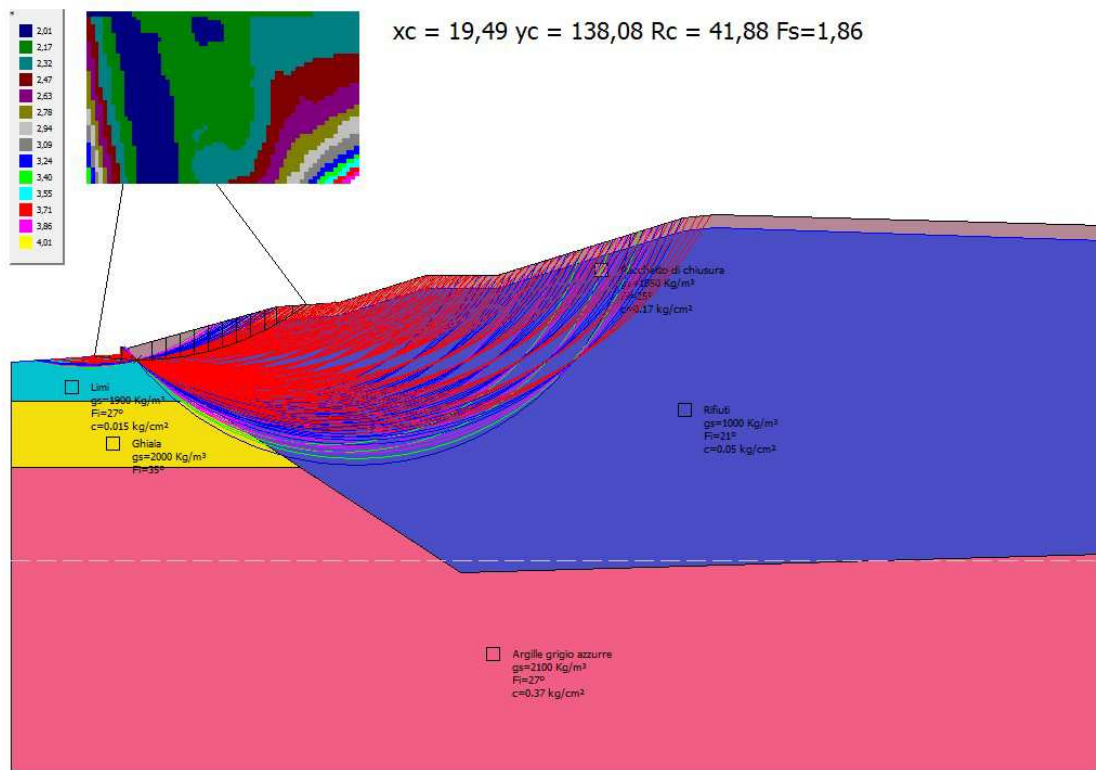
- Dati sito, numero conci, etc.;
- Caratteristiche maglia dei centri;
- Coefficienti sismici [N.T.C.], parametri sismici;
- Vertici: profilo, strati e falda;
- Stratigrafia con parametri geotecnici utilizzati per il calcolo. I parametri adoperati per la caratterizzazione dell'ammasso dei rifiuti sono stati reperiti sia dai dati esistenti in letteratura sia dai dati provenienti da risultati di prove di laboratorio (prove triassiali), eseguite su una discarica di rifiuti non pericolosi (stessa tipologia della discarica oggetto di studio), sviluppata dalla Società E&G srl di Roma;
- Risultati analisi pendio;
- Analisi dei conci con  $F_s=1,86$ : coefficiente minimo (non vengono

riportate le altre analisi dei conci per le altre 220 superfici analizzate).

SEZIONE IV - SCARPATA WNW



SEZIONE IV - SCARPATA WNW



## ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII CON: BISHOP (1955)

Lat./Long.	42,174517/14,448205
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11,38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	122,89 m
Ascissa vertice destro superiore xs	51,96 m
Ordinata vertice destro superiore ys	148,21 m
Passo di ricerca	5,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**
**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,4	2,51	0,29
S.L.D.	50,0	0,49	2,51	0,32
S.L.V.	475,0	1,06	2,63	0,44
S.L.C.	975,0	1,31	2,67	0,47

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**
**Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni**

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,72	0,2	0,0147	0,0073
S.L.D.	0,882	0,2	0,018	0,009
S.L.V.	1,908	0,24	0,0467	0,0233
S.L.C.	2,358	0,24	0,0577	0,0289

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,015

Coefficiente azione sismica verticale 0,007

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	96,0
2	16,6	97,0
3	16,6	98,0
4	17,6	98,0
5	40,0	104,2
6	49,6	105,0
7	62,6	109,0
8	73,5	109,0
9	101,5	117,7
10	106,3	118,2
11	165,0	116,5

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	96,0
2	16,6	97,0
3	16,6	98,0
4	17,6	98,0
5	17,6	97,0
6	18,9	96,2
7	40,0	102,2
8	49,6	103,0
9	62,6	107,0
10	73,5	107,0
11	101,5	115,7
12	106,3	116,2
13	165,0	114,3

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	96,0
2	16,6	97,0
3	16,6	98,0
4	17,6	98,0
5	17,6	97,0
6	18,9	96,2
7	40,0	102,2
8	49,6	103,0
9	62,6	107,0
10	73,5	107,0
11	101,5	115,7
12	106,3	116,2
13	165,0	114,3

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	96,0
2	16,6	97,0
3	16,6	98,0
4	17,6	98,0
5	17,6	97,0
6	18,9	96,2
7	67,9	64,2
8	165,0	67,0

**Vertici strato .....3**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	90,0
2	28,4	90,0
3	67,9	64,2
4	165,0	67,0

**Vertici strato .....4**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	80,0
2	43,7	80,0
3	67,9	64,2
4	165,0	67,0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.17	25	1850	Pacchetto di chiusura	
2	0.05	21	1000	Rifiuti	
3	0.015	27	1900	Limi	
4	0	35	2000	Ghiaia	
5	0.37	27	2100	Argille grigio azzurre	

## RISULTATI ANALISI PENDIO [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,86
Ascissa centro superficie	19,49 m
Ordinata centro superficie	138,08 m
Raggio superficie	41,88 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 19,494 yc = 138,078 Rc = 41,882 Fs=1,8581**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,13	-8,0	2,15	921,39	13,82	6,45	0,02	27,0	0,0	986,8	404,1
2	1,83	-5,2	1,84	2001,88	30,03	14,01	0,02	27,0	0,0	2069,7	650,9
3	0,05	-3,9	0,05	54,26	0,81	0,38	0,02	27,0	0,0	55,6	17,5
4	4,52	-0,8	4,52	17099,69	256,5	119,7	0,05	21,0	0,0	17161,8	4329,2
5	2,13	3,8	2,14	9812,89	147,19	68,69	0,05	21,0	0,0	9680,3	2341,2
6	2,13	6,7	2,15	10631,14	159,47	74,42	0,05	21,0	0,0	10413,0	2481,3
7	2,13	9,6	2,16	11212,44	168,19	78,49	0,05	21,0	0,0	10934,3	2583,1
8	2,13	12,6	2,19	11551,5	173,27	80,86	0,05	21,0	0,0	11244,9	2646,9
9	2,13	15,6	2,22	11640,71	174,61	81,48	0,05	21,0	0,0	11340,2	2671,9
10	2,13	18,7	2,25	11469,96	172,05	80,29	0,05	21,0	0,0	11209,8	2656,4
11	2,13	21,8	2,3	11026,07	165,39	77,18	0,05	21,0	0,0	10836,4	2597,4
12	2,13	25,0	2,35	10291,96	154,38	72,04	0,05	21,0	0,0	10193,9	2490,4
13	1,76	28,0	1,99	7707,98	115,62	53,96	0,05	21,0	0,0	7700,1	1933,3
14	2,51	31,3	2,94	8810,55	132,16	61,67	0,05	21,0	0,0	8863,6	2383,2
15	2,13	35,1	2,61	2562,66	38,44	17,94	0,17	25,0	0,0	1384,8	2485,7

---

### 3 CONCLUSIONI

---

Le verifiche di stabilità sono consistite nella determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

I risultati ottenuti ( $F_s$  minimo 1,60 per SEZ\_2 e  $F_s$  minimo 1,86 per SEZ\_4), mostrano, per tutte le superfici di scivolamento ipotizzate (221 superfici di rottura per ogni sezione calcolata), un coefficiente di sicurezza maggiore di 1.1, pertanto sussiste una soddisfacente condizione di sicurezza dell'ammasso nell'ambito del progetto di "variante sostanziale al profilo di chiusura finale della discarica".