

---

# CALCOLO DI STABILITÀ SPONDA DISCARICA LATO SUD - ESTERNO

Comune: **TARANTO/B**

Località: **PALOMBARA**

Ditta: **VERGINE GIUSEPPE**

I Tecnici

Il Geologo

**Dr. D'ALLURA Francesco**

**DITTA GIUSEPPE VERGINE**  
Sede e dom. fisc.: Via B. Croce, 6  
74020 LIZZANO (TA)  
Tel. 099.9552397  
P.IVA 00934760737



**Ing. Iunior D'ALLURA Stefania**



---

# RELAZIONE DI CALCOLO

## 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.

## 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.

## Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo  $\Delta X_i = 0$  si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove  $f_o$  è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

---

## VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita 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, 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.

### Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano 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

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

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  $F_0$  (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:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

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.

#### 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.

#### Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Fattore di sicurezza [R2]	1,3
<b>Superficie di forma circolare</b>	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-20,99 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	17,8 m
Ascissa vertice destro superiore xs	14,49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	41,07 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

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

##### Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,42
Longitudine:	17,43
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:	B
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	0,22	2,41	0,23
S.L.D.	50,0	0,28	2,39	0,28
S.L.V.	475,0	0,57	2,83	0,42
S.L.C.	975,0	0,66	2,99	0,44

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii
--------	----------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,264	0,2	0,0054	0,0027
S.L.D.	0,336	0,2	0,0069	0,0034
S.L.V.	0,684	0,2	0,014	0,007
S.L.C.	0,792	0,2	0,0162	0,0081

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0069  
Coefficiente azione sismica verticale 0,0034

#### Vertici profilo

N	X m	y m
1	-5,0	0,0
2	0,0	0,0
3	7,0	5,0
4	16,0	5,0
5	26,0	5,0
6	38,0	5,0

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	-5,0	-1,0
2	11,8	-1,0
3	11,8	-1,0
4	12,3	2,3
5	21,0	2,3
6	24,8	16,0
7	38,0	16,0

#### Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	34	1900	2100	0,00		Terreno di riporto
2	0	45	2300	2500	0,00		Substrato

#### Risultati analisi pendio

=====

Fs minimo individuato 1,81  
Ascissa centro superficie -1,48 m  
Ordinata centro superficie 18,96 m  
Raggio superficie 18,94 m

=====

#### Analisi dei conchi. Superficie...xc = -1,475 yc = 18,964 Rc = 18,938 Fs=1,8101

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	1,12	6,6	1,13	730,04	5,04	2,48	0,0	34,0	0,0	698,9	314,4
2	1,12	10,0	1,14	2082,25	14,37	7,08	0,0	34,0	0,0	1960,0	889,4
3	1,12	13,5	1,15	3287,3	22,68	11,18	0,0	34,0	0,0	3053,6	1403,1
4	1,12	17,0	1,17	4339,54	29,94	14,75	0,0	34,0	0,0	3992,7	1865,4
5	1,12	20,5	1,19	5231,11	36,09	17,79	0,0	34,0	0,0	4785,1	2283,4

6	1,28	24,5	1,4	6835,18	47,16	23,24	0,0	34,0	0,0	6240,6	3063,8
7	0,96	28,2	1,09	4975,52	34,33	16,92	0,0	34,0	0,0	4554,6	2310,2
8	1,12	31,9	1,32	4507,7	31,1	15,33	0,0	34,0	0,0	4153,9	2186,1
9	1,12	36,0	1,38	2910,17	20,08	9,89	0,0	34,0	0,0	2715,2	1499,1
10	1,12	40,3	1,47	1046,77	7,22	3,56	0,0	34,0	0,0	995,2	582,9

## Conclusioni

**La verifica di stabilità della sponda della discarica lato sud-esterno. La sponda dovrà essere realizzata con una pendenza massima di 35°. La presente verifica di stabilità unitamente alla verifica del fronte di cava (cfr. allegato: Calcolo di stabilità dei fronti di cava-Ditta: Vergine Giuseppe) consente di attestare la stabilità del setto esistente tra la cava e la discarica.**

