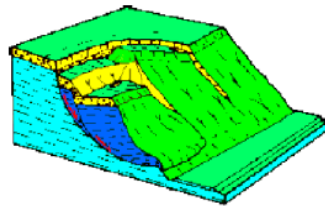


Slope Stability Analysis Program

(Programma di calcolo per l'analisi della stabilità dei pendii)

SSAP2010 (4.2.1 Gennaio 2013)



SSAP 2010

"un passo oltre..."

<http://www.ssap.eu>

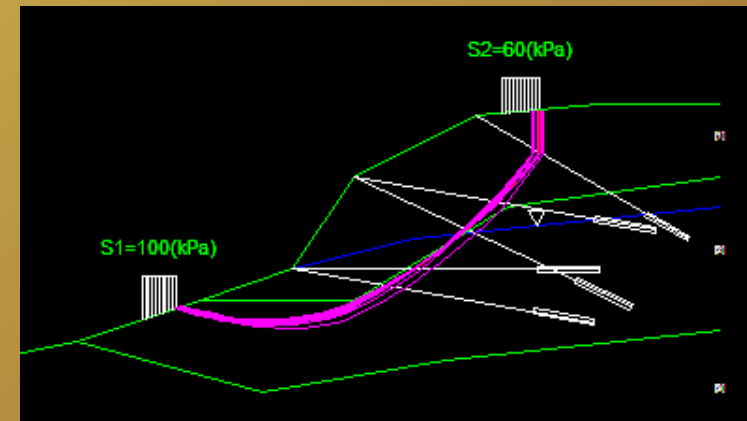
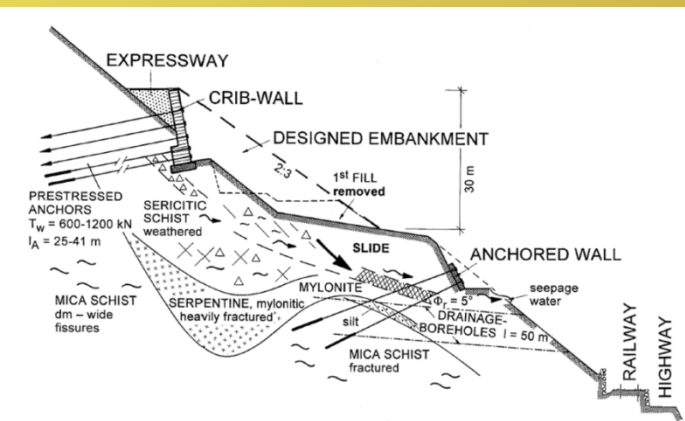
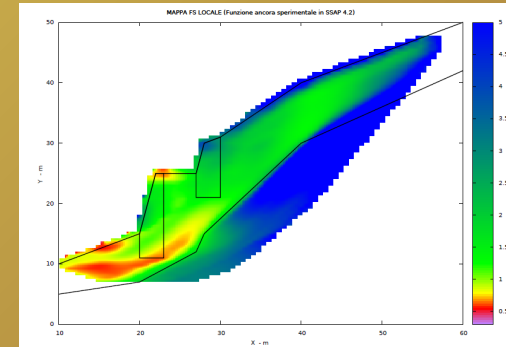
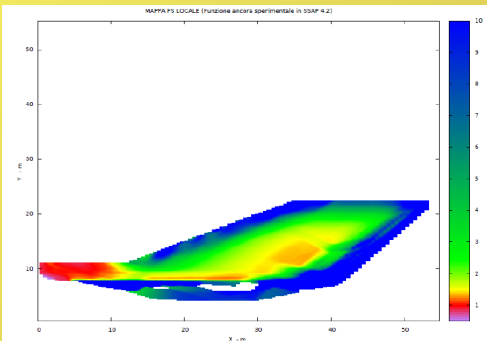
Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autonoma de San Luis Potosi -UASLP
Instituto de Geología, Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx
<http://www.lorenzo-borselli.eu>

Parte I - Introduzione alla complessità intrinseca delle procedure di verifica della stabilità dei pendii e tecniche di soluzione

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autonoma de San Luis Potosi -UASLP

Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO

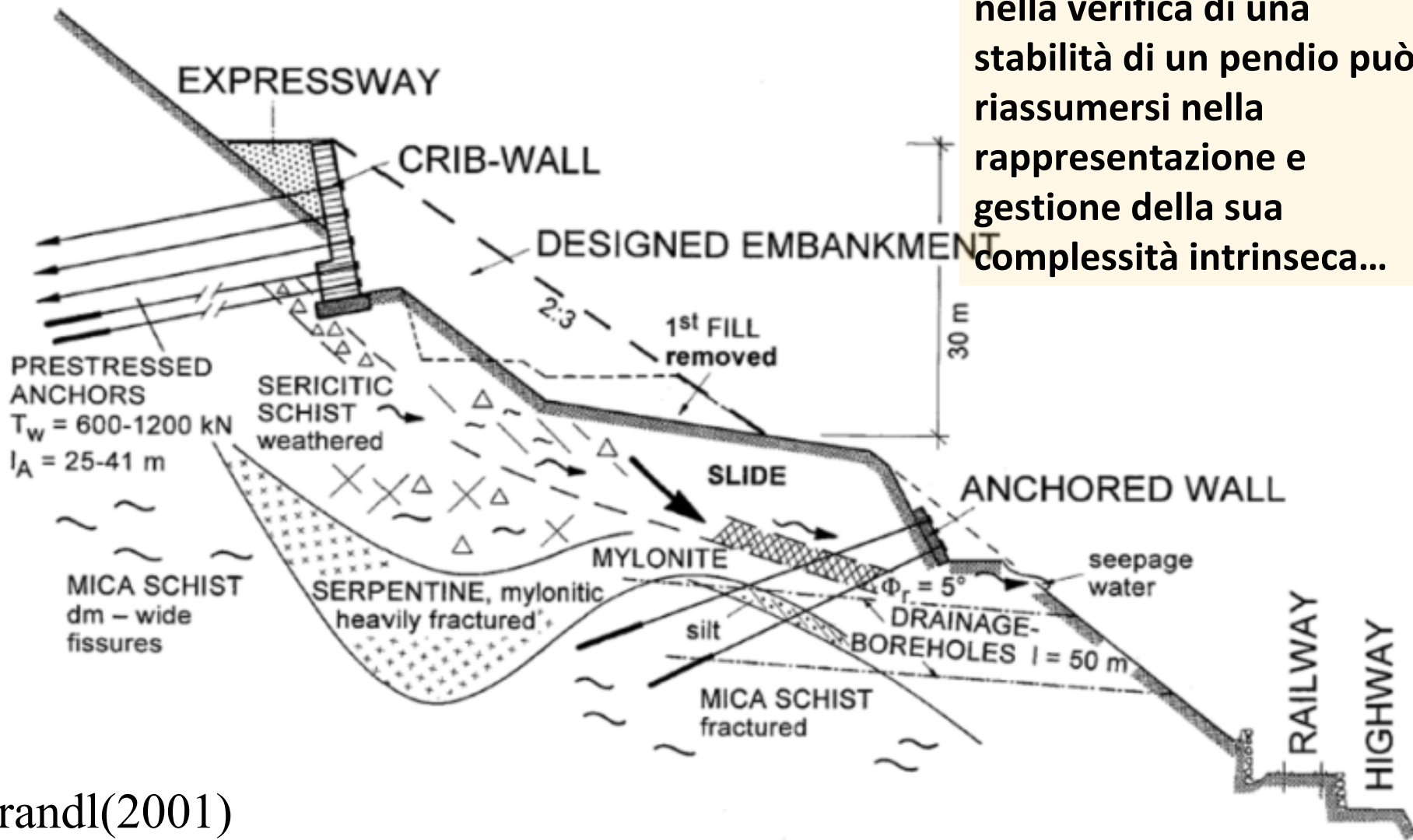
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx
<http://www.lorenzo-borselli.eu>



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

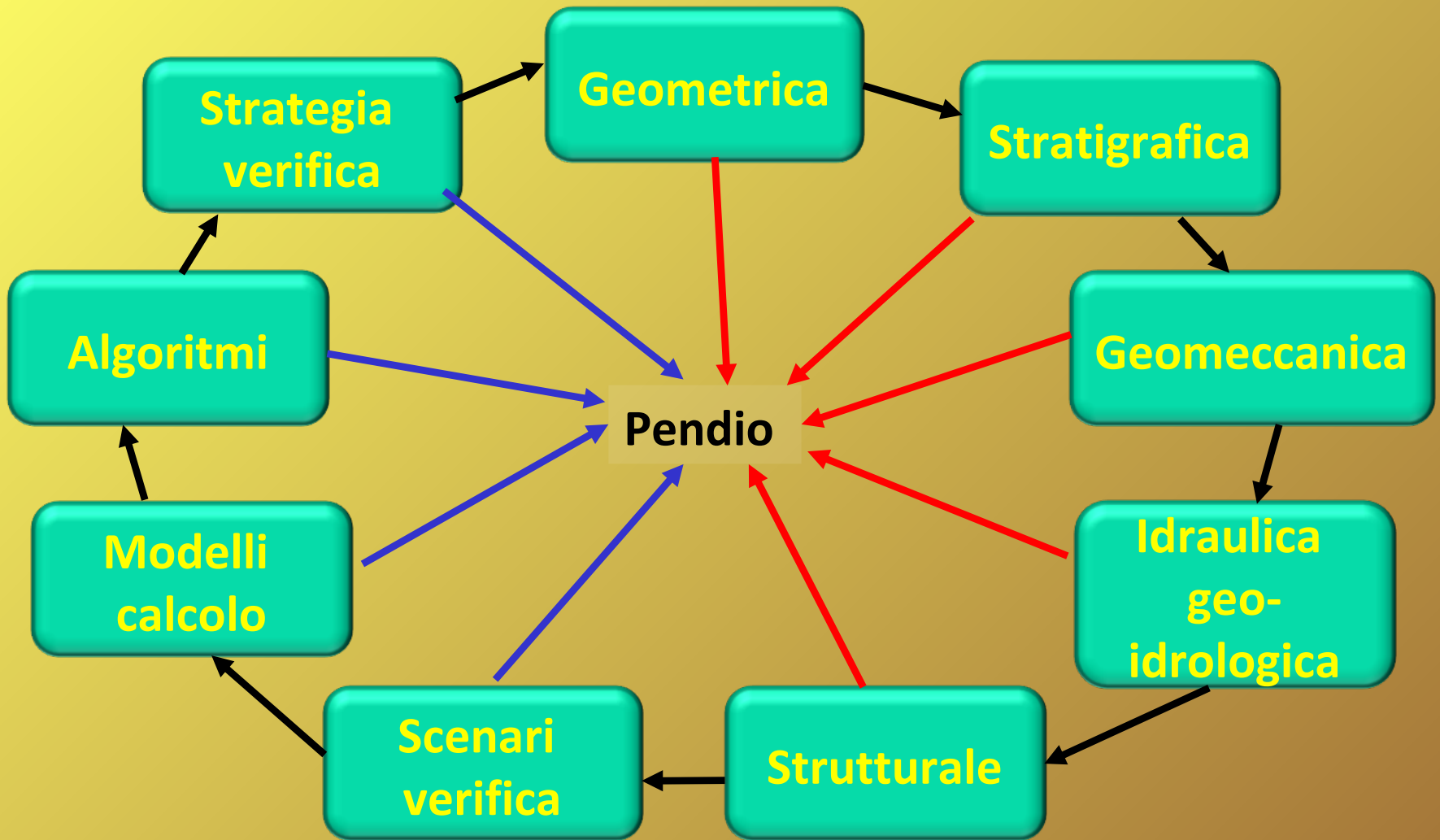
La maggiore difficoltà nella verifica di una stabilità di un pendio può riassumersi nella rappresentazione e gestione della sua complessità intrinseca...



Brandl(2001)

Esempio di complessità geologica e geotecnica e strutturale

Complessità verifica stabilità: componenti e interazioni



Componenti della modellistica

Componenti del Modello pendio

Risorse e strumenti per rappresentazione e gestione della complessità:

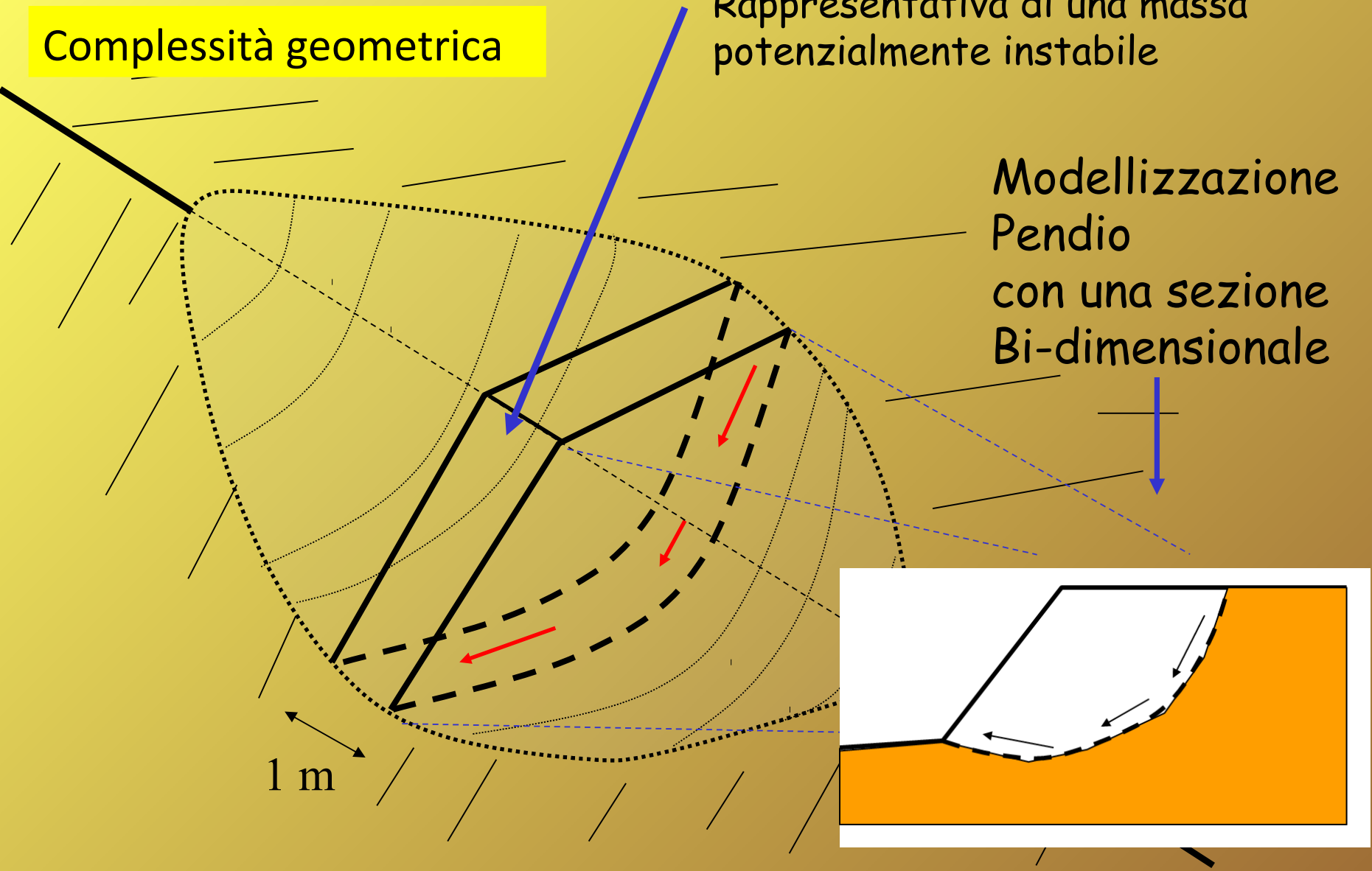
1. Rilievi topografici: sezioni dettagliate;
2. Indagini geologiche – geo idrologiche, geotecniche, geofisiche
3. Modelli geomeccanici: parametrizzazione, criterio di rottura
4. Modello del pendio: definizione modello di pendio che ingloba i punti 1,2 3
5. Modelli di calcolo: modelli e procedure di calcolo esistenti
6. Software di calcolo (es. SSAP): una galassia di software da scegliere e usare con molta attenzione...
7. E per finire (o per cominciare) le risorse più importanti: **le conoscenze, la esperienza del geologo e ingegnere e l'uso prima di tutto del nostro cervello!**

Verifica di stabilità 3D→2D
LEM (limit equilibrium method)

Complessità geometrica

Verifica su striscia di
larghezza unitaria (1 m)
Rappresentativa di una massa
potenzialmente instabile

Modellizzazione
Pendio
con una sezione
Bi-dimensionale



Complessità geometrica

Verifica di stabilità 3D→2D

Verifica di diverse sezioni 2D
E calcolo di ciascun Fs.
Fs3D è ottenuto come media ponderata rispetto all'area delle differenti sezioni
(Lambe and Whitman, 1969; Chowdhury 2010)

$$F = \frac{F_1 A_1 + F_2 A_2 + F_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

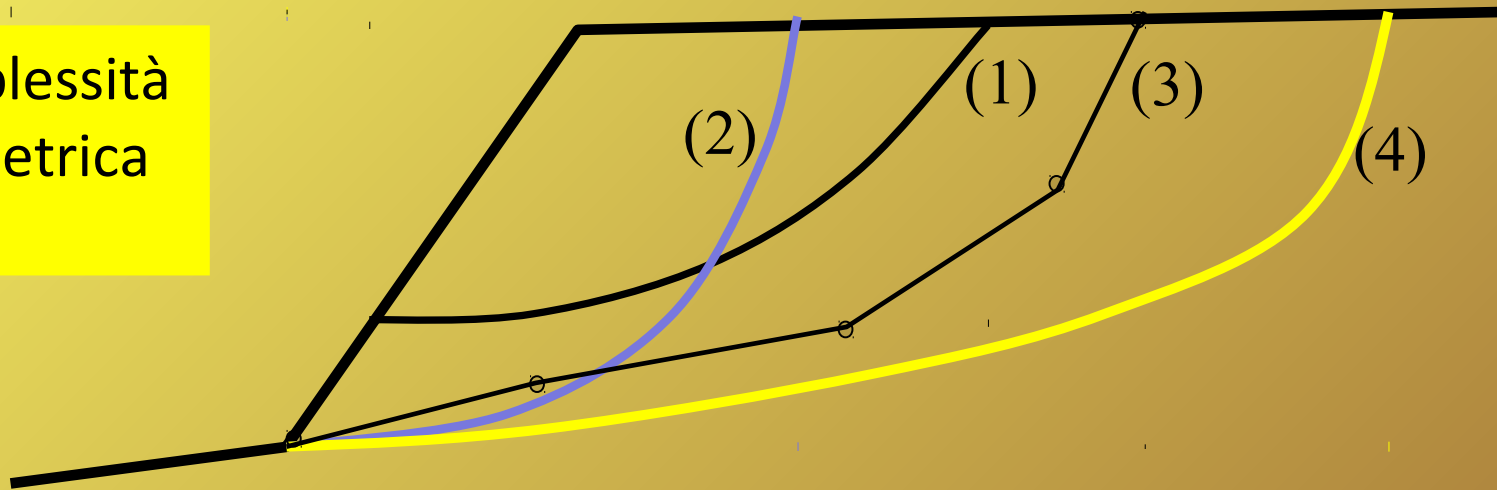
È il metodo più semplice e logico e che alla fine ha meno incertezze

Esistono comunque molti metodi completamente 3D...
che lavorano su superfici 3D



Fig. 2.2. Scivolamenti: a) di traslazione; b) di rotazione; c) composti

Complessità
geometrica



Tipi di superfici generabili nel piano della sezione del pendio:

- (1) **Circolari** : definite da eq. Circonfrenza (arco di cerchio: centro e raggio)
- (2) **Spirali logaritmiche**: eq. Spirale logaritmica
- (3) **Generiche**: serie di punti (nodi) collegati da tratti rettilinei (SSAP)
- (4) **Generiche smussate**: superficie smussata interpolante serie di punti (SSAP).

Complessità geometrica

Tipi di superfici generabili nel piano della sezione del pendio: alcuni tipi di superfici (es. circolari non sono in grado di seguire le discontinuità presenti che possono avere una determinate influenza sulla instabilità

Vari autori (ABRAMSON L.W. et al. (2002); DUNCAN J.M. (1996; SARMA S.K. (1979).; CHENG Y.M. (2003); JANBU N. (1973)) indicano con assoluta chiarezza che il metodo dell'equilibrio limite deve essere applicato in una modalità differenziata in funzione del grado di omogeneità del pendio, presenza di discontinuità stratigrafiche o strutturali.

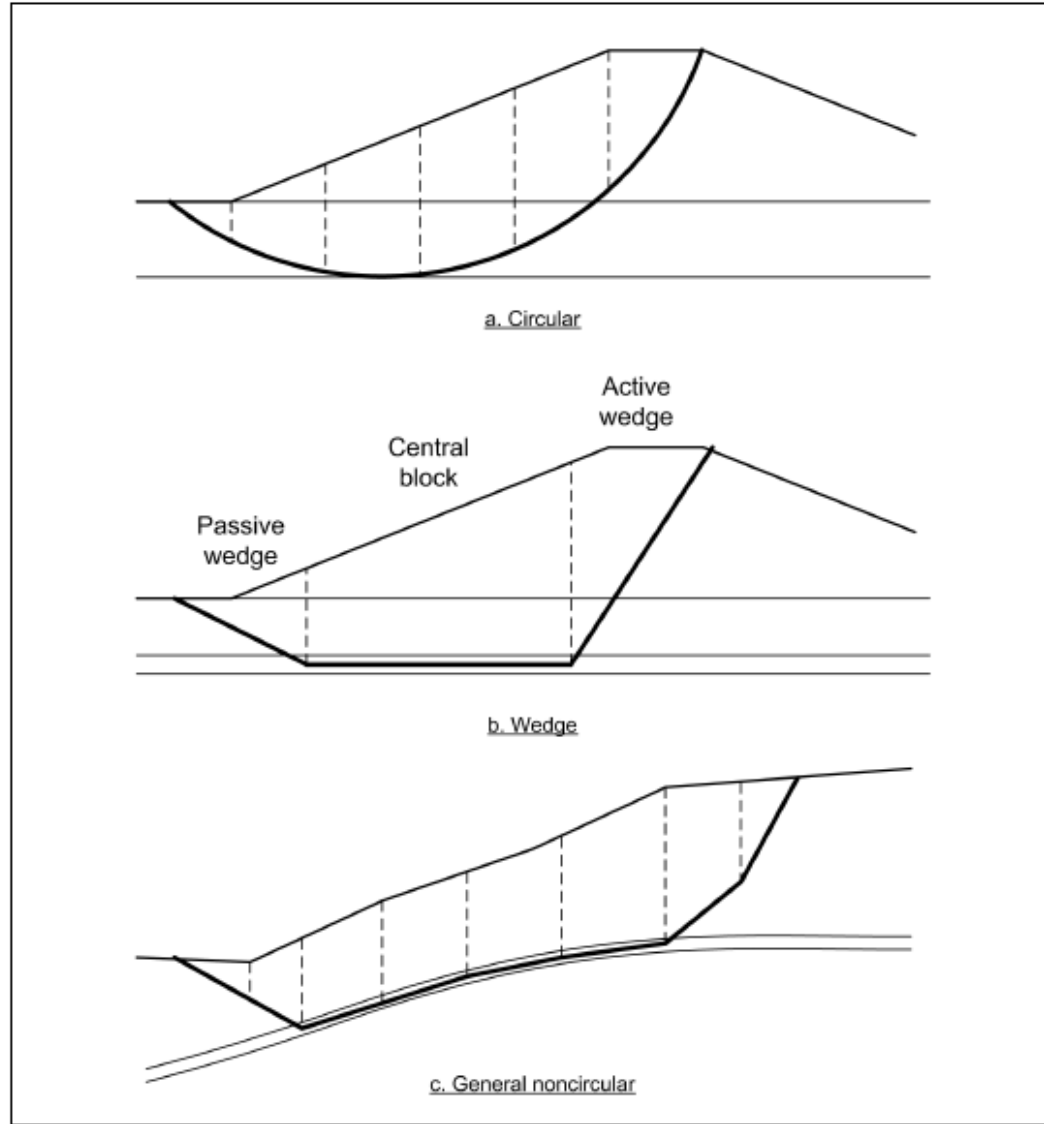
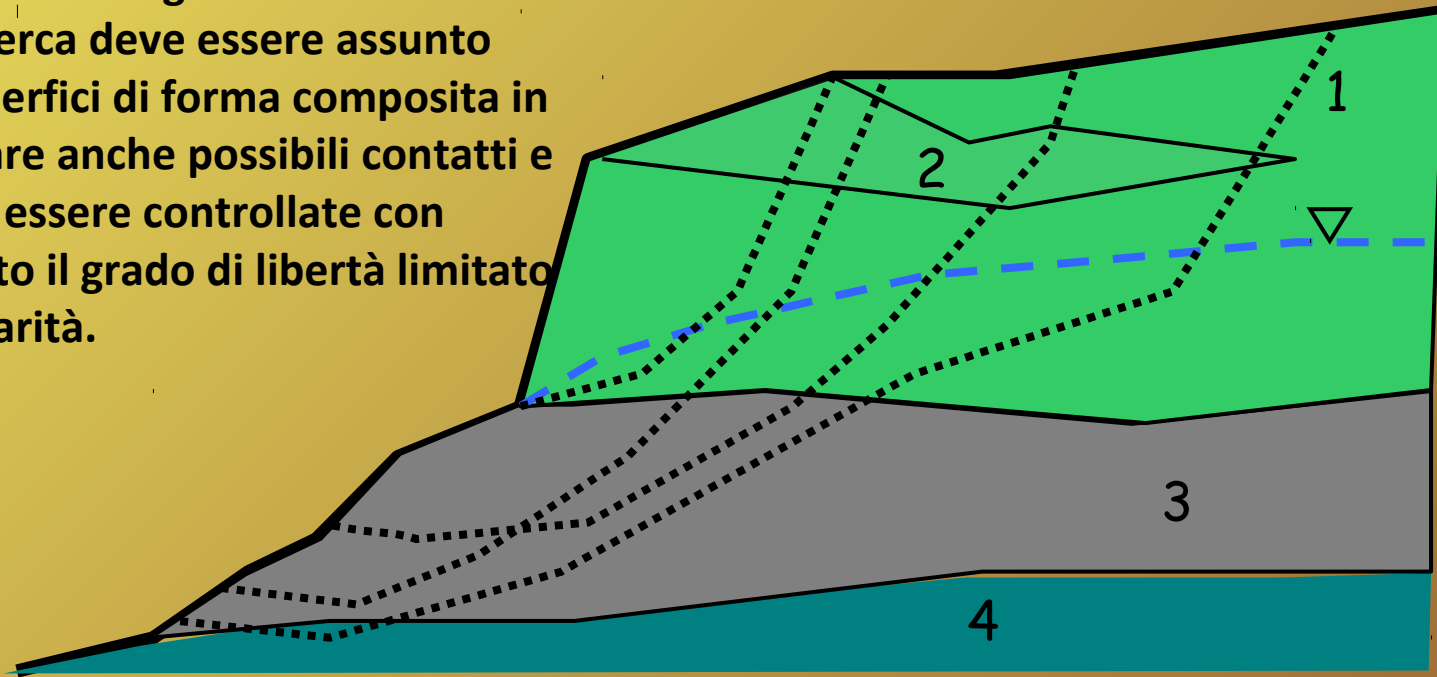


Figure C-3. Shapes for potential slip surfaces

Le superfici reali dei limiti di strato o discontinuità sono potenzialmente molto complesse.

Talvolta assumere anche superfici totalmente planari è una eccessiva semplificazione.

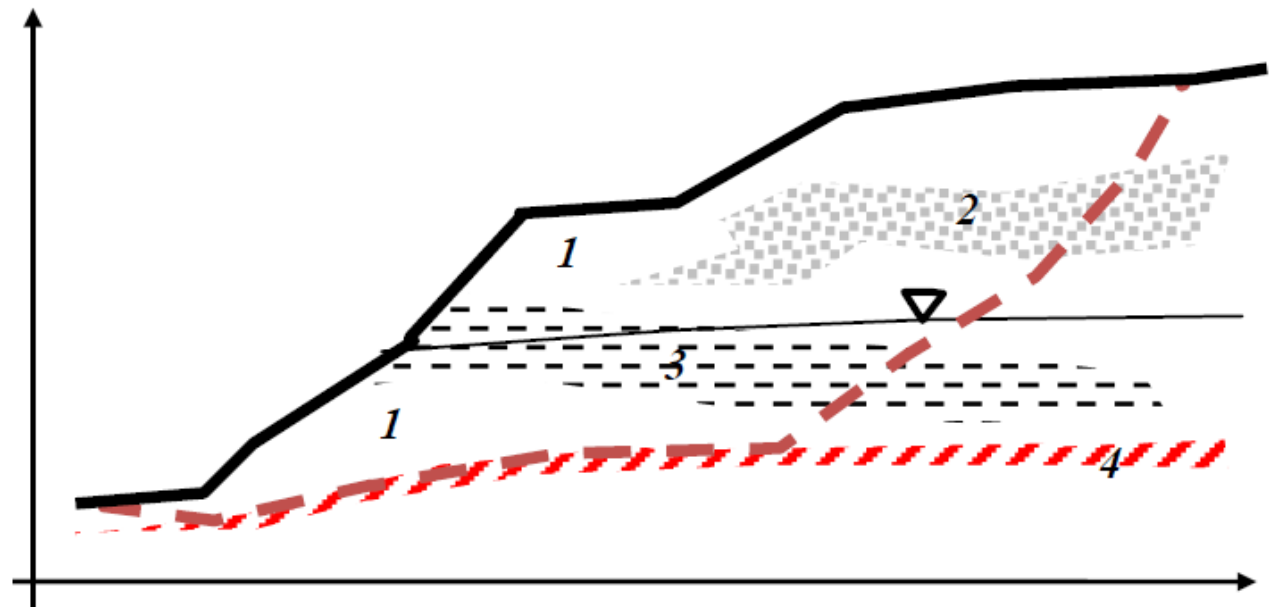
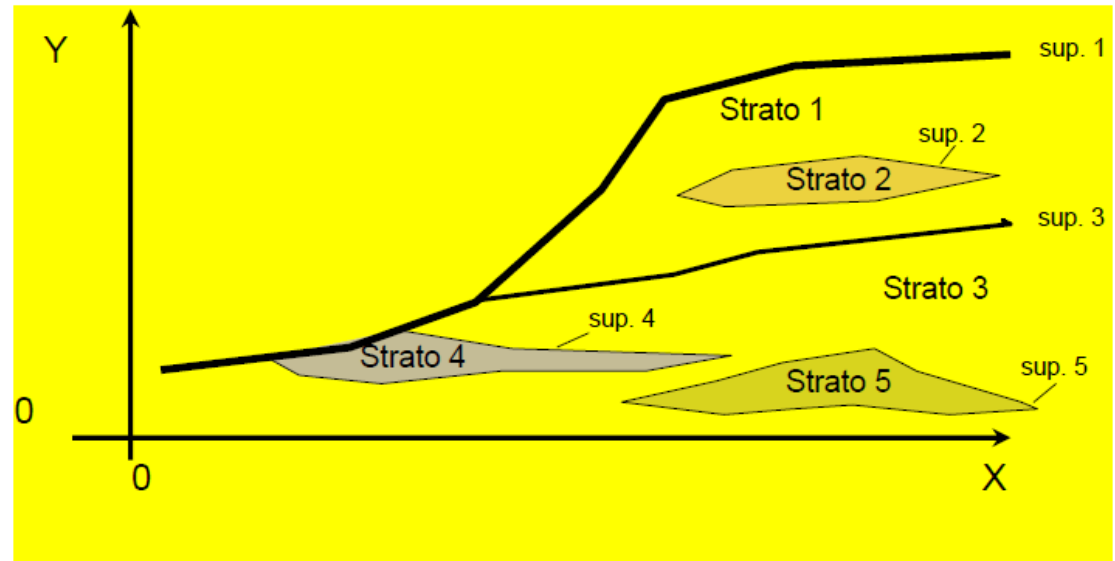
Nel caso di presenza di disomogeneità nella tecnica di verifica e ricerca deve essere assunto preferenzialmente superfici di forma composta in modo da poter verificare anche possibili contatti e zone che non possono essere controllate con forme più semplici, dato il grado di libertà limitato dal vincolo della circolarità.



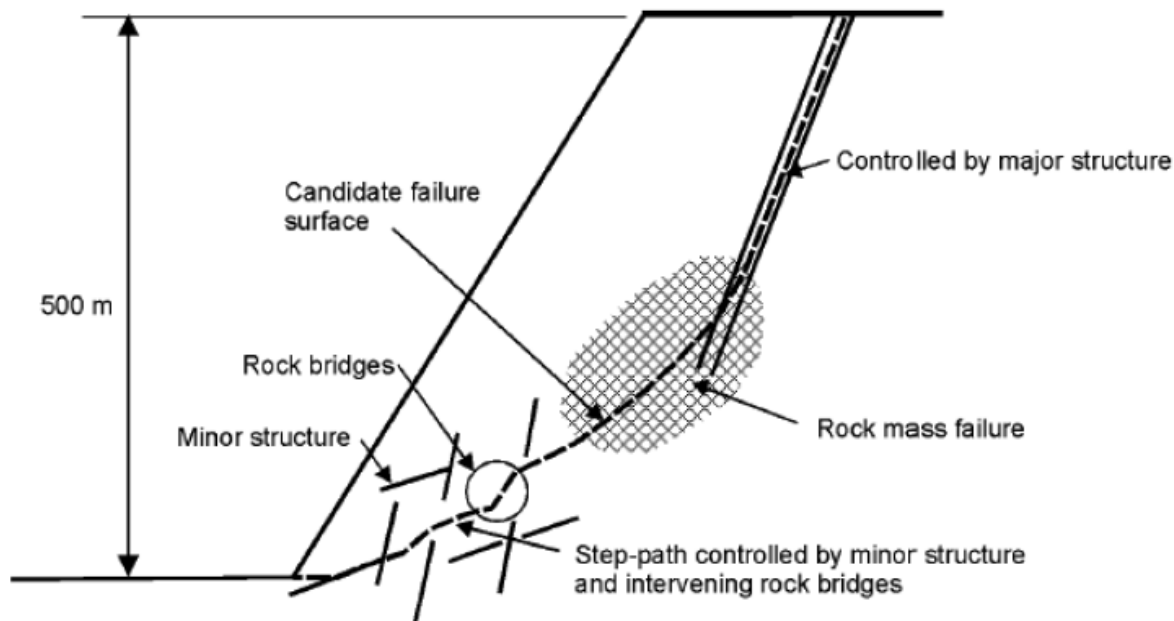
Complessità stratigrafica

Tutti i pendii sono generalmente disomogenei dal punto di vista stratigrafico..
Molto spesso anche quelli artificiali..

La modellistica LEM deve necessariamente tenere conto di questa realtà...

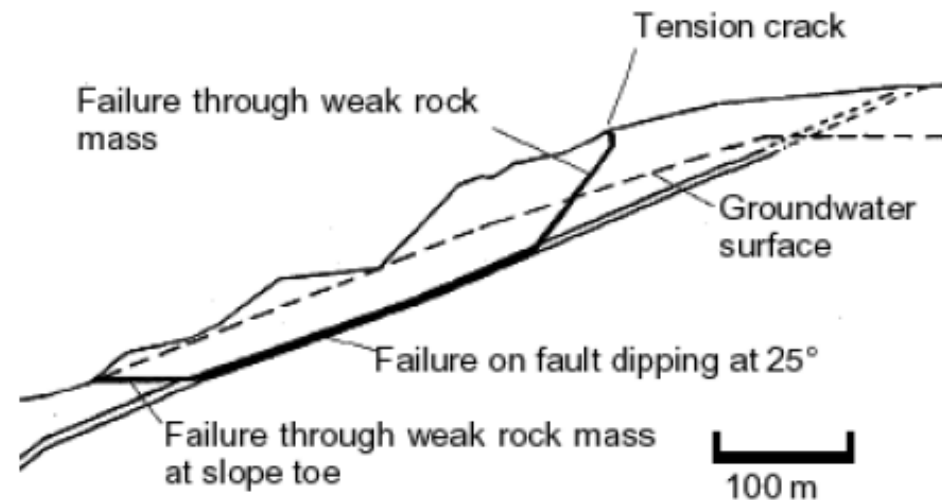


Complessità stratigrafica



Piccole Discontinuità strutturali o stratigrafiche Fanno la differenza talvolta tra un pendio stabile e uno instabile.

**La ricostruzione stratigrafica e strutturale
E l'analisi deve tenere conto il più possibile di queste caratteristiche, senza eccessive semplificazioni.**



Complessità geomeccanica

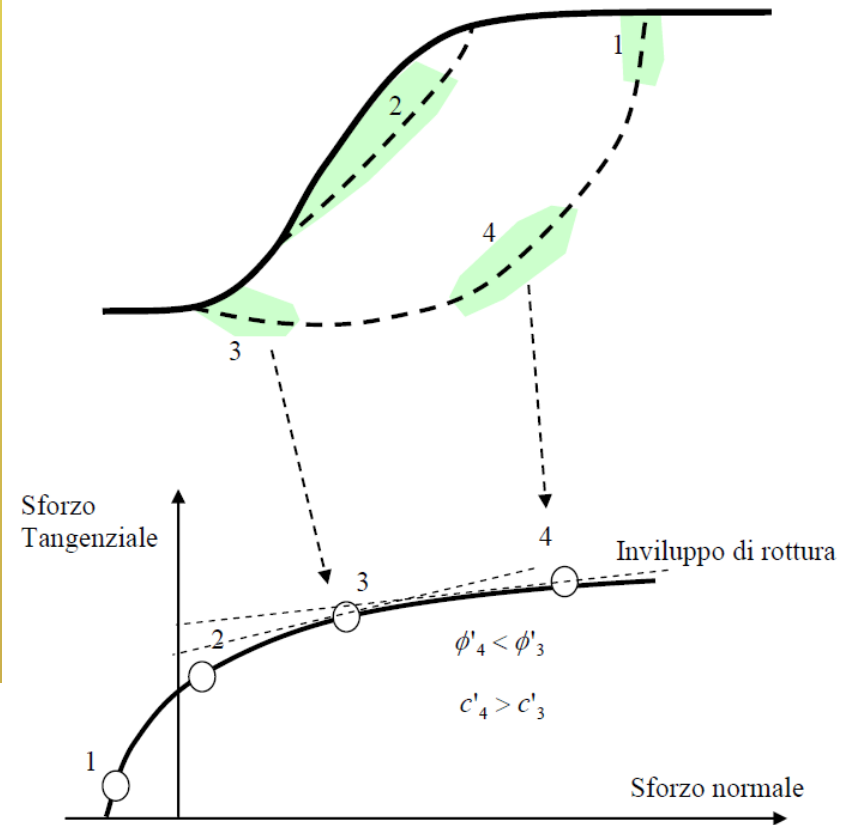
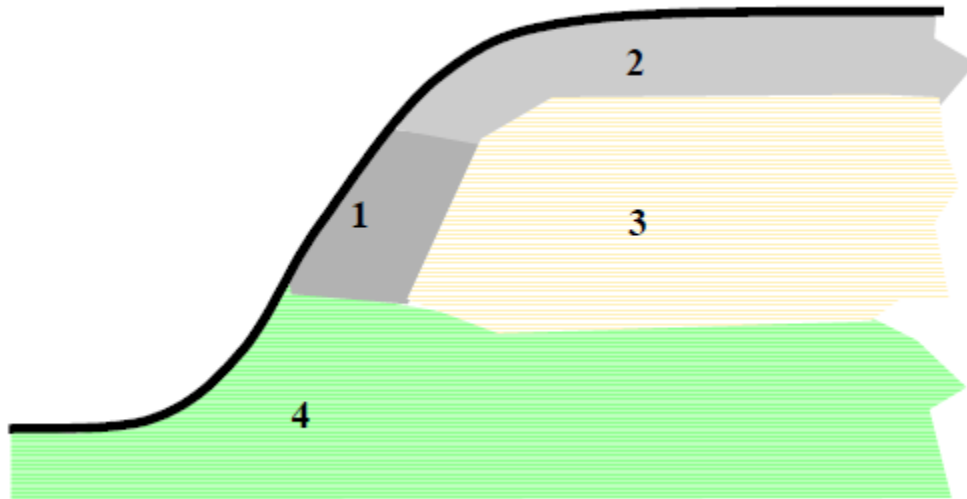
Criteri di rottura utilizzati:

Es: mohr-coulomb

Hoek et al. (2002)

Barton ...

Condizioni a breve e lungo termine
(dissipazione pressioni interstiziali:
cond drenate e non drenate)



Non linearità inviluppo
cond di rottura (piano tau-
sigmaN)

Complessità geo-idrologica e idraulica

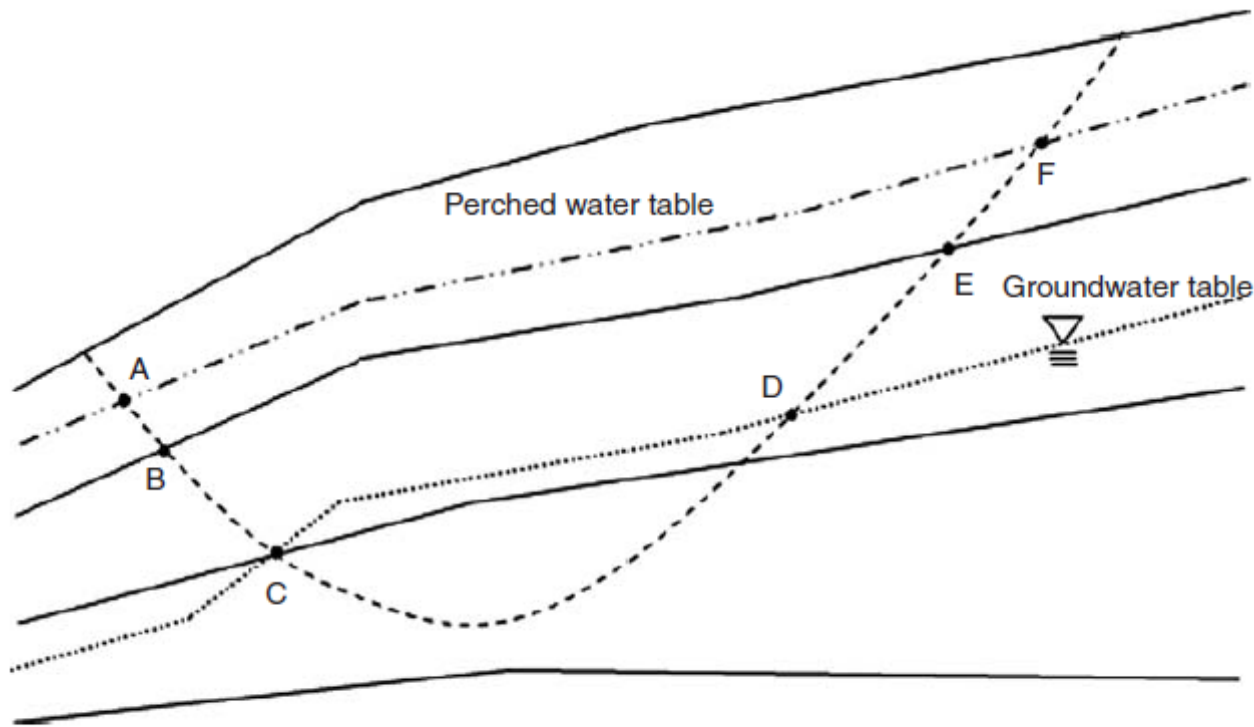


Figure 2.6 Perched water table in a slope.

In un pendio possono sussistere porzioni sature e insature, acquiferi in pressione e sospesi, pendii sommersi.. etc.

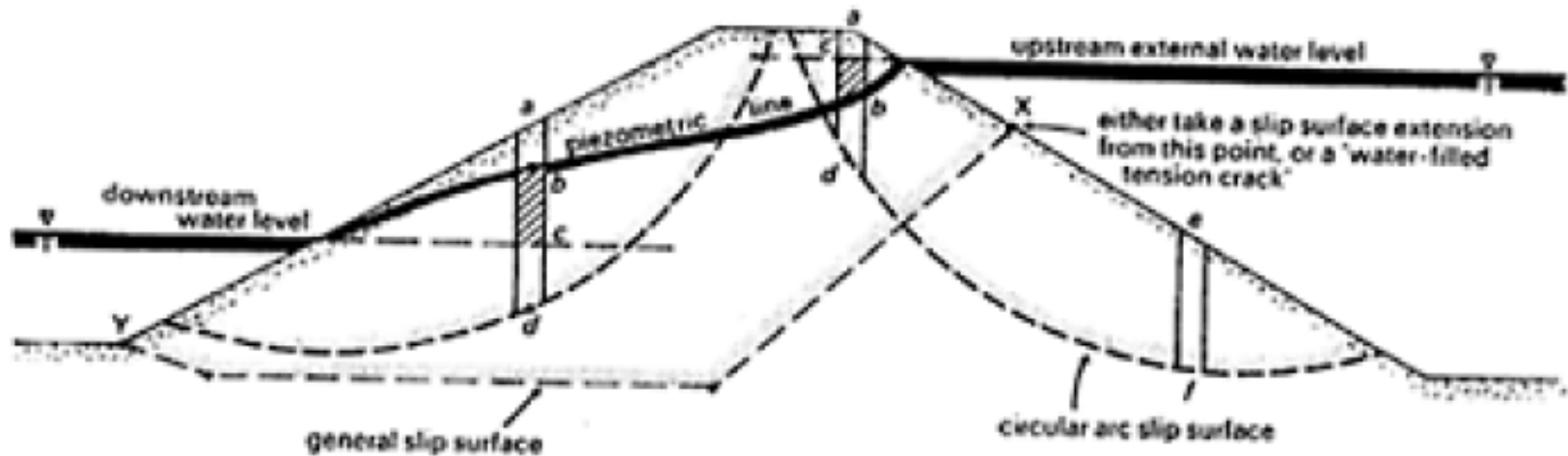
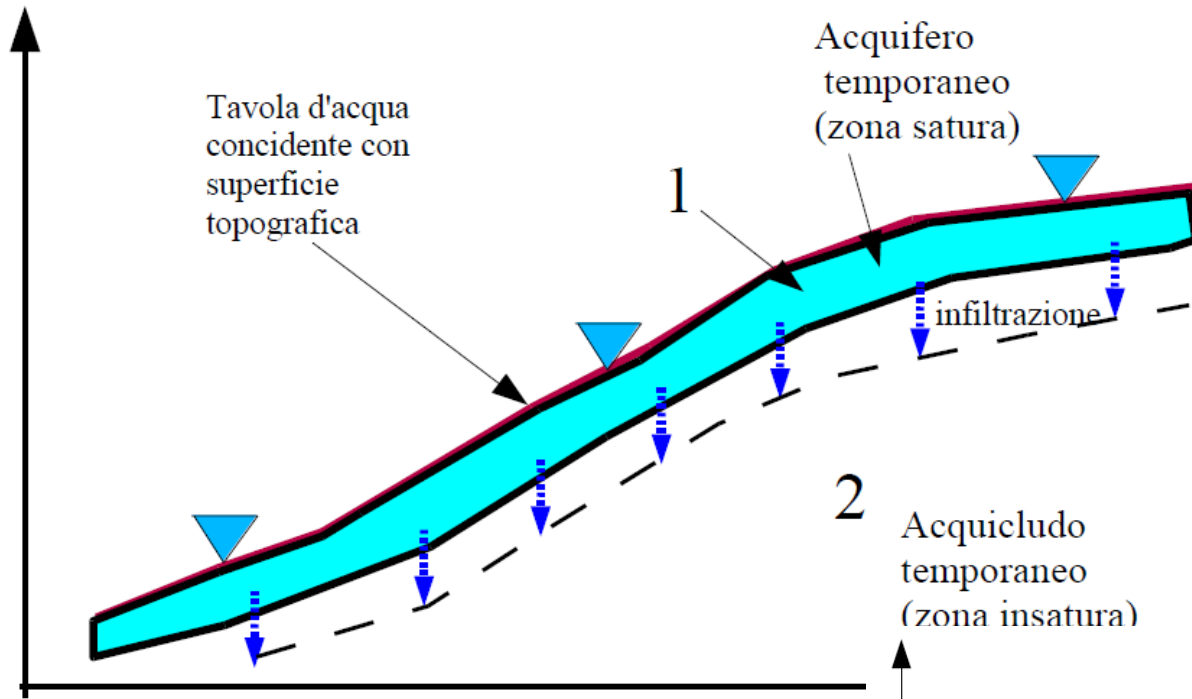


Figure 6.5 Submerged and partly submerged slopes. Bishop's technique for dealing with these is poorly understood, and often misapplied. See the text for details.

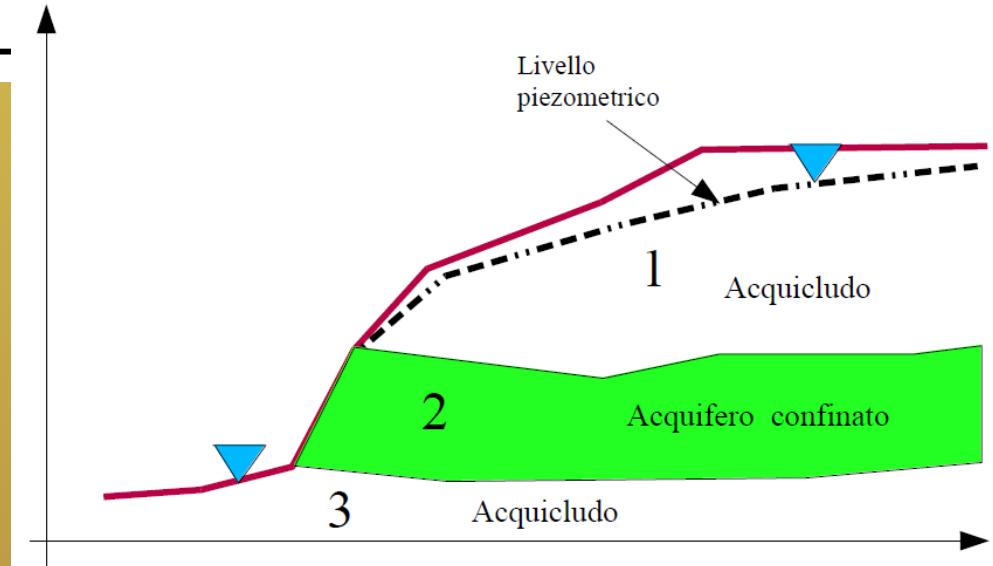
Da Broomhead
(1998)

Complessità geo-idrologica e idraulica



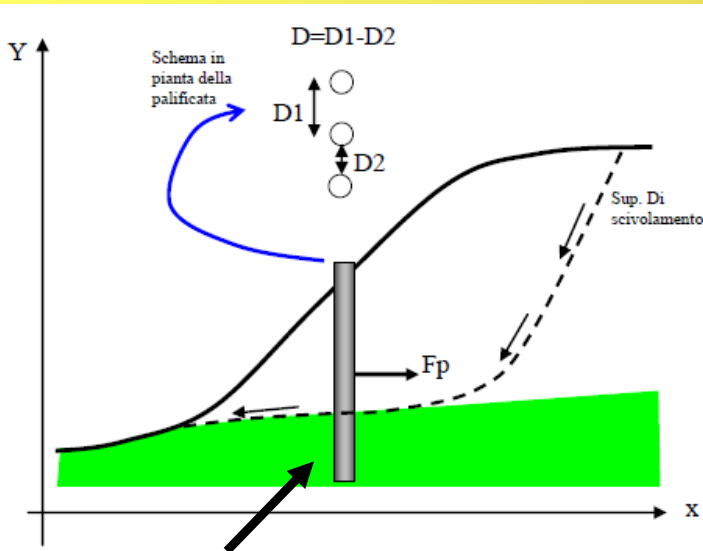
Zone superficiali temporaneamente saturate

Acquifero confinato

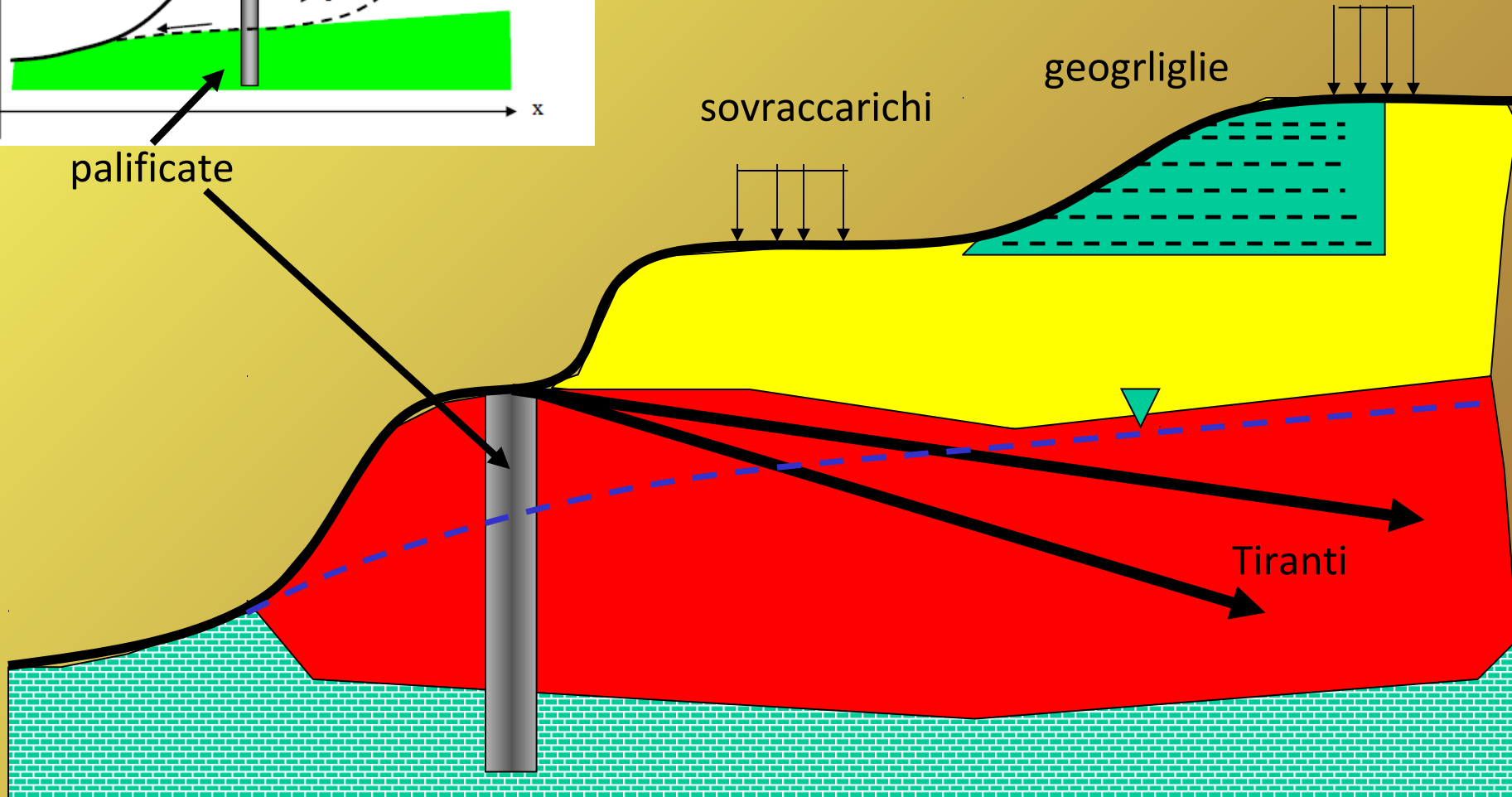


Complessità strutturale

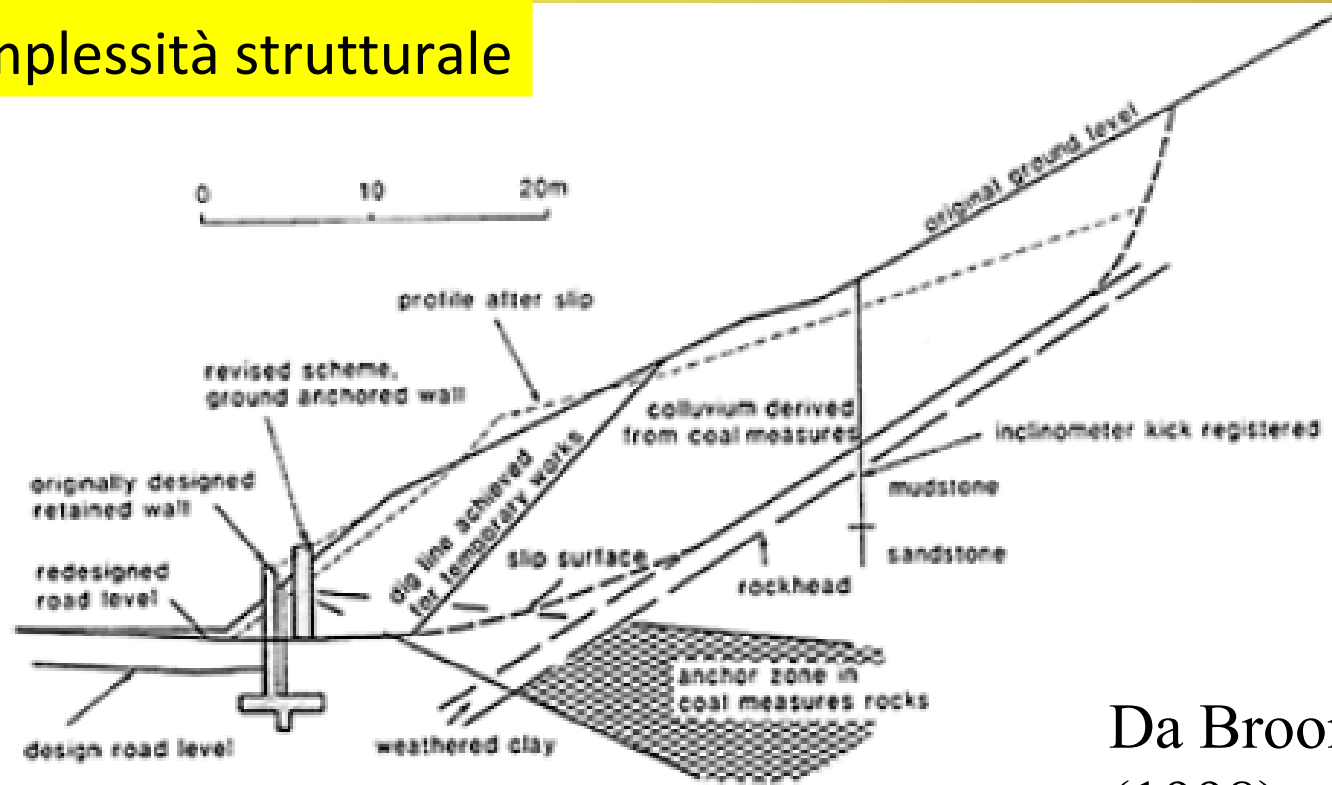
La presenza di strutture di sostegno influenza pesantemente la complessità del pendio... e i metodi di verifica



palificate



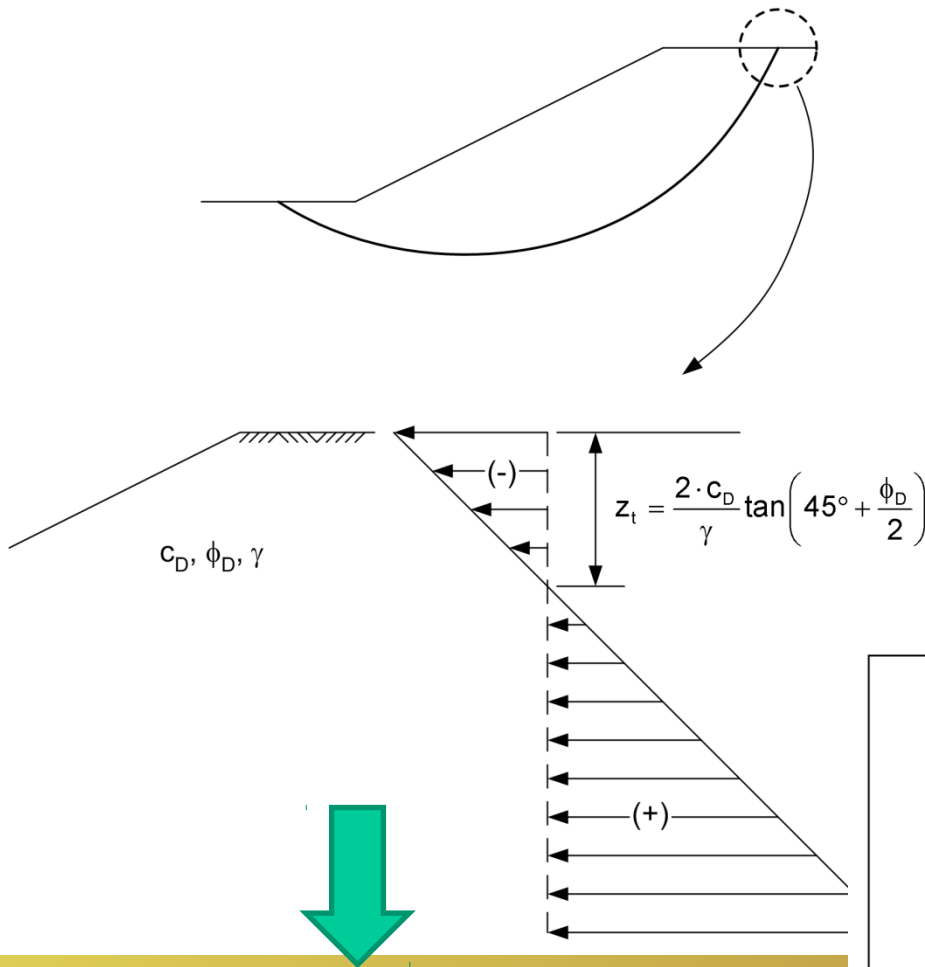
Complessità strutturale



Da Broomhead
(1998)

Figure 8.13 Ground anchored stabilization scheme on the Risca-Rogerstone bypass, South Wales. An early design demonstrating principle is shown. In the final design, anchors higher up the slope were used to counter potential overriding slips.

Condizioni particolari:
es.: Sisma.. inducono
ulteriore complessità nel
sistema da analizzare.
È quindi necessario analizzare
un largo ventaglio di scenari
possibili.



**Un esempio semplice è il caso
Di possibile sviluppo di fratture
di trazione in testa al pendio**

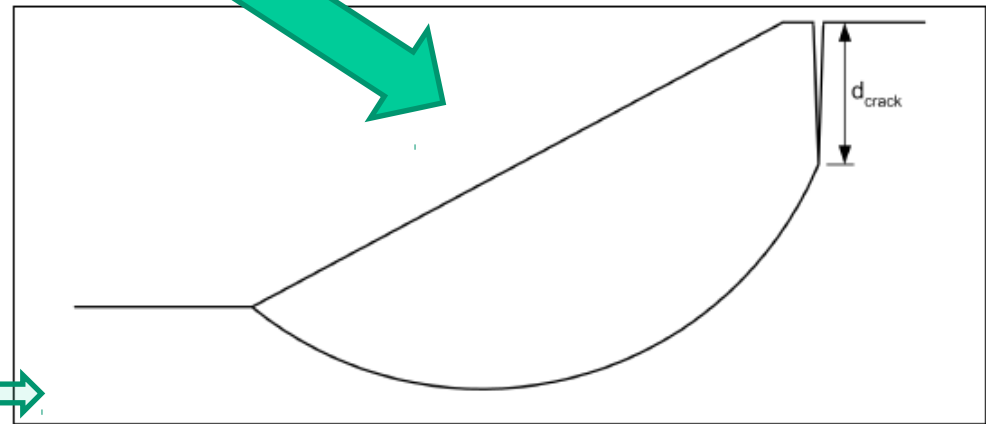


Figure C-22. Vertical crack introduced to eliminate tension near the crest of a slope

Data : 26/12/2012
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	MN/m3	MPa	..	..	..
1	28.00	40.00	0	17.00	18.00	0	0	0	0
2	0	0	0	22.00	23.00	15.00	20.00	9.00	0.70
3	0	0	0	23.00	24.00	30.00	40.00	9.00	0.70

S_n -> Sovraccarico
 Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)
 Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

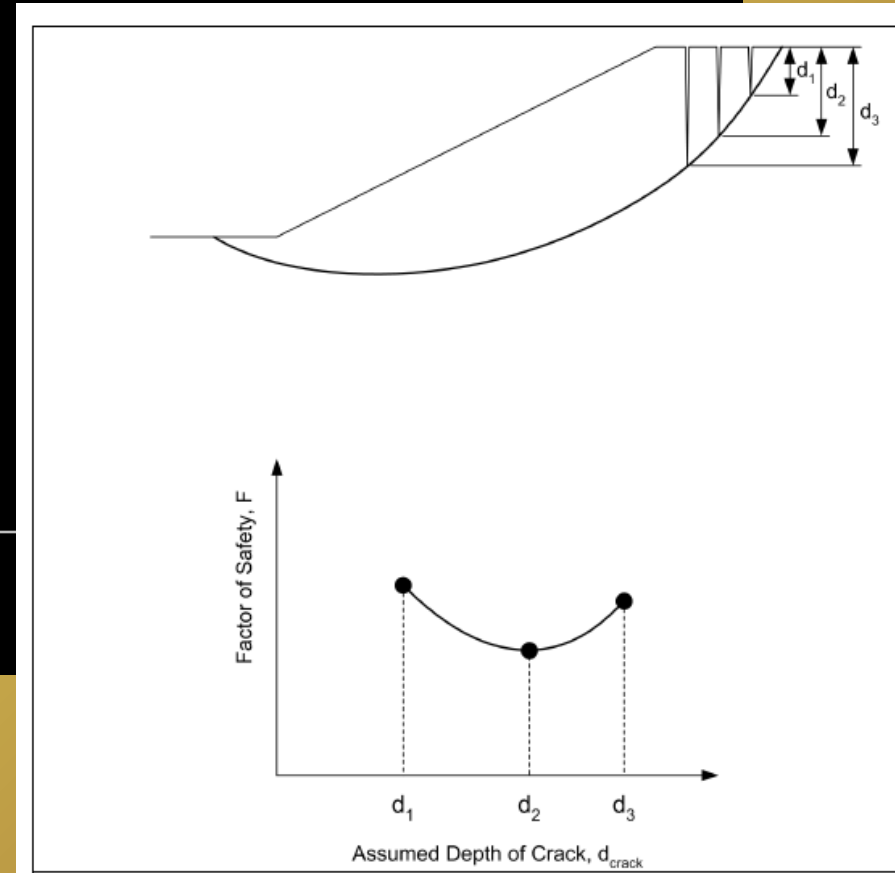
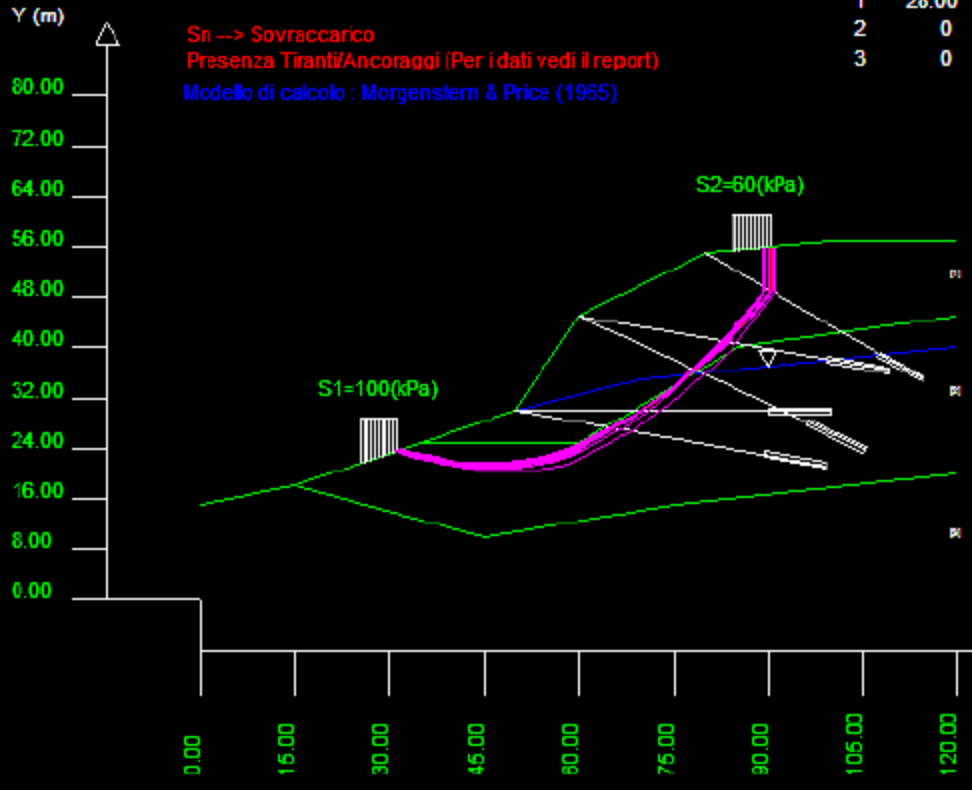


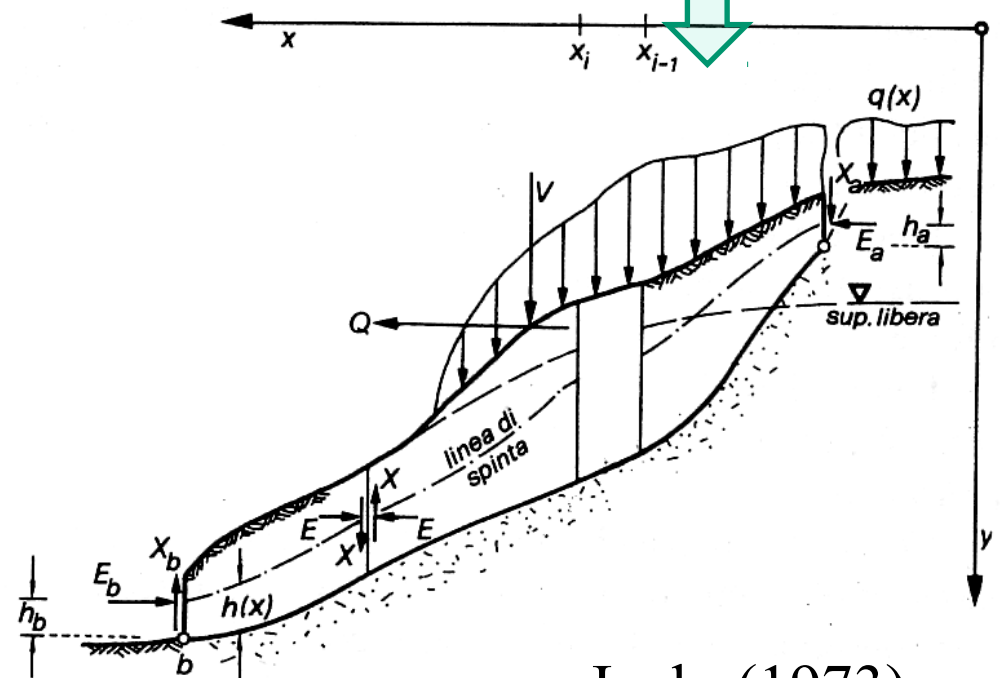
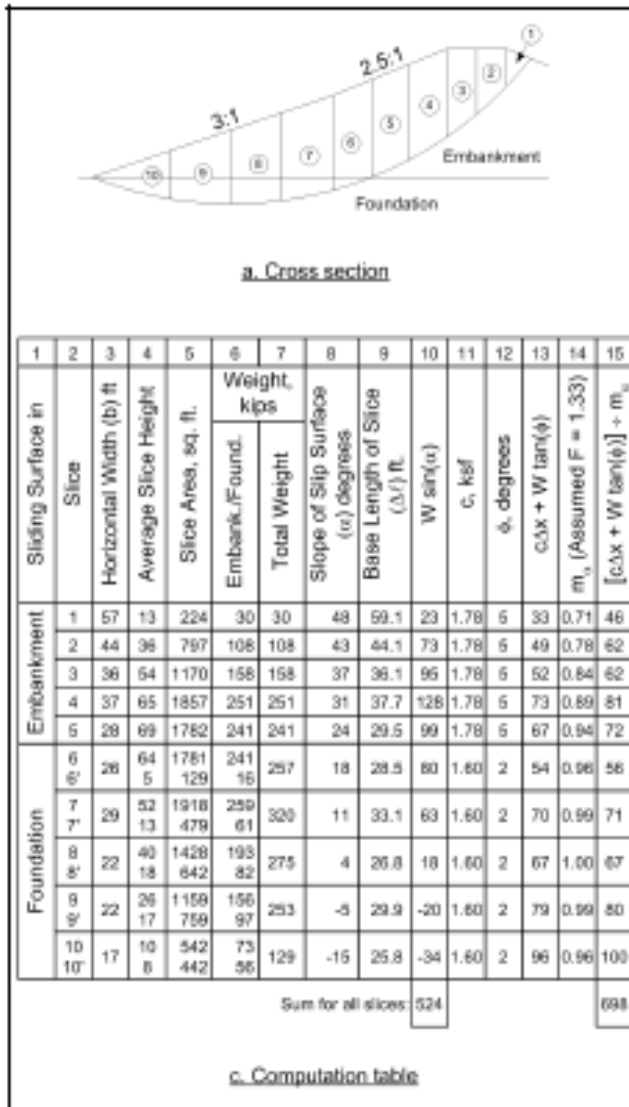
Figure 2-5. Variation in the factor of safety with the assumed depth of vertical crack

esempio Tension cracks in SSAP

Complessità modelli di calcolo

Metodo Bishop semplificato che è ancora possibile calcolare con un semplice foglio di calcolo

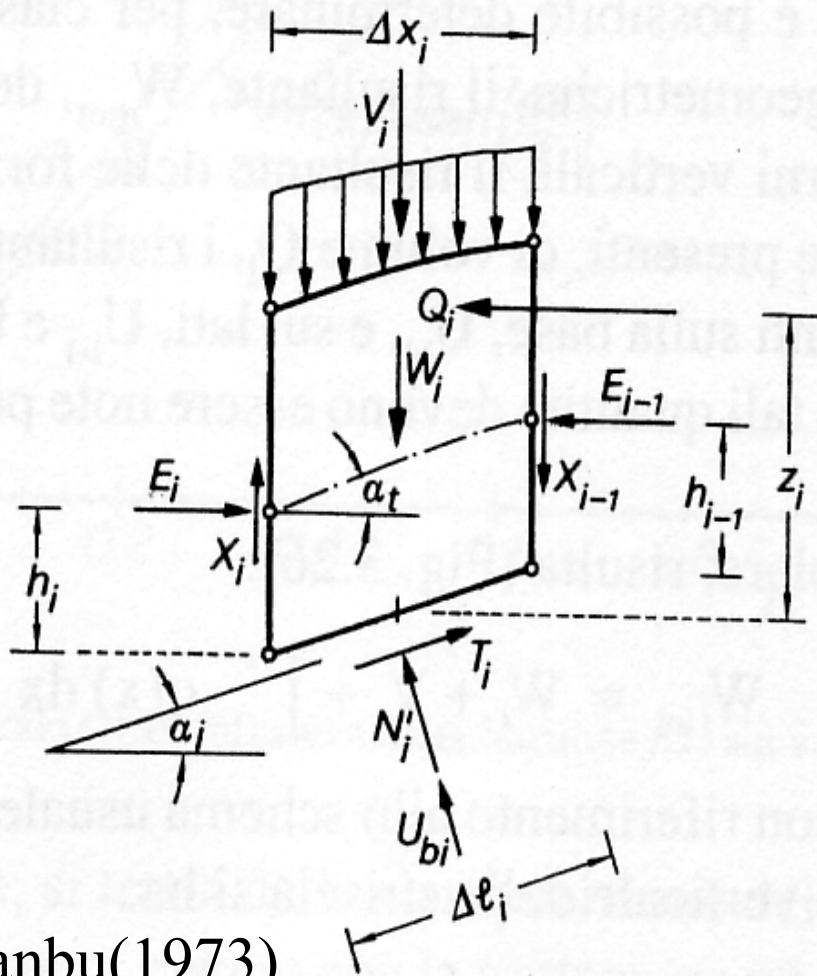
Metodo Janbu rigoroso Molto più complesso e difficilmente calcolabile senza metodi automatici



Janbu(1973)

Figure F-11. End-of-construction example - Simplified Bishop Method

Complessità modelli di calcolo



Janbu(1973)

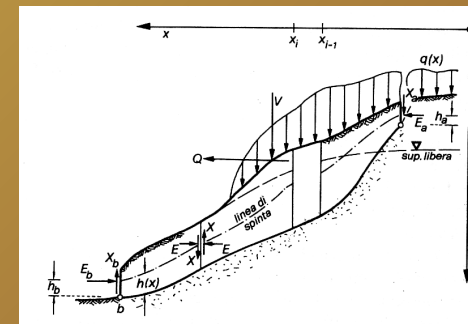
La maggior parte
dei metodi di calcolo rigorosi
Si differenziano
Per le assunzioni fatte
Per rendere il problema
staticamente determinato
Es: $T(x) = \lambda f(x) E(x)$

$h_i(x)$ = posizione linea di spinta

λ = costante (variabile tra 0 e 1.25)

$f(x)$ = funzione interconco variabile tra 0 e 1

$E(x)$ = forza interazione
orizz. (normale) Conci



Complessità modelli di calcolo

Table 2.5 Assumptions used in various methods of analysis (× means not satisfied and √ means satisfied)

Method	Assumptions	Force equilibrium		Moment equilibrium
		X	Y	
1 Swedish	$P = V = 0$	×	×	√
2 Bishop simplified	$V = 0$ or $\Phi = 0$	×	√	√
3 Janbu simplified	$V = 0$ or $\Phi = 0$	√	√	×
4 Lowe and Karafiath	$\Phi = (\alpha + \beta)/2$	√	√	×
5 Corps of Engineers	$\Phi = \beta$ or $\Phi_{i-1,i} = \frac{\alpha_{i-1} + \alpha_i}{2}$	√	√	×
6 Load transfer	$\Phi = \alpha$	√	√	×
7 Wedge	$\Phi = \phi$	√	√	×
8 Spencer	$\Phi = \text{constant}$	√	√	√
9 Morgenstern–Price and GLE	$\Phi = \lambda f(x)$	√	√	√
10 Janbu rigorous	Line of thrust (Xp)	√	√	√
11 Leshchinsky	Magnitude and distribution of N	√	√	√

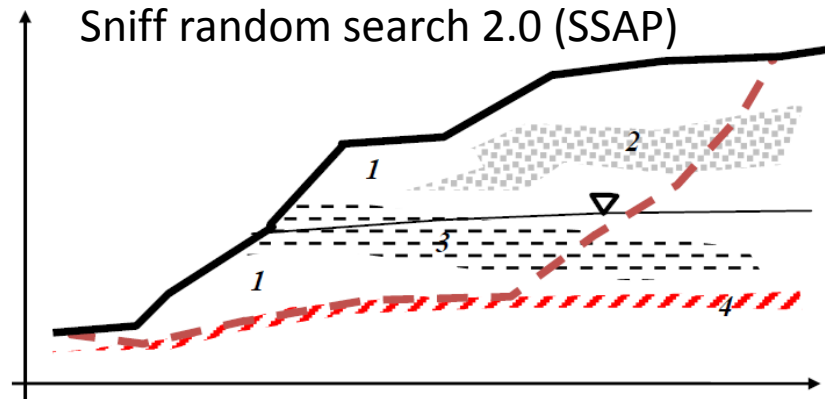
Dove opera SSAP

Table 3.8 Results for example 2 (Spencer method)

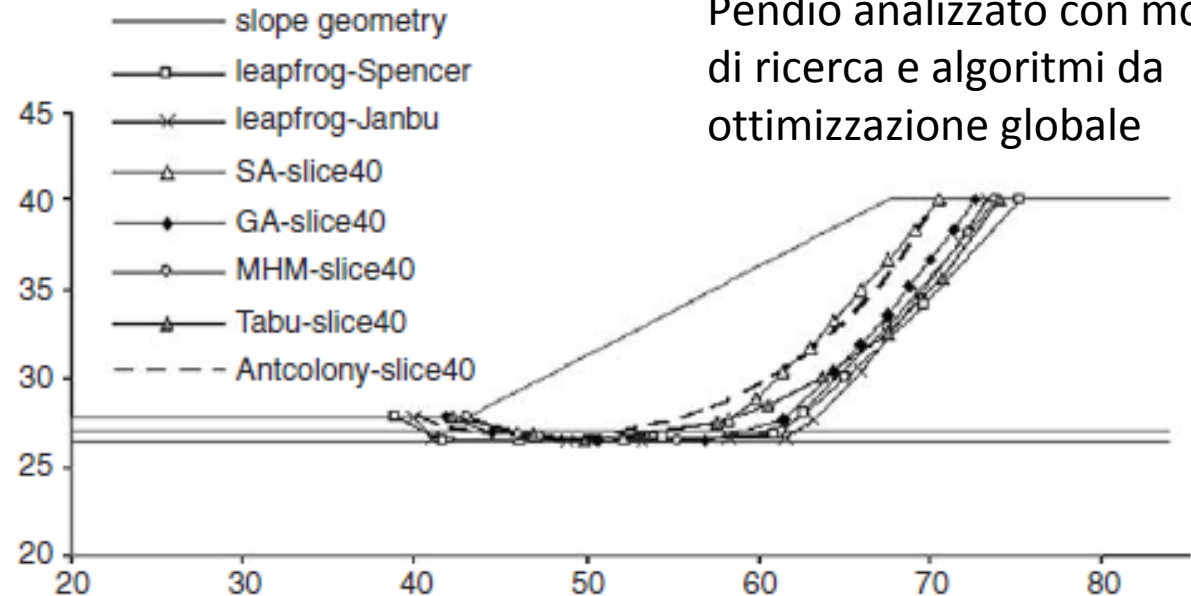
Optimization methods		Minimum factors of safety	NOFs	
			Total	Critical
Leap-frog (Bolton <i>et al.</i> , 2003)		1.305	Unknown	
SA	20 slices	1.2411	51,770	51,74
	30 slices	1.2689	77,096	75,31
	40 slices	1.3238	190,664	190,64
GA	20 slices	1.2819	28,808	28,80
	30 slices	1.2749	39,088	39,08
	40 slices	1.2855	115,266	115,20
PSO	20 slices	1.2659	42,000	33,01
	30 slices	1.2662	64,800	55,81
	40 slices	1.2600	94,400	94,40
SHM	20 slices	1.3414	29,942	29,76
	30 slices	1.2784	118,505	97,05
	40 slices	1.2521	123,581	106,21
MHM	20 slices	1.2813	34,668	34,64
	30 slices	1.2720	26,891	26,89
	40 slices	1.2670	38,827	38,817
Tabu	20 slices	1.5381		
	30 slices	1.5354		
	40 slices	1.5341		
Ant-colony	20 slices	1.4897		
	30 slices	1.5665		
	40 slices	1.5815		



Complessità algoritmi.



Pendio analizzato con motori di ricerca e algoritmi da ottimizzazione globale



Date le condizioni precedentemente descritte, gli algoritmi necessari sono ovviamente complessi

Complessità algoritmi.

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	20.00	28.73	0	18.84	18.84	0	0	0	0
2	10.00	0	0	18.84	18.84	0	0	0	0
3	20.00	28.73	0	18.84	18.84	0	0	0	0

SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Data : 10/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

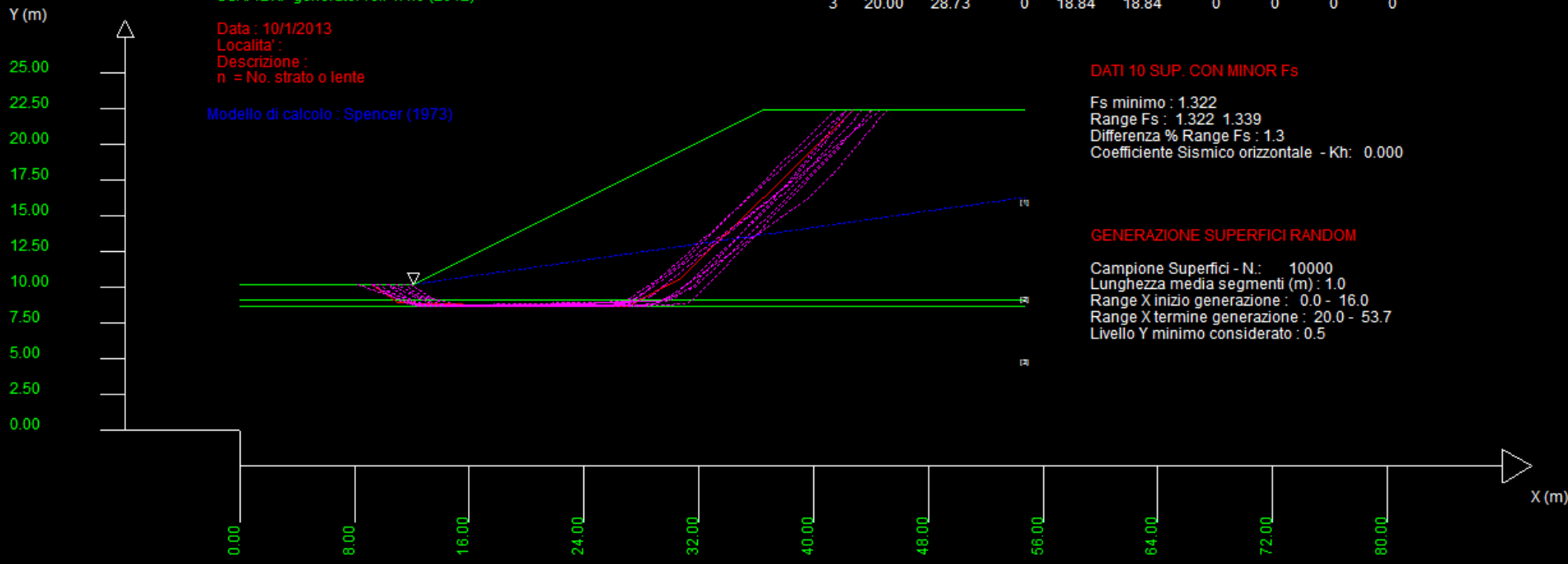
Modello di calcolo : Spencer (1973)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

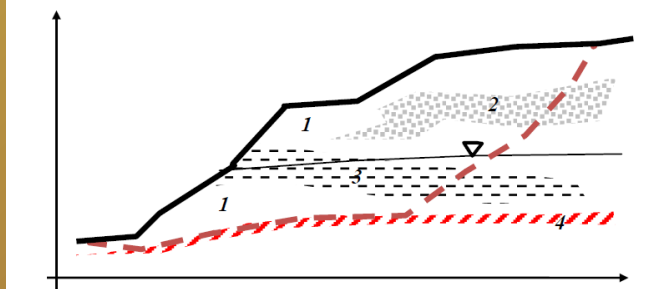
Fs minimo : 1.322
 Range Fs : 1.322 - 1.339
 Differenza % Range Fs : 1.3
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 1.0
 Range X inizio generazione : 0.0 - 16.0
 Range X termine generazione : 20.0 - 53.7
 Livello Y minimo considerato : 0.5



Risultato di applicazione algoritmo SNIFF RANDOM SEARCH2.0 che consente di effettuare verifiche nelle condizioni più gravose che sfuggono ai metodi di ricerca usuali. Ad esempio il tracciamento di esili discontinuità con bassa resistenza al taglio.



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Complessità algoritmi.

Risultato
SNIFF search
2.0
Implementato
in SSAP

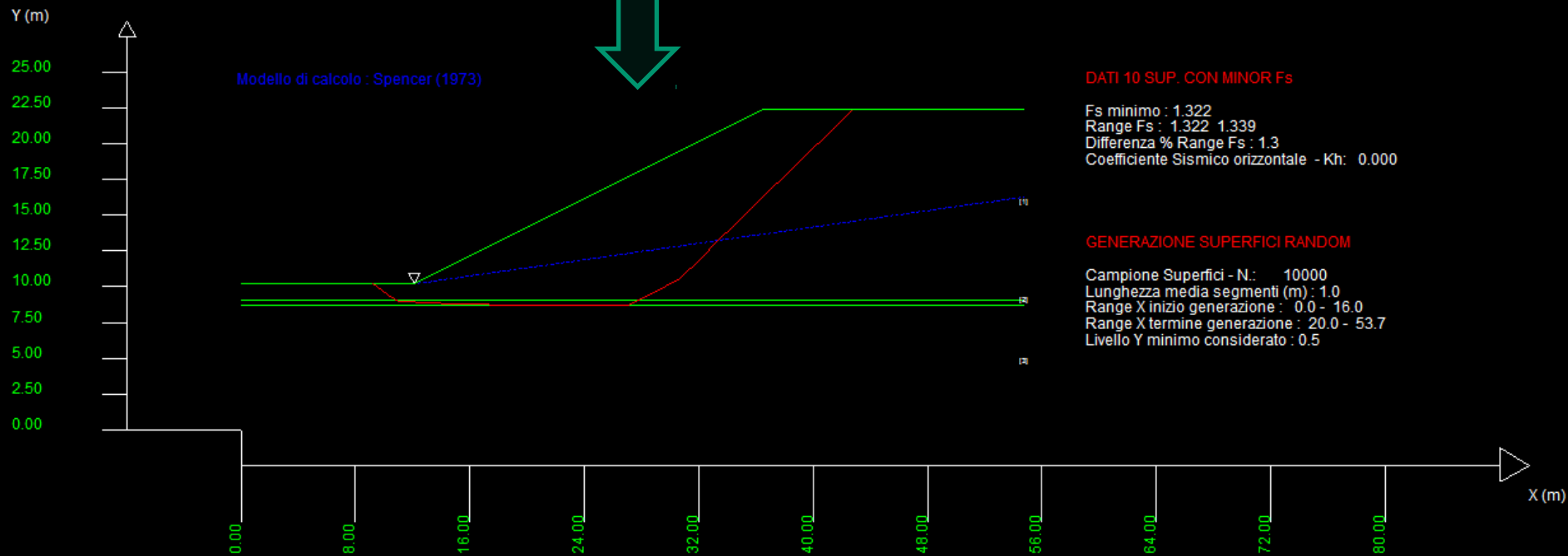
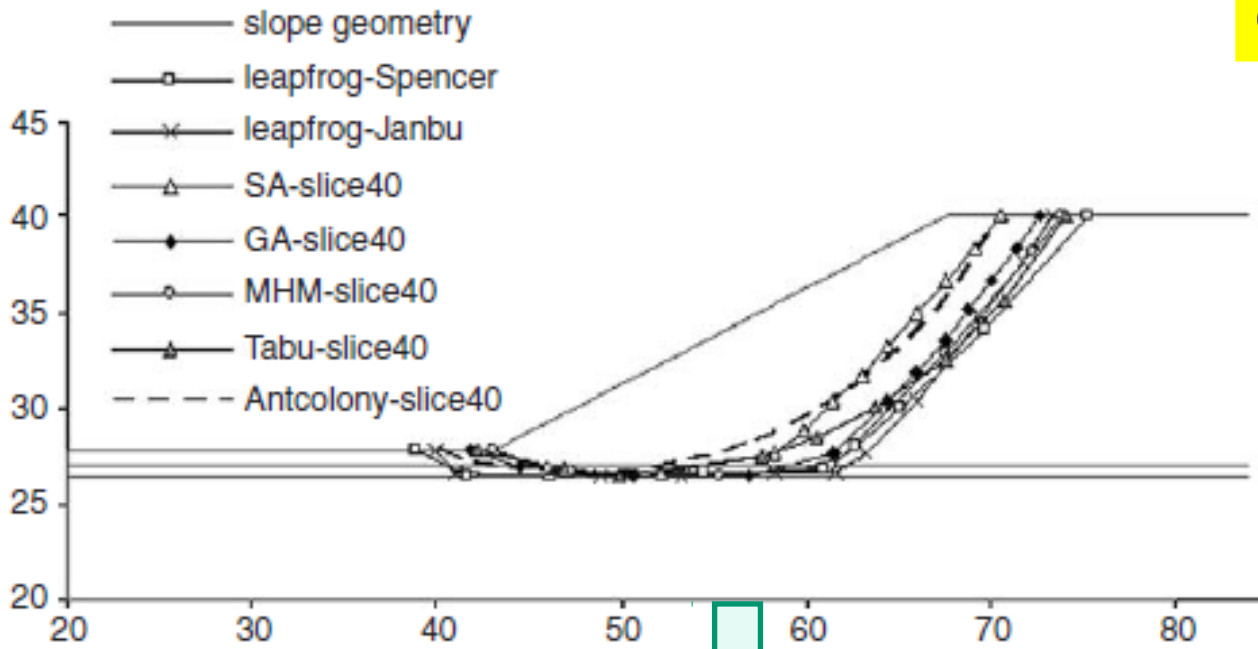


Table 2. Comparison of Factors of Safety for Example 2 by Various Methods

Method of analysis	No water table	Pore pressure by $r_u (=0.250)$	Pore pressure by water table
Bishop's simplified method ^a	1.38	1.12	1.25
Spencer's method ^a	1.37	1.12	1.25
Morgenstern and Price's method with $f(x) = \text{constant}$ ^a	1.39	1.12	1.25
Variational stability analysis ^b	1.33	1.08	1.19
Spencer's method using random search method ^c	1.34	N/A	1.21
Lower-bound analysis ^d	1.25	1.07	1.10
Upper-bound analysis ^d	1.37	1.16	1.23

^aFredlund and Krahn (1977).

^bLeshchinsky and Huang (1993).

^cPCSTABL6.

^dThis study.

Da Kim et al. (2002)

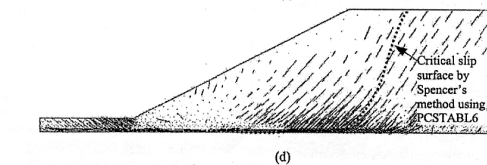
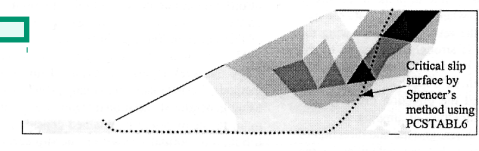
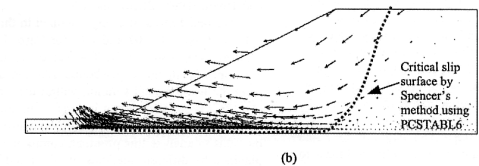
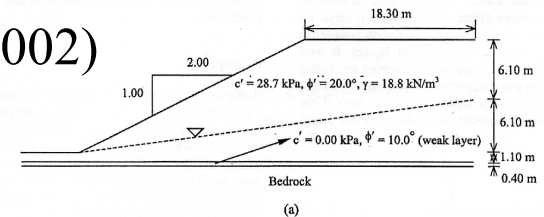
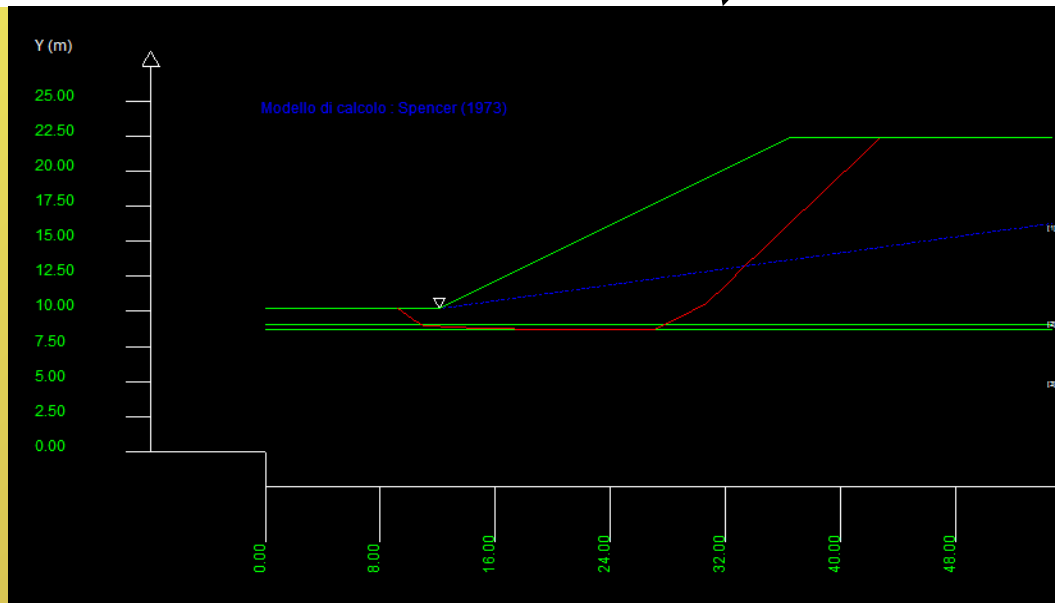
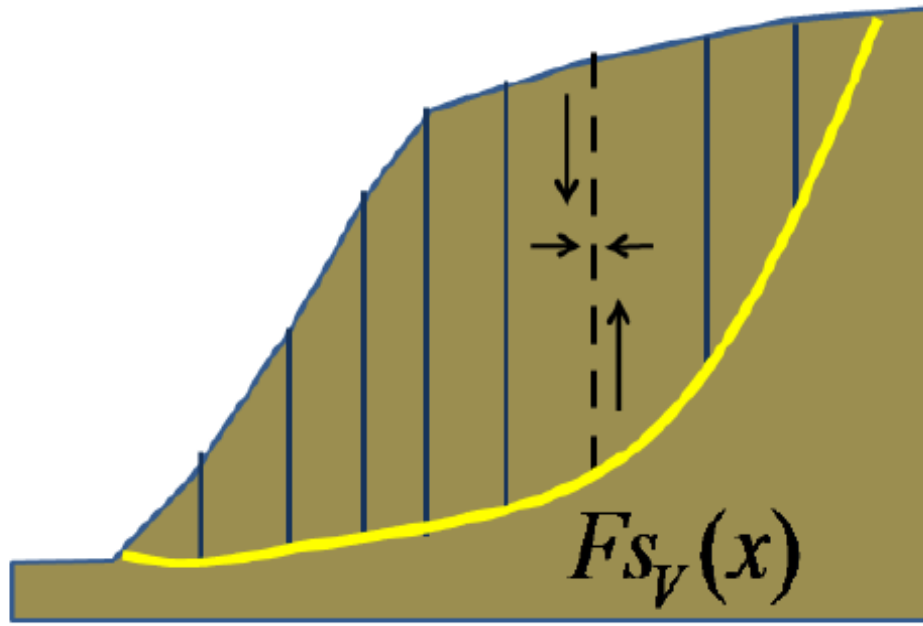


Fig. 7. Slope analyzed in example 2 [with pore-water pressure defined by water table; dotted line in (a)]: (a) slope geometry and soil profile (after Fredlund and Krahn 1977); (b) velocity field from upper-bound analysis; (c) plastic zone from upper-bound analysis; and (d) principal stress zone from lower-bound analysis.





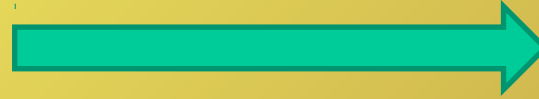
Filtri di post verifica:
Quando un risultato potrebbe essere non accettabile

Perché sia staticamente e cinematicamente accettabile il valore di FS calcolato, secondo diversi studi (Sarma ,1973;Sarma e Tan. 2006) è **necessario** che all'interno della massa potenzialmente scivolante sia **sempre verificato**:



$$Fs_v(x) = \frac{\bar{c}' H(x) + [E(x) - U_v(x)] \tan \bar{\phi}'}{T(x)} > 1.0$$

Mentre altri autori (es. Zhu , 2003) sostengono che comunque **che deve essere sempre:**

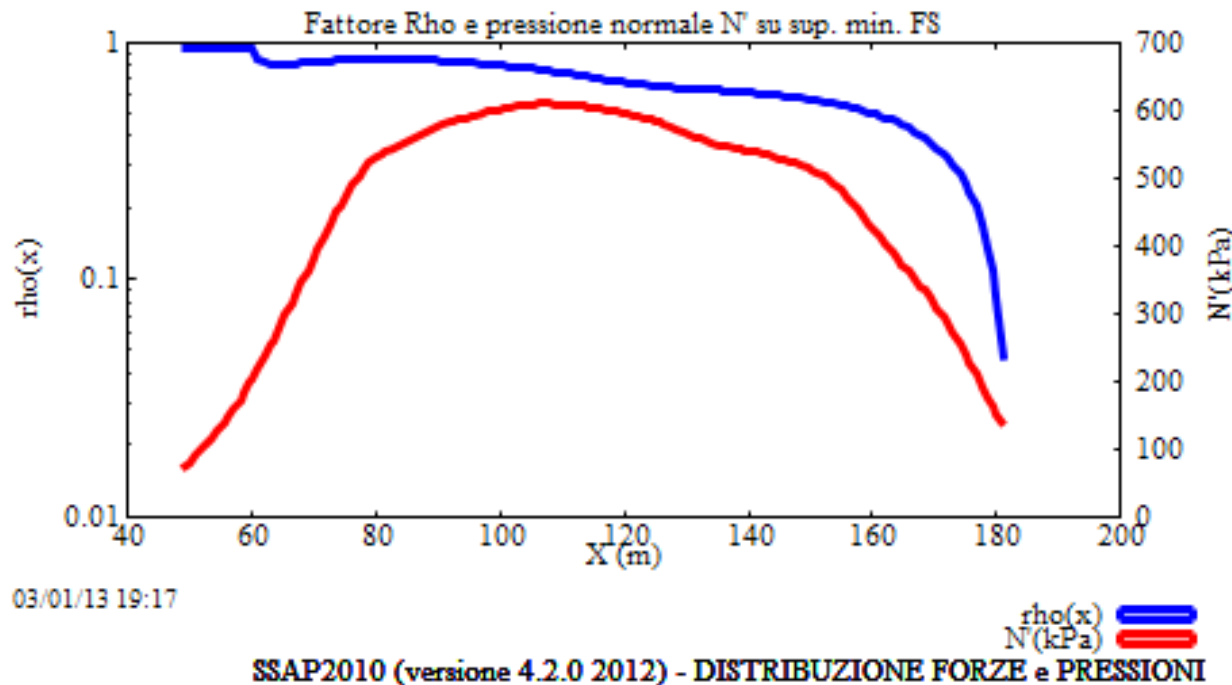


$$Rho(x) = \left| \frac{F_s}{F_{s_v}(x)} \right| < 1.0$$

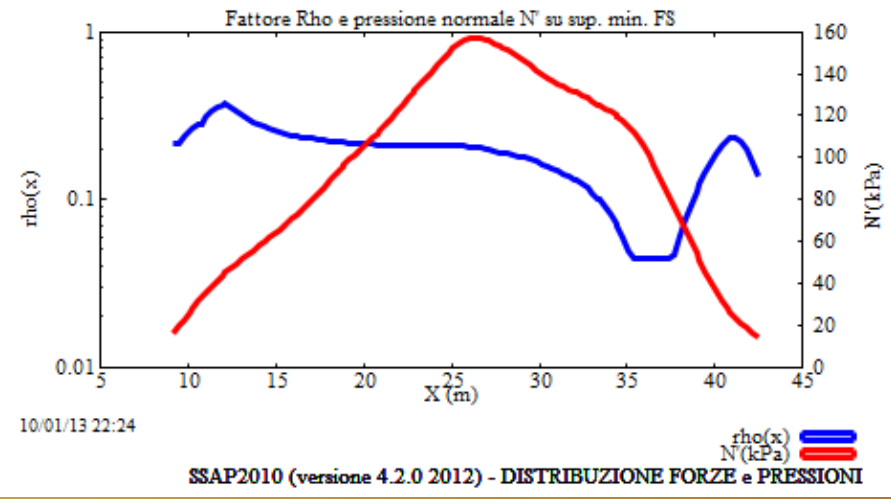
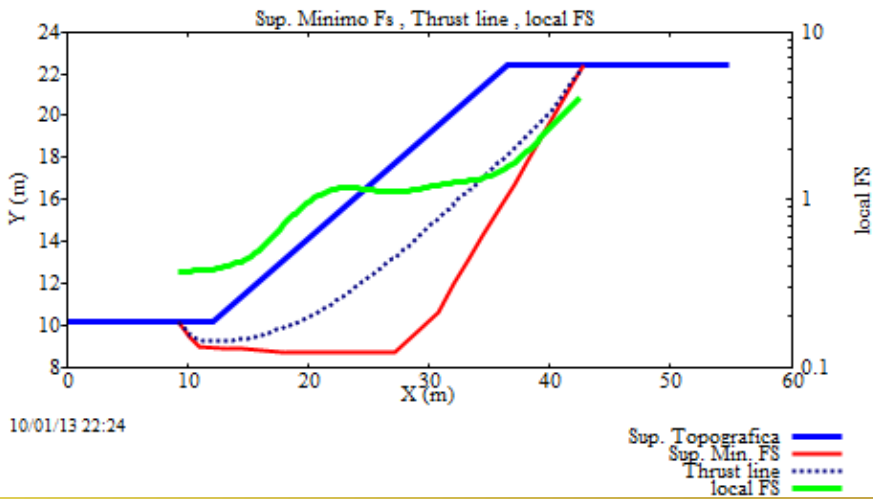
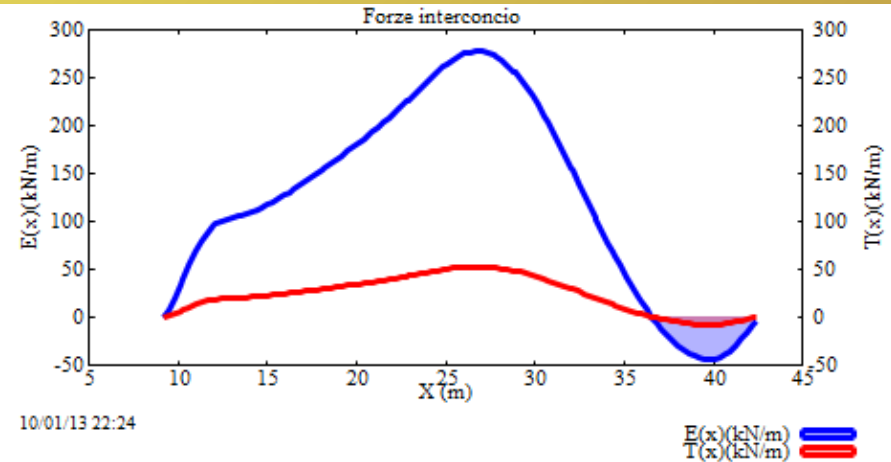
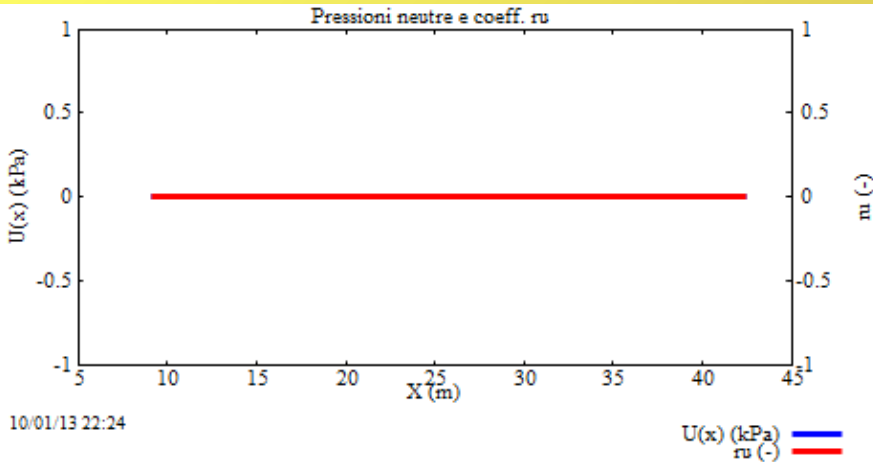


Ovvero:

$$|F_s| < |F_{s_v}(x)|$$



Questo è il criterio in uso in SSAP2010 al momento.. Che può essere usato per filtrare superfici non compatibili



analisi della distribuzione interna di forze, pressioni e paramtro di filtro post verifica in SSAP: esempio di Kim et al. 2002

Fs del pendio - ovvero quello associato alla superficie con Fs minimo in assoluto :

Dopo un test su un numero di superfici significativo o aver esplorato adeguatamente un campo vasto di possibili superfici, l'Fs del pendio è quello della superficie con minor Fs tra quelle calcolate.

Abbiamo bisogno di Strategia di ricerca per trovare la superficie con Fattore di sicurezza MINIMO

Motori di ricerca e generazione delle superfici:

- Griglia a passo fisso (per sup. Circolari)
- Minimizzazione multidimensionale della funzione

Che definisce $F_s \rightarrow \text{MIN} [F_s]$

dove :

$F_s = f(x_1, y_1, \dots, x_i, y_i, \dots, x_n, y_n)$ (per sup. Generiche)

- Random (*monte carlo*) (circolari e generiche)
- Misti

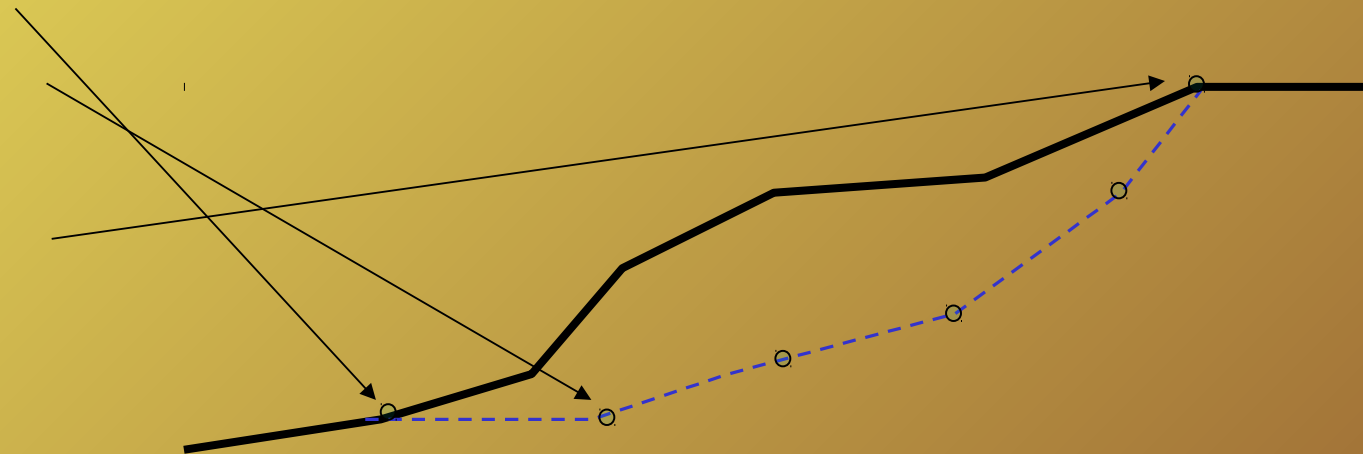
Superfici generiche - metodi di minimizzazione F_s

Obiettivo:

Determinare il vettore che definisce le coordinate dei nodi che definiscono la superficie alla quale compete il minor F_s possibile.

Uso di un algoritmo che fa variare automaticamente i nodi E calcola l' F_s per ogni superficie

N	X	Y
1	22.1	34
2	32.0	37.5
...
n	56.2	50.3



Complessità strategie di verifica

Superfici generiche - metodi di minimizzazione Fs

Problemi:

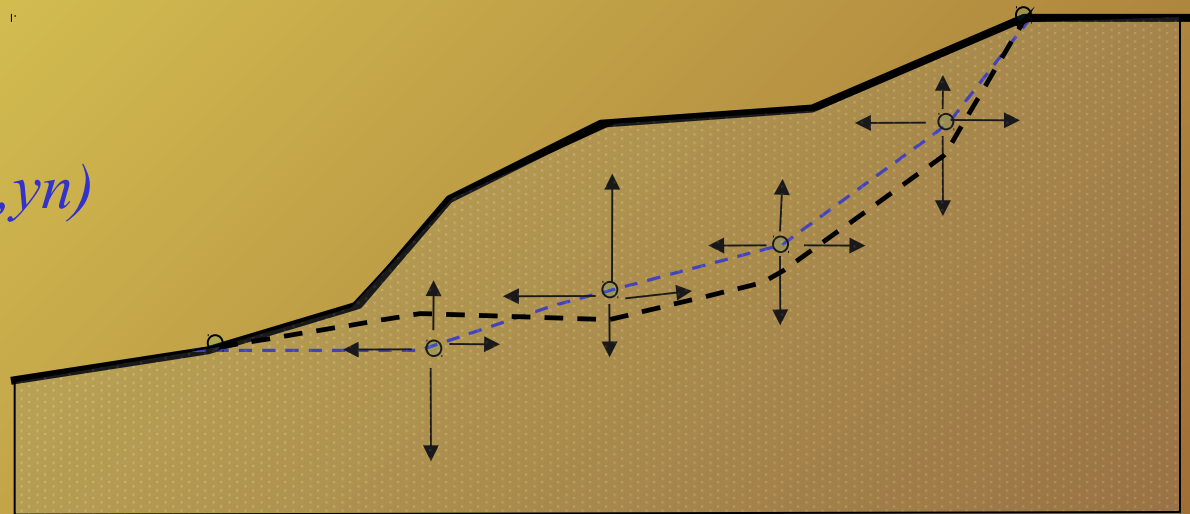
- Esistono infinite varianti o possibili superfici
- Deve essere prefissato in numero n di nodi
- Spesso devono essere fissate le coordinate del primo e dell'ultimo nodo
- Lo spazio di ricerca deve essere predefinito
- Numerose constraints durante la ricerca
- Complessità algoritmo di minimizzazione
- Problemi numerici e minimi locali

MIN [Fs]

dove :

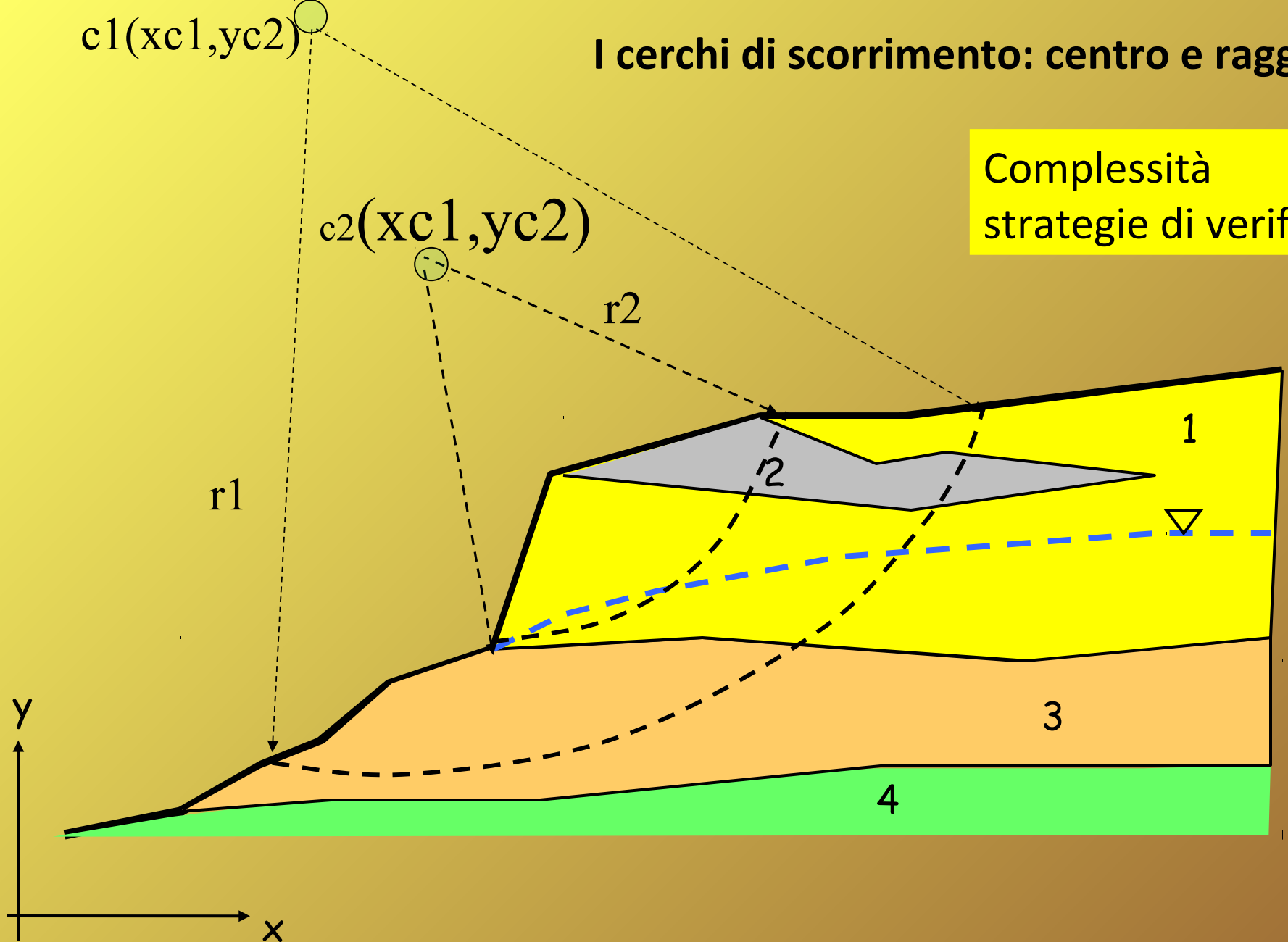
$$Fs = f(x_1, y_1, \dots, x_i, y_i, \dots, x_n, y_n)$$

Complessità
strategie di verifica

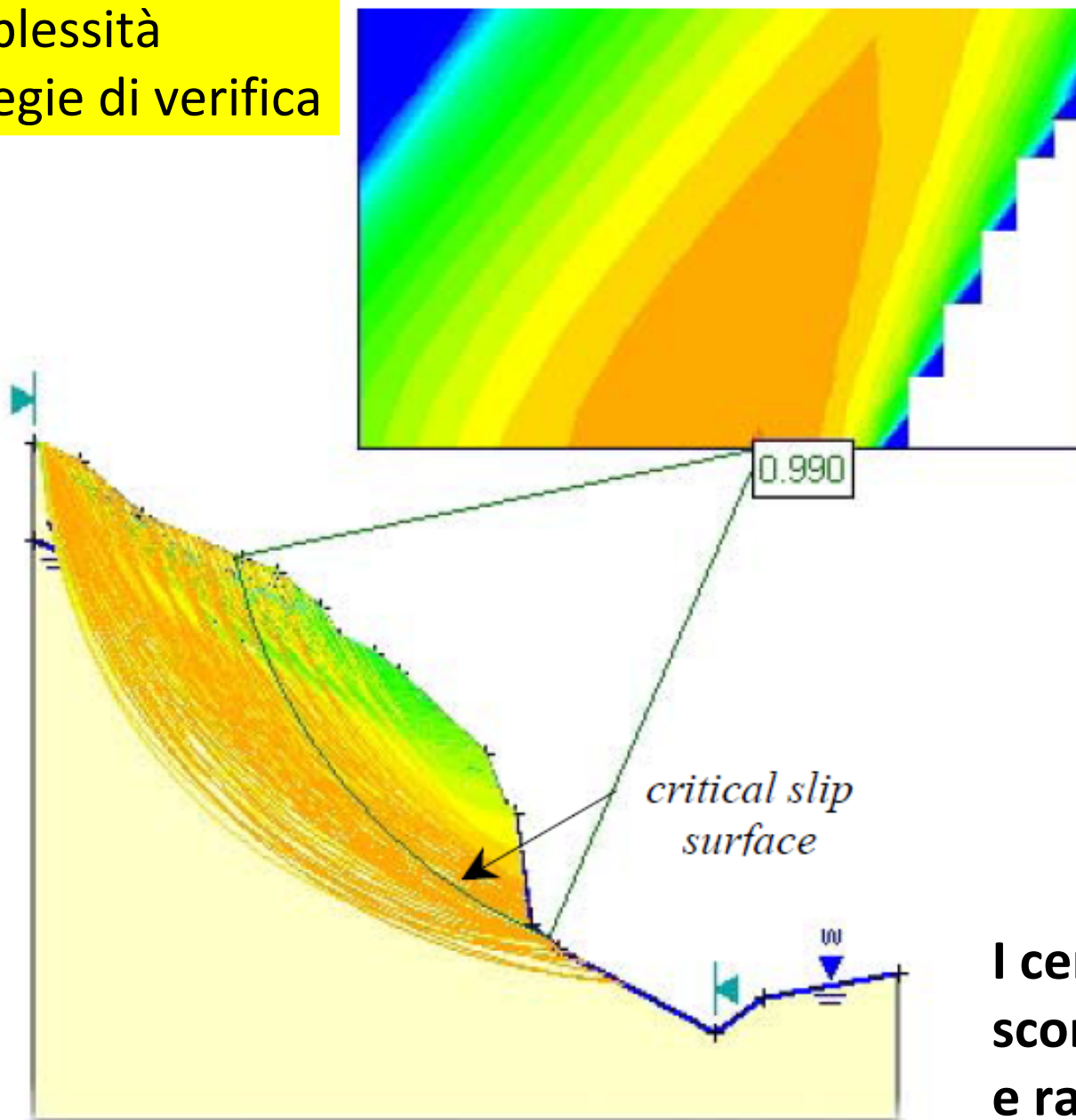


I cerchi di scorrimento: centro e raggio

Complessità
strategie di verifica



Complessità strategie di verifica



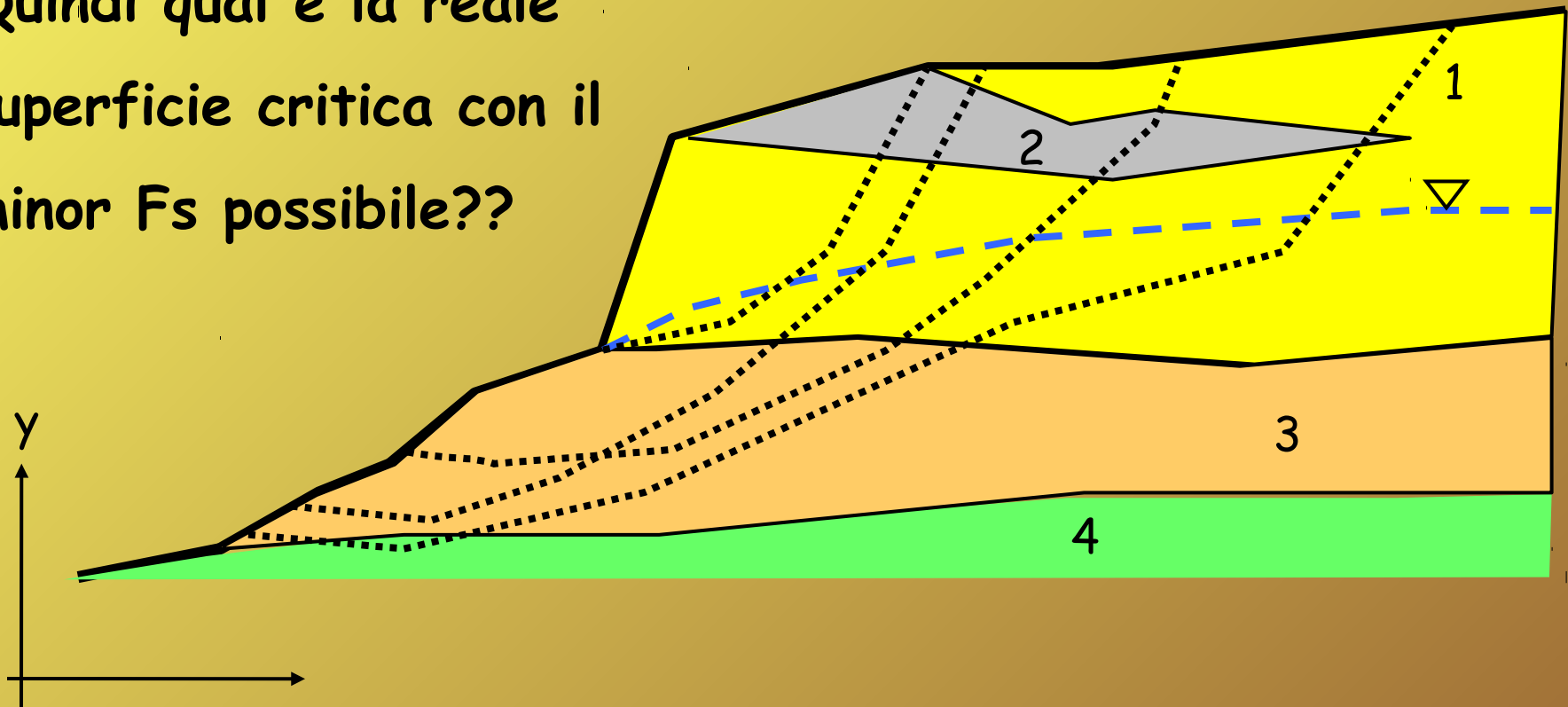
**I cerchi di
scorrimento: centro
e raggio**

Superfici di forma generica..

ovvero quanto si osserva nella realtà !

Infinite superfici e quasi infinite forme possibili..

Quindi qual è la reale
superficie critica con il
minor F_s possibile??

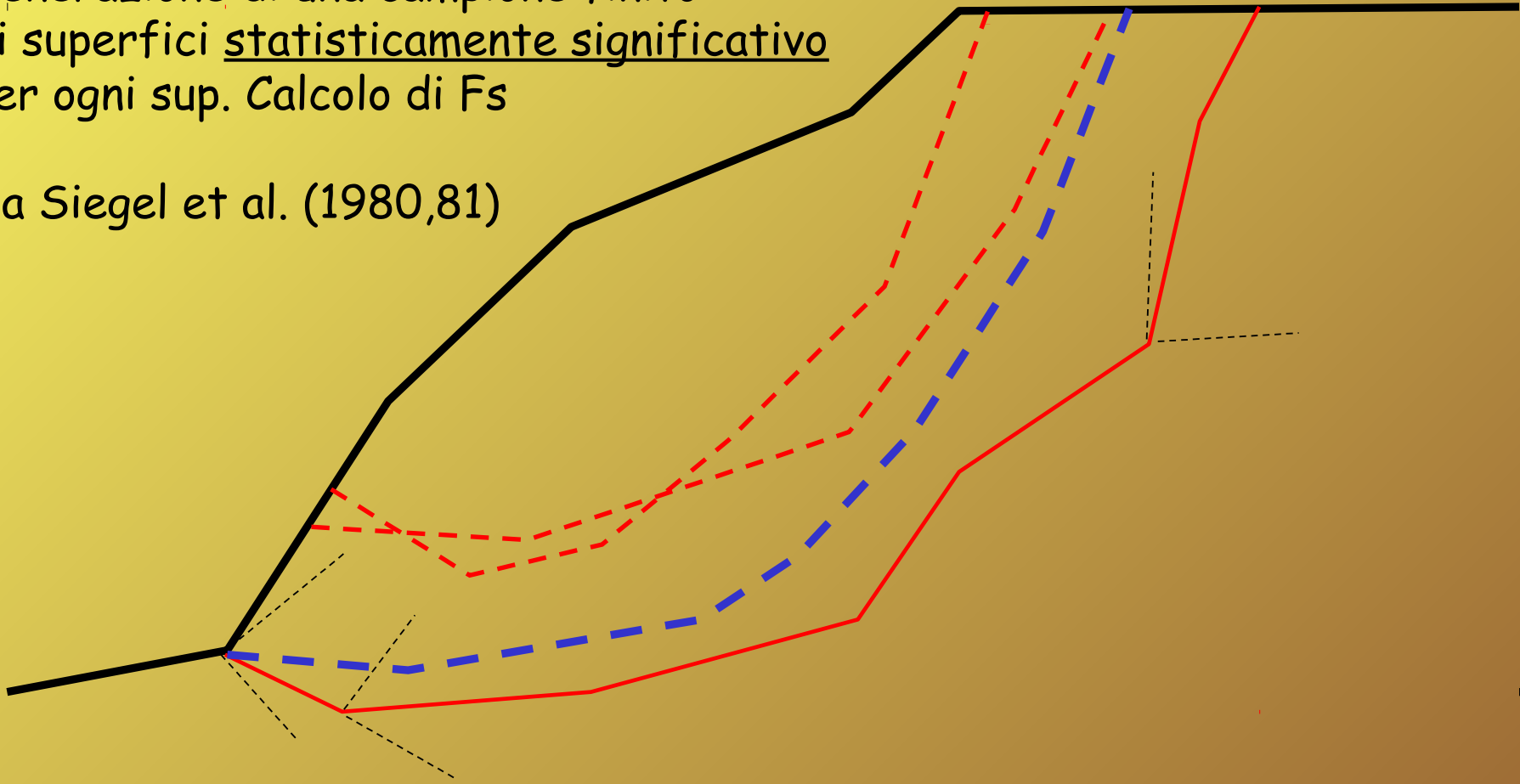


Superfici generiche - Generazione random *montecarlo* Sfrutta la possibilità da parte del computer di generare Sequenze di numeri pseudocasuali (random)

Generazione di una campione finito
di superfici statisticamente significativo

Per ogni sup. Calcolo di F_s

Da Siegel et al. (1980,81)

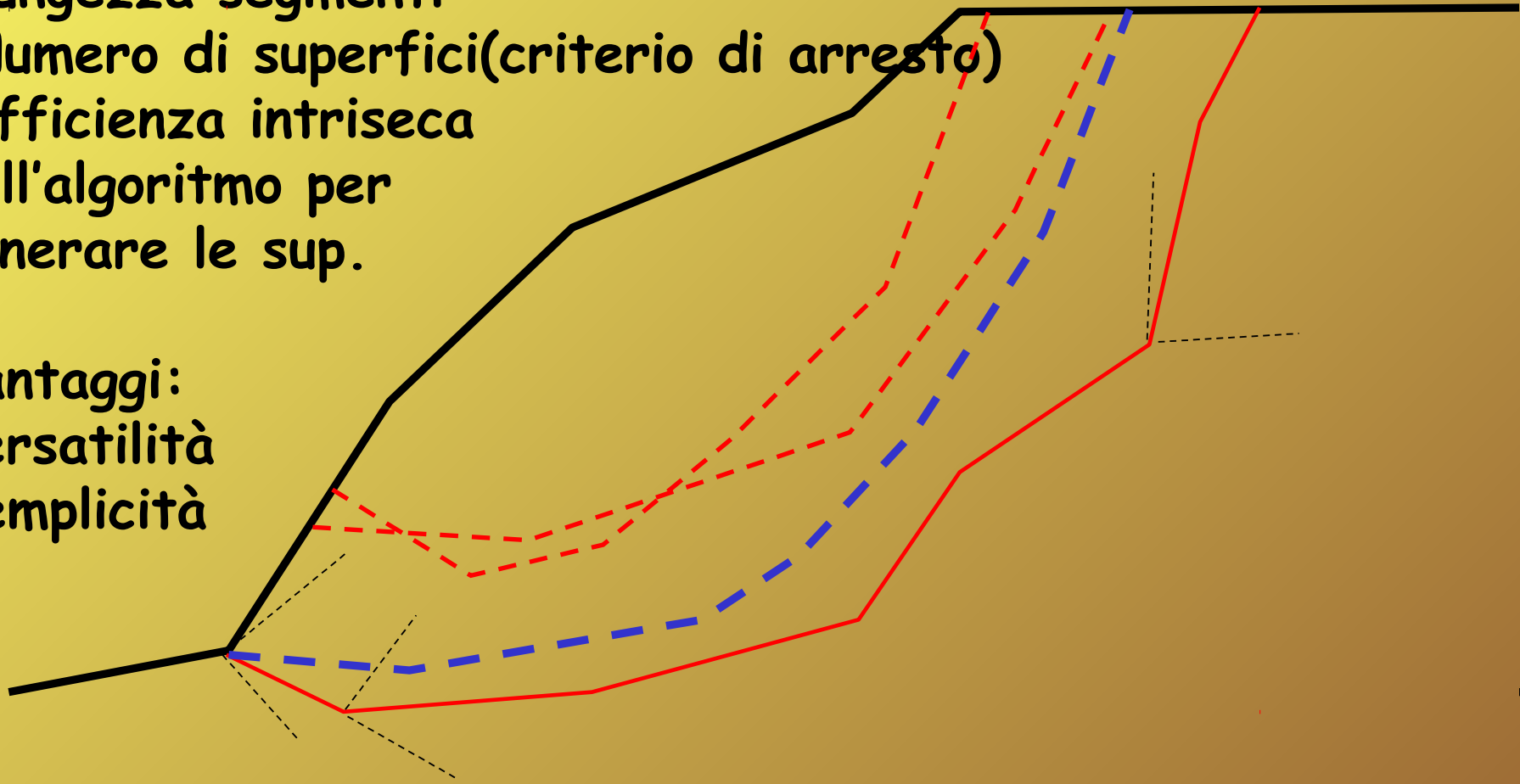


Superfici generiche - Generazione random *montecarlo*

Problemi:

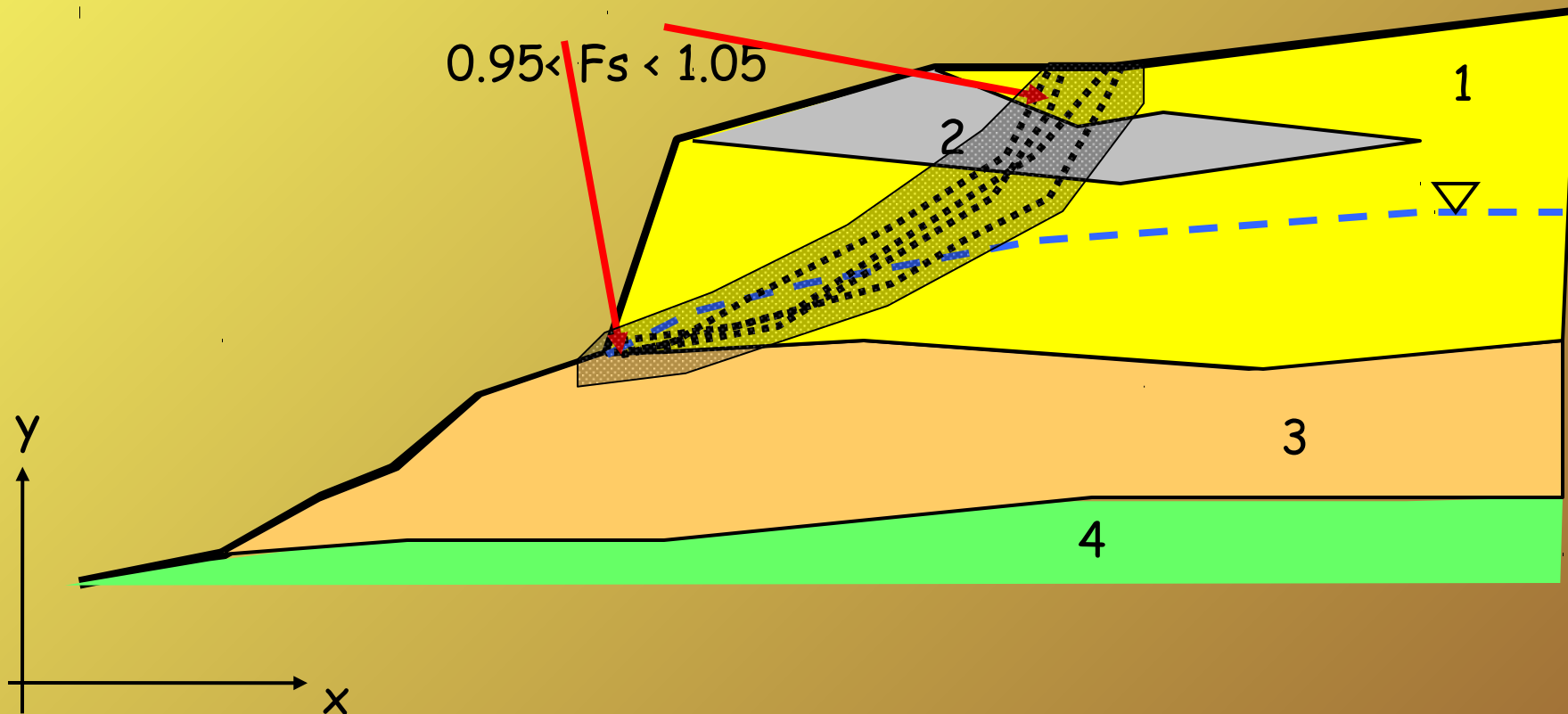
- Definizione spazio di ricerca
- Lunghezza segmenti
- Numero di superfici (criterio di arresto)
- Efficienza intrinseca dell'algoritmo per generare le sup.

Vantaggi: Versatilità Semplicità



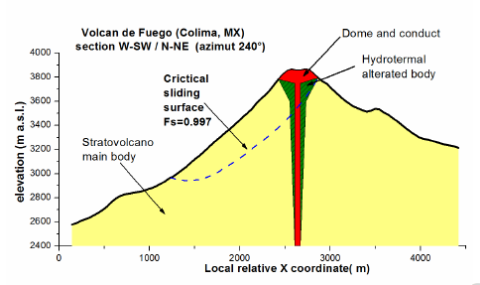
Complessità strategie di verifica

Dopo la generazione di un campione significativo di superfici
Quelle per le quali abbiamo i minori F_s identificano
Una, o più zone critiche entro il pendio



Alcune Considerazioni generali

- La complessità è nella esperienza quotidiana
- La complessità è gestibile
- La complessità non può essere affrontata con procedure e strumenti totalmente automatizzati.
- Alcuni strumenti (anche se imperfetti) possono aiutarci a gestire la complessità (es. il SSAP)
- Il ragionamento logico e scientifico determinano il modo appropriato di gestire la complessità



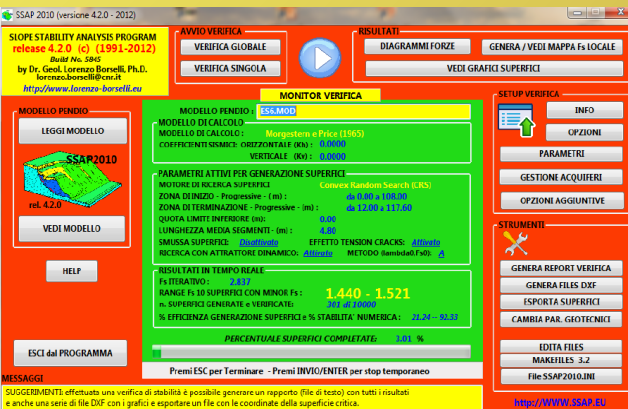
Parte II

Introduzione a SSAP 2010 e descrizione delle sue funzionalità

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D

Universidad Autonoma de San Luis Potosi -UASLP

Instituto de Geología
 Facultad de Ingeniería.
 San Luis Potosi, MEXICO



E_mail:

lborselli@gmail.com

lorenzo.borselli@uaslp.mx

<http://www.lorenzo-borselli.eu>

Stabilità dei pendii - Domande a cui rispondere...

Sono possibili metodi calcolo affidabili di FS ?

È possibile gestire la complessità stratigrafica e geomeccanica?

Quali strumenti software Sono Affidabili ?

Posso analizzare scenari diversi (sismici, strutture, scavi, riporti, sovraccarichi, acquiferi in pressione)?

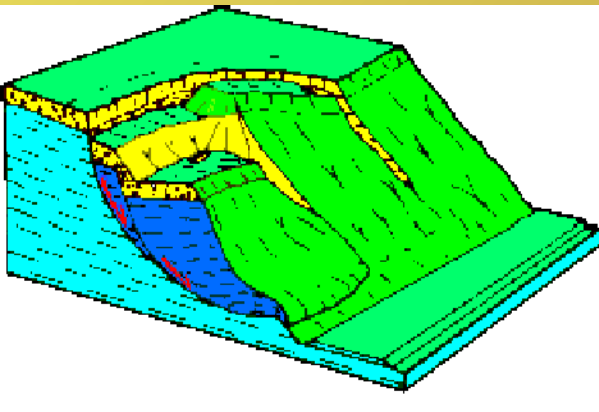
Esistono software di questo tipo .. ma a costo Zero?

Una possibile risposta alle precedenti domande

SSAP (slope stability analysis program) è un codice di calcolo per la verifica della stabilità dei pendii, mediante il metodo dell'equilibrio limite in modalità avanzata...

La versione attuale, SSAP 2010, è la 4.2.0 (dicembre 2012). SSAP2010 è una pietra miliare importante nello sviluppo di questo software. E' caratterizzato da un utilizzo completamente libero per tutti coloro che, per motivi di studio e lavoro, sono interessati a effettuare verifiche di stabilità dei pendii con rigorosi metodi di calcolo all'equilibrio limite su pendii naturali, artificiali e/o con opere di rinforzo quali (terre armate, palificate, tiranti..).

sito ufficiale SSAP: <http://www.ssap.eu>

A screenshot of the SSAP 2010 software interface. The window title is "SSAP 2010 (versione 4.2.0 - 2012)". The interface is divided into several sections: "AVVIO VERIFICA" (Start Verification) with buttons for "VERIFICA GLOBALE" and "VERIFICA SINGOLA"; "MONITOR VERIFICA" (Monitor Verification) with a play button; "MODELLO PENDIO" (Slope Model) with buttons for "LEGGI MODELLO" and "VEDI MODELLO"; "PARAMETRI" (Parameters) with a "HELP" button; "ESCI dal PROGRAMMA" (Exit Program); "RISULTATI" (Results) with buttons for "DIAGRAMMI FORZE" and "GENERA / VEDI MAPPA Fx LOCALE"; "SETUP VERIFICA" (Setup Verification) with buttons for "INFO", "OPZIONI", "PARAMETRI", "GESTIONE ACQUIFERI", and "OPZIONI AGGIUNTIVE"; and "STRUMENTI" (Tools) with buttons for "GENERA REPORT VERIFICA", "GENERA FILES DXF", "ESPORTA SUPERFICIE", "CAMBIA PAR. GEOTECNICI", "EDITA FILES", "MAKEFILES 3.2", and "File SSAP2010.INI". The main display area shows the following data:
MODELLO DI CALCOLO: **ES&MOD**
MODELLO DI CALCOLO: **Morgenstern & Price (1963)**
COEFFICIENTI SINCRICI: ORIZZONTALE (ka): **0.0000**
VERTICALE (kσ): **0.0000**
-PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICIE: **Convex Random Search (CRS)**
MOTORE DI RICERCA SUPERFICIE: **2.9147 (2.9147)**
ZONA SINGOLA - Progressiva - (m): **0.0000 x 100.0000**
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressiva - (m): **0m 12.000 x 117.000**
QUOTA LIMITE INFERIORE (m): **0.00**
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI: (m): **4.00**
SMUSSA SUPERFICIE: **Smooth** EFFETTO TENSION CRACKS: **Abilitato**
RICERCA CON ATTRITTORE DINAMICO: **Abilitato** METODO RandomWalk Fx0: **A**
-RISULTATI IN TEMPO REALE-
Fs ITERATIVO: **2.817**
RANGE Fs 10 SUPERFICIE CON MINOR Fs: **1.440 - 1.521**
% SUPERFICIE GENERATE e VERIFICATE: **21.24 - 85.33**
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICIE e % STABILITÀ NUMERICA: **21.24 - 85.33**
PERCENTUALE SUPERFICIE COMPLETATE: **3.01 %**
MESSAGGI: **SUGGERIMENTI:** effettuare una verifica di stabilità e possibile generare un rapporto (file di testo) con tutti i risultati e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica.
Premi ESC per Terminare - Premi INVIO/ENTER per stop temporaneo
<http://WWW.SSAP.EU>

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

SSAP 2010 non è un software commerciale

Software Interamente Freeware,
Gratuito e di utilizzo libero
per Privati, Geologi, Ingegneri, Studenti
Ricercatori e Pubbliche Amministrazioni
Vedasi licenza d'uso su:

<http://www.ssap.eu/ssap2010licence.pdf>

The screenshot displays the SSAP 2010 software interface, which is a slope stability analysis program. The main window is titled "SSAP 2010 (versione 4.2.0 - 2012)". It features several panels and buttons for user interaction:

- AVVIO VERIFICA:** Includes buttons for "VERIFICA GLOBALE", "VERIFICA SINGOLA", and "MONITOR VERIFICA".
- RISULTATI:** Includes buttons for "DIAGRAMMI FORZE", "VEDI GRAFICI SUPERFICIE", and "GENERA / VEDI MAPPA Fs LOCALE".
- MODELLO PENDIO:** A central panel showing calculation parameters such as "MODELLO DI CALCOLO: Morgenstern e Price (1965)", "COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (K_h): 0.0000", and "VERTICALE (K_v): 0.0000". It also displays "PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICIE" and "RISULTATI IN TEMPO REALE" with values like "RANGE Fs 10 SUPERFICIE CON MINOR Fs: 1.440 - 1.521".
- OPZIONI GENERALI:** A detailed panel for "Verifiche di Stabilità SSAP 4.2.0" with various settings for calculation methods (e.g., Spencer, Sarma, Morgenstern-Price), stability criteria, and safety factors.
- STRUMENTI:** A sidebar with icons for "GENERA REPO", "ESPORTA", "EDITA", and "MAKEFILE".
- MESSAGGI:** A bottom panel providing instructions and suggestions for users.

Additional windows visible include "GESTIONE ACQUIFERI" (Acquifers Management) and "OPZIONI GENERALI". The interface is designed for technical users in geotechnical engineering.

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

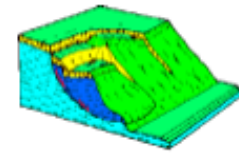
Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Storia e evoluzione del codice SSAP

- Prima versione 1.0 del software (1991), codice per DOS a 8 bit (solo sovraccarichi - janbu semplificato - random search per ricerca superfici di scivolamento random).
- Versione 2.6. a 16 bit windows (interfaccia DOS)(1997) (interazione strutture: geogriglie e tiranti + convex random search)
- Versione 2.8. a 32 bit windows (interfaccia DOS) (2000) (4 metodi di calcolo + sniff random search)
- Versione 2.9.2. a 32 bit windows (interfaccia DOS) (2004) (strutture + pali + criterio di rottura di Hoek per ammassi rocciosi fratturati + ottimizzazione generale motori random search - controllo automatico superfici - metodi rigorosi secondo framework Espinosa (1994)
- Versione 3.0 a 32 bit windows XP e vista(2007) (interfaccia grafica WIN)
- Versione 3.0.4 windows 7 (2009) (miglioramenti vari e su interazioni con strutture)
- Versione 4.0 windows 7 (completamente freeware) (2010) (algoritmo di calcolo proposta da Zhu (2005) per metodo di Morgestrn & Price (1965) ulteriormente sviluppato dall'autore di SSAP con ulteriore generalizzazione del metodo di Zhu consentendo di usare l'algoritmo con tutti i metodi di calcolo rigorosi adottati più diffusamente nelle verifiche di stabilità (janbu rigoroso, spencer, sarma, morgestern, correa..) e soprattutto con le interazioni delle strutture di rinforzo (entrambi assenti nel metodo originale). (interfaccia Win migliorata...)

Storia e evoluzione del codice SSAP .. Continua...

- Ri-Progettazione del vecchio sito web ufficiale (www.ssap2005.it) (2010) con pagine dedicate alle istruzioni per la installazione e la informazioni sui cambiamenti, correzioni e estensioni delle versioni successive alla 4.0, del dicembre 2010.
- Versione 4.0.5 maggio 2011 con cambiamenti nella interfaccia WIN con estensioni e miglioramenti anche nella componente di calcolo.
- Aprile 2011 - Nuovo manuale completo per la versione SSAP2010 aggiornato alla 4.0.5 disponibile in formato elettronico PDF (155 pagine).



SSAP 2010

"un passo oltre..."

(SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM)

<http://www.ssap2005.it>



Manuale di Riferimento

Versione 4.0.5 (2011)

by

Dr. Lorenzo Borselli, Geol., Ph.D.**

Aprile 2011

**Ricercatore presso:

C.N.R. - IRPI, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
Via Madonna del Piano 10, 50029 Sesto Fiorentino, Firenze, ITALIA

<http://www.irpi.it/cnr.it/borselli.html>

<http://www.lorenzo-borselli.eu>

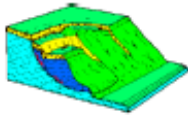
E-mail:

lorenzo_borselli@cnr.it

lborselli@gmail.com

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

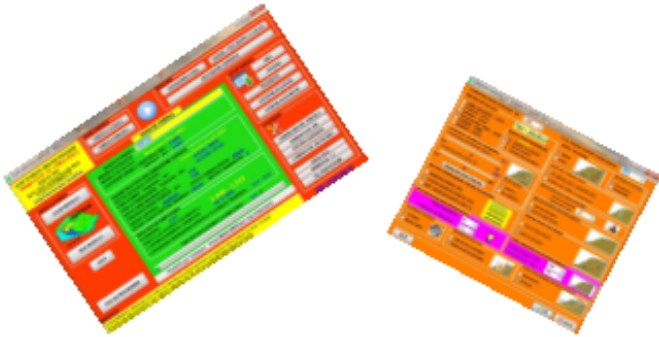


SSAP 2010

"un passo oltre..."

(SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM)

<http://www.ssap.eu>



Manuale di Riferimento
Versione 4.2.0 (2012)

by
Dr. Lorenzo Borselli, Geol., Ph.D.,**

Dicembre 2012

*Ricercatore
C.N.R. - IRPI, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
Via Madonna del Piano 10, 50032 Sesto Fiorentino, Firenze, ITALIA

** Docente di Geotecnica
Facoltà Di Ingegneria
Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
San Luis Potosí., México

WEB:
<http://www.lorenzo-borselli.eu>

E-mails:
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@cnr.it

Storia e evoluzione del codice SSAP .. Continua...

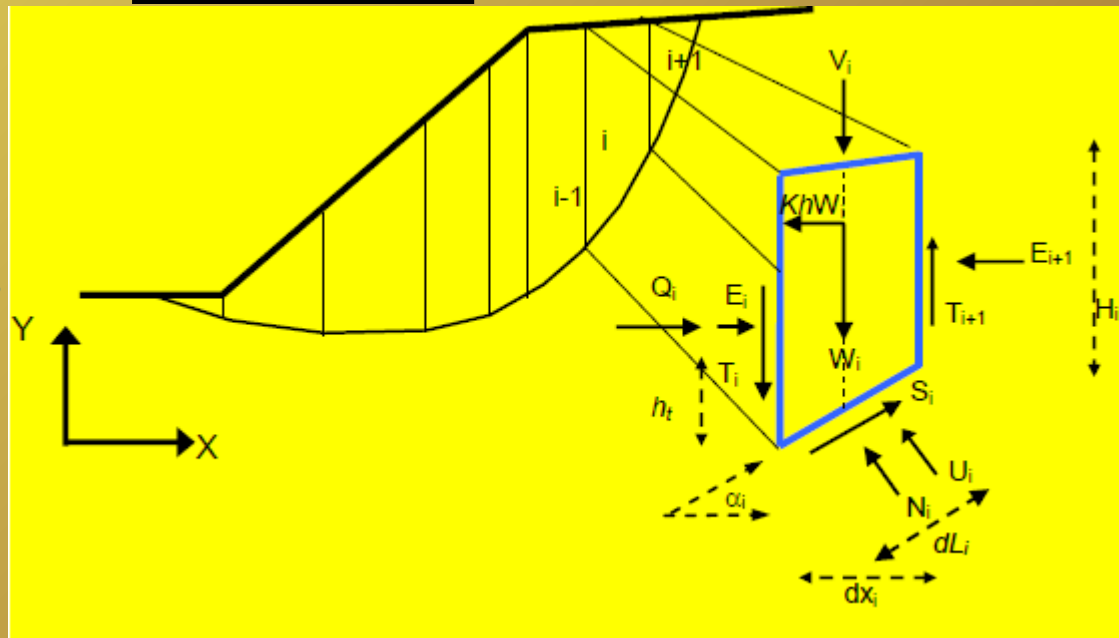
- Cambio di dominio del sito web ufficiale (WWW.SSAP.EU) (2012)
- Versione 4.1.0 aprile 2012 con cambiamenti nella interfaccia WIN con estensioni e miglioramenti anche nella componente di calcolo.
- Dicembre 2012- Versione 4.2.0 . Con ulteriori ottimizzazioni di calcolo, nuove funzioni : registrazione superfici e mappe a colori FS medio Locale .
- Dicembre 2012 - Nuovo manuale completo per la versione SSAP2010 aggiornato alla 4.2.0, disponibile in formato elettronico PDF (185 pagine).

Caratteristiche base di SSAP 2010

- Verifiche di stabilità dei pendii con il metodo dell'equilibrio limite (Limit Equilibrium Method -LEM)
- Pendii in terreni sciolti e/o con ammassi rocciosi fratturati
- Condizioni sismiche (metodo pseudo statico)

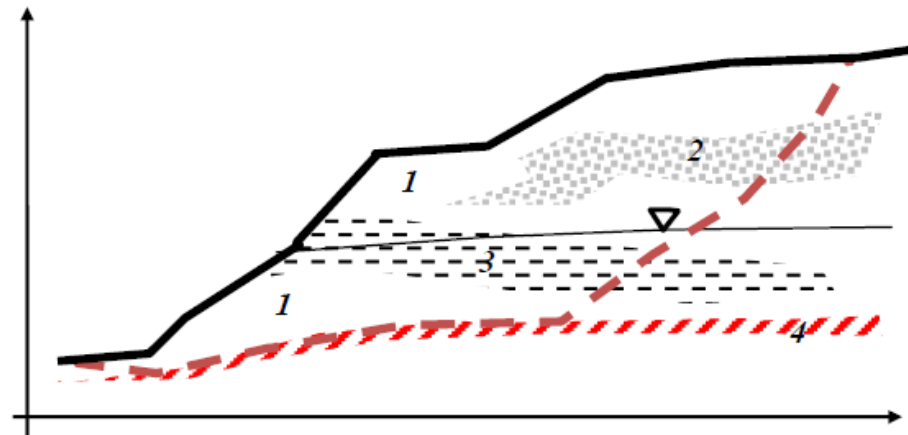
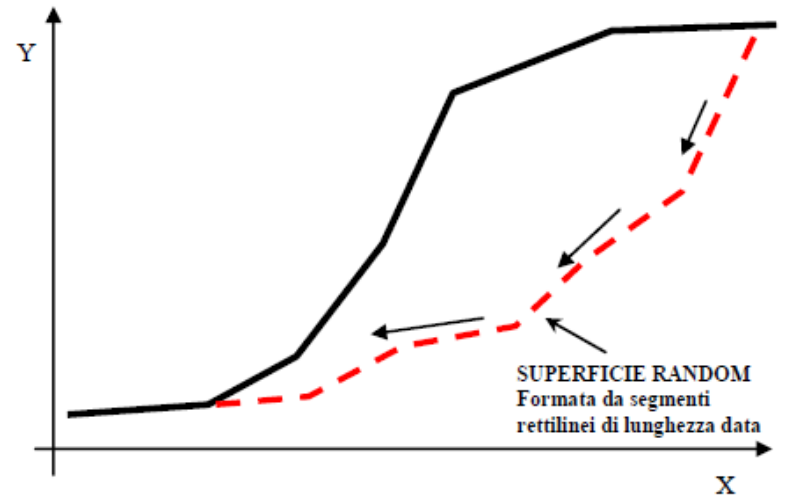
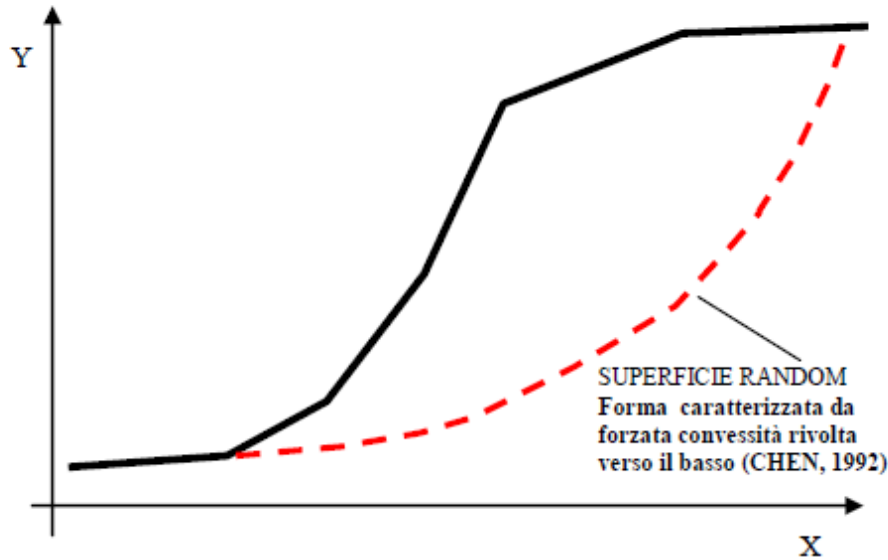
6 metodi di calcolo LEM - RIGOROSI

- * *Janbu rigoroso (1973);*
- * *Spencer (1973)*
- * *Sarma I (1973);*
- * *Morgenstern & Price (1965);*
- * *Correia (1988)*
- * *Sarma II (1979)*



Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

• 3 motori di ricerca superfici random (per superfici con F_s minimo) e 3 varianti principali (totale 9 metodologie diverse per generare e ricercare)

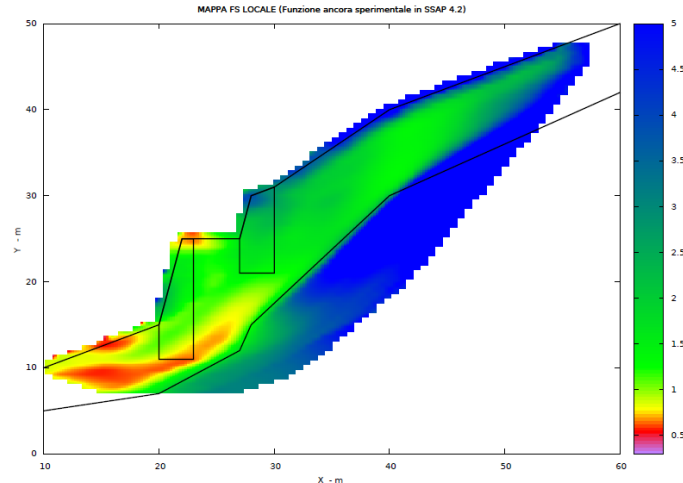
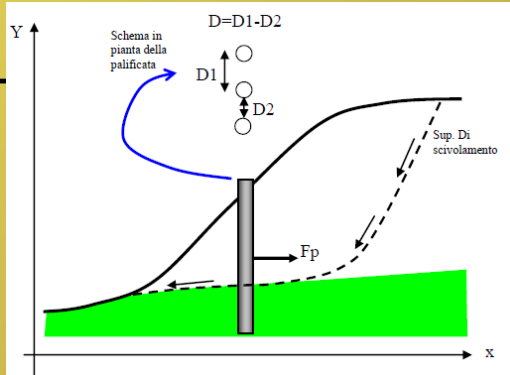


Caratteristiche base di SSAP 2010

... continua

• Strutture di sostegno e rinforzo (muri - tiranti - terre rinforzate con geogriglie/geosintetici - palificate - sovraccarichi)

• Creazione DXF istantanea e



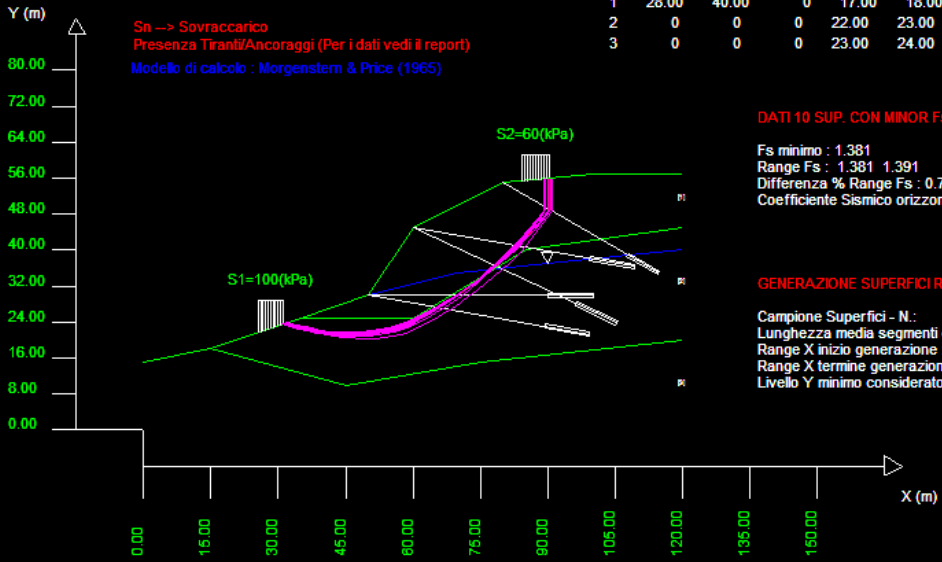
SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Data : 26/12/2012
Localita' :
Descrizione :
n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

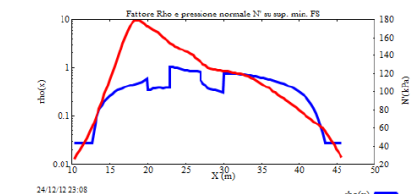
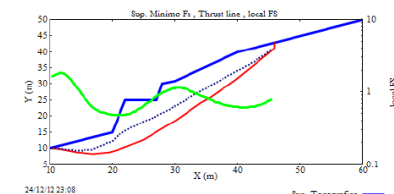
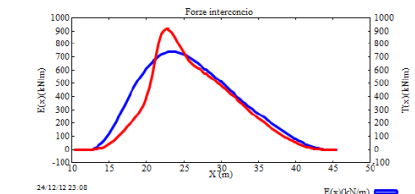
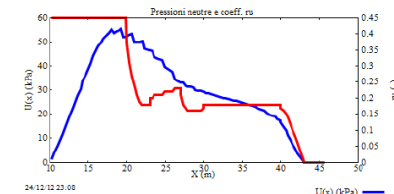
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa				
1	28.00	40.00	0	17.00	18.00	0	0	0	0
2	0	0	0	22.00	23.00	15.00	20.00	9.00	0.70
3	0	0	0	23.00	24.00	30.00	40.00	9.00	0.70

Sn -> Sovraccarico
Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)
Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs
Fs minimo : 1.381
Range Fs : 1.381 - 1.391
Differenza % Range Fs : 0.7
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh : 0.00

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM
Campione Superfici - N. : 7047
Lunghezza media segmenti (m) : 4.8
Range X inizio generazione : 0.0 - 108.0
Range X termine generazione : 12.0 - 117.6
Livello Y minimo considerato : 0.0



Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

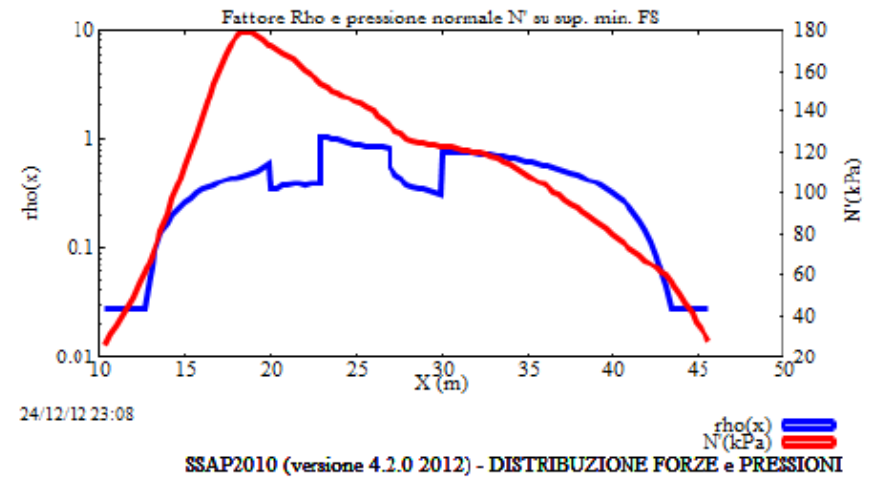
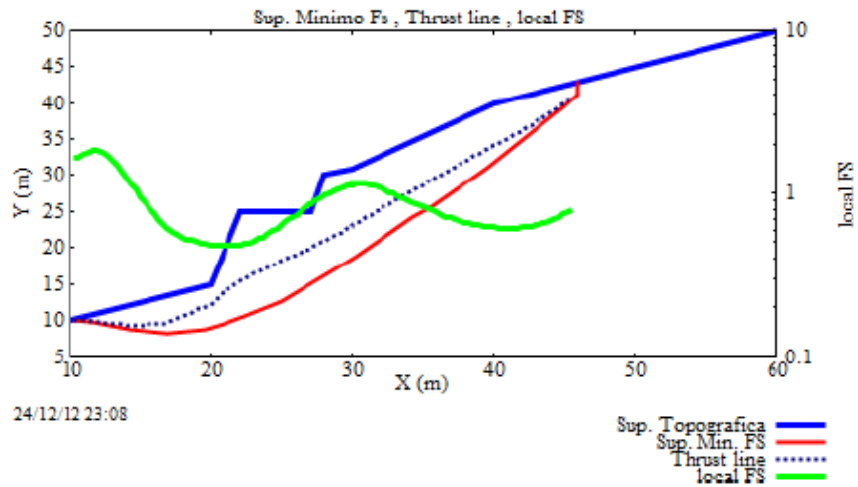
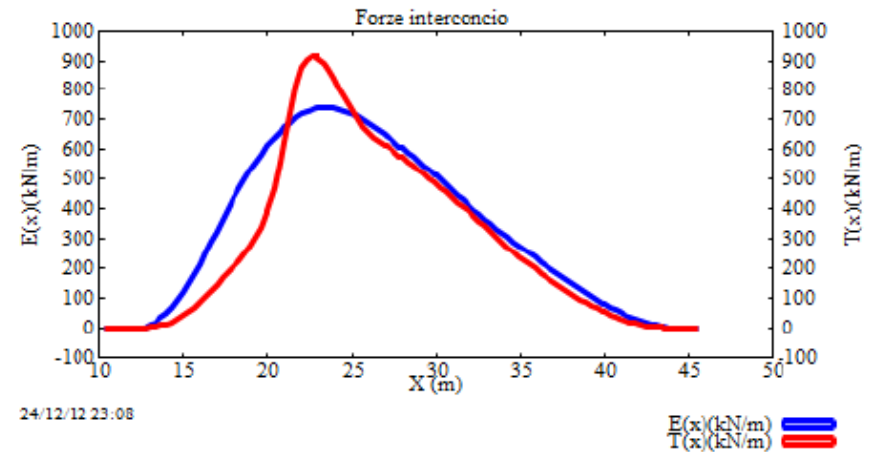
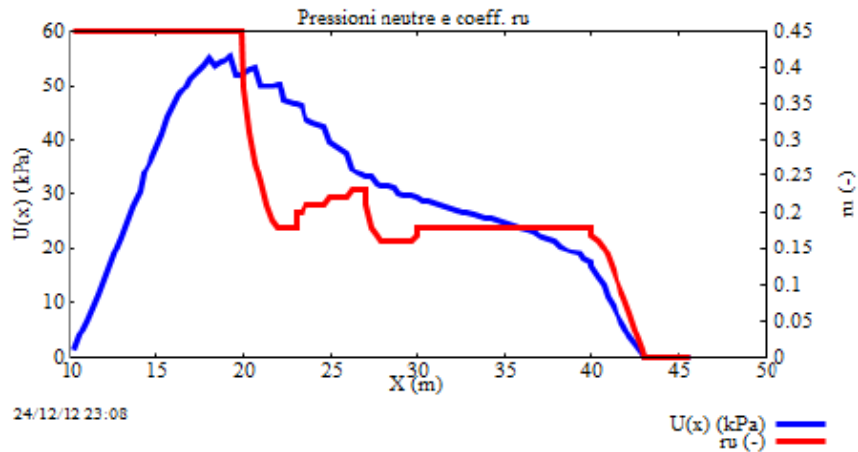
Inoltre:

- filtro di sub-verifica per eliminare le superfici di scivolamento non fisicamente possibili (Sarma 1973).
(nuovo nella versione 4.0)
- opzione per effettuare verifica con ricerca automatica delle superfici di scivolamento con fessure di trazione in testa al pendio (nuovo nella versione 4.0)
- console per il controllo della stabilità numerica delle soluzioni (nuovo nella versione 4.0)
- compatibilità NTC 2008 e analisi in condizioni sismiche pseudostatiche

Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

Inoltre:

- finestra con i diagrammi delle pressioni interne, del FS locale, e delle forze interne tangenziali e orizzontali entro la massa in scivolamento soggetta a verifica. (nuovo nella versione 4.0)
- Utilizzo di nuove strategie computazionali proposte anche da Zhu et al (2003) per eliminare i problemi di convergenza notoriamente esistenti nel metodo di calcolo di Janbu(1973) e negli altri metodi di calcolo rigorosi. Questi algoritmi sono stati ulteriormente sviluppati in modo originale, migliorati, testati e resi più affidabili in SSAP2010.
- Completa verifica di superfici di scivolamento singole definite dall'utente;
- Reporting in modo testo e grafico (DXF)



SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

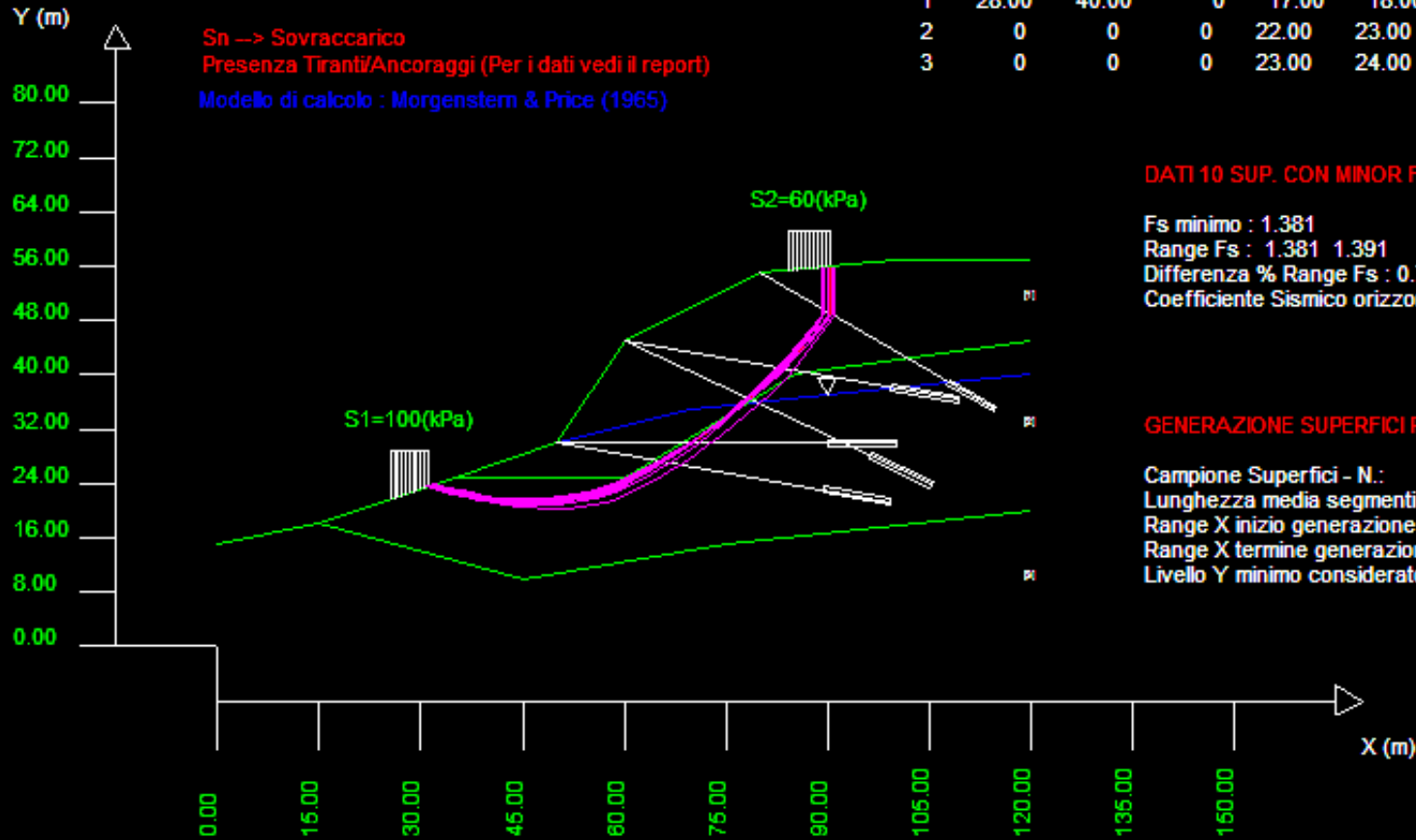
Diagrammi distribuzione interna forze e pressioni

Data : 26/12/2012
 Località :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi ^o deg	C ^o kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	28.00	40.00	0	17.00	18.00	0	0	0	0
2	0	0	0	22.00	23.00	15.00	20.00	9.00	0.70
3	0	0	0	23.00	24.00	30.00	40.00	9.00	0.70

Sn -> Sovraccarico
 Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)
 Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.381
 Range Fs : 1.381 1.391
 Differenza % Range Fs : 0.7
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 7047
 Lunghezza media segmenti (m) : 4.8
 Range X inizio generazione : 0.0 - 108.0
 Range X termine generazione : 12.0 - 117.6
 Livello Y minimo considerato : 0.0

Generazione Grafici in tempo reale in formato DXF esportabili e modificabili.

Coefficiente sismico orizzontale - Kh

Fs di Progetto richiesto (analisi deficit)

METODO DI CALCOLO

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

JANBU RIGOROSO - (1973)
 SPENCER - (1973)
 SARMA I - (1973)
 MORGESTERN PRICE - (1965)
 CORREIA - (1988)
 SARMA II - (1979)

Esplora spazio (lambda0, fs0)
Metodo
 A (rapido e accurato)
 B (più accurato)
 C (molto più accurato)

TIRANTI - ANCORAGGI

PASSIVI
 ATTIVI

Distribuzione resistenza
 Rettangolare
 Trapezoidale

PALIFICATE - Metodo calcolo

ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
 KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

PALIFICATE fattore riduttivo NTC2008

Fattore di riduzione (Variare da 1 a 10)

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

EFFETTO ATTIVATO
 EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

EFFETTO DISATTIVATO
 EFFETTO ATTIVATO

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m
 Forza Eb (in Testa) - kN/m

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

RANDOM SEARCH (RS)
 CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
 SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.0

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Steps di scansione
 Frequenza di attivazione

FILTRAGGIO SUPERFICI

FILTRARE
 NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO

CON OSTACOLO INTERNO
 SENZA OSTACOLO INTERNO

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

DISATTIVATO
 ATTIVATO

HELP



Opzioni per verifica stabilità

PARAMETRI GEOMETRICI VERIFICHE DI STABILITA'

LUNGHEZZA MEDIA (m) SEGMENTI DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO 4.80

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI INIZIO

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) ZONA DI INIZIO (m) 0.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) ZONA DI INIZIO (m) 108.00

QUOTA (Yo) ZONA PROIBITA INFERIORE (m) 0.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI TERMINAZIONE

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) DI TERMINAZIONE (m) 12.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) DI TERMINAZIONE (m) 117.60

NUMERO MASSIMO SUPERFICI DA GENERARE 10000

COORDINATE OSTACOLO

XL 0.00 XR 0.00 YB 0.00

Ascissa sinistra (m) Ascissa destra(m) Quota base ostacolo (m)

NOTA BENE: Tutte le coordinate sono espresse in metri (vedasi manuale per descrizione PARAMETRI)..

HELP OK




SSAP 4.2 - OPZIONI AGGIUNTIVE

REGISTRAZIONE SUPERFICI

$F_{s_{min}} < F_s <= F_{s_{max}}$

Fs minimo 0.50

Fs massimo 1.10

Numero massimo superfici da registrare 3000

ATTIVA REGISTRATORE SUPERFICI

GENERAZIONE MAPPA Fs LOCALE

Dimensione Griglia mappa Fs

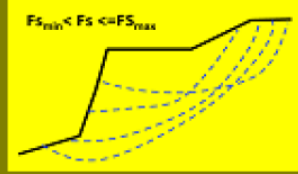
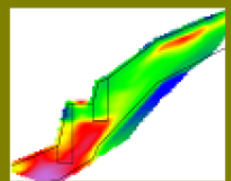
Nodi X 75 X Nodi Y 75

Fs Minimo 0.30 Fs Massimo 10.00

% dei dati da usare 100.0

ATTIVA MAPPATURA Fs LOCALE

HELP OK Cancel

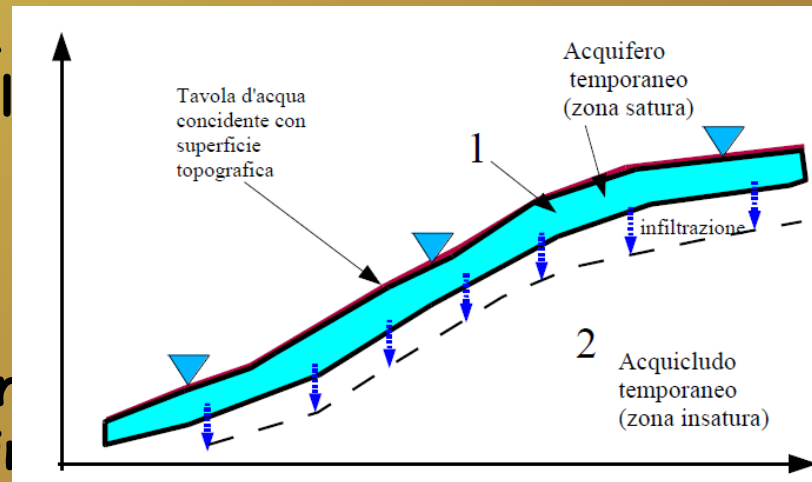
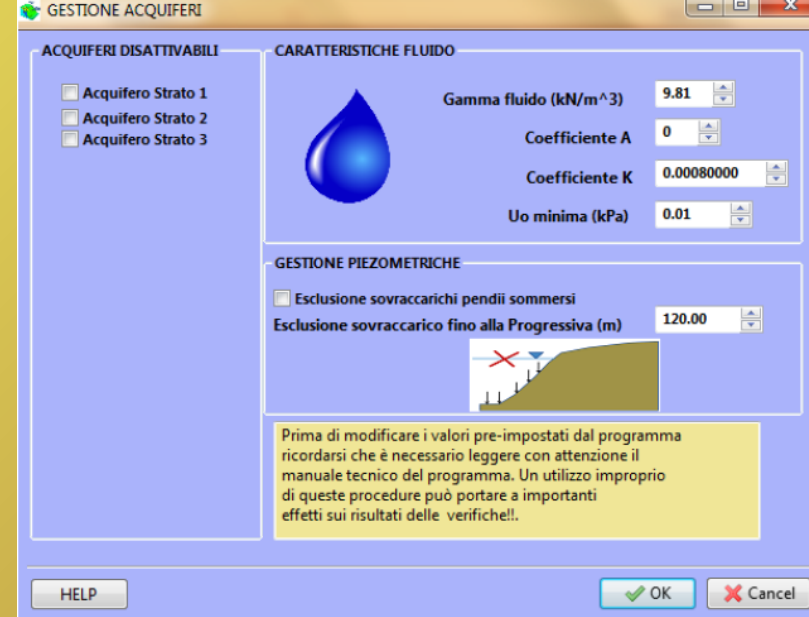
Opzioni aggiuntive e parametri
Modificabili per verifica stabilità

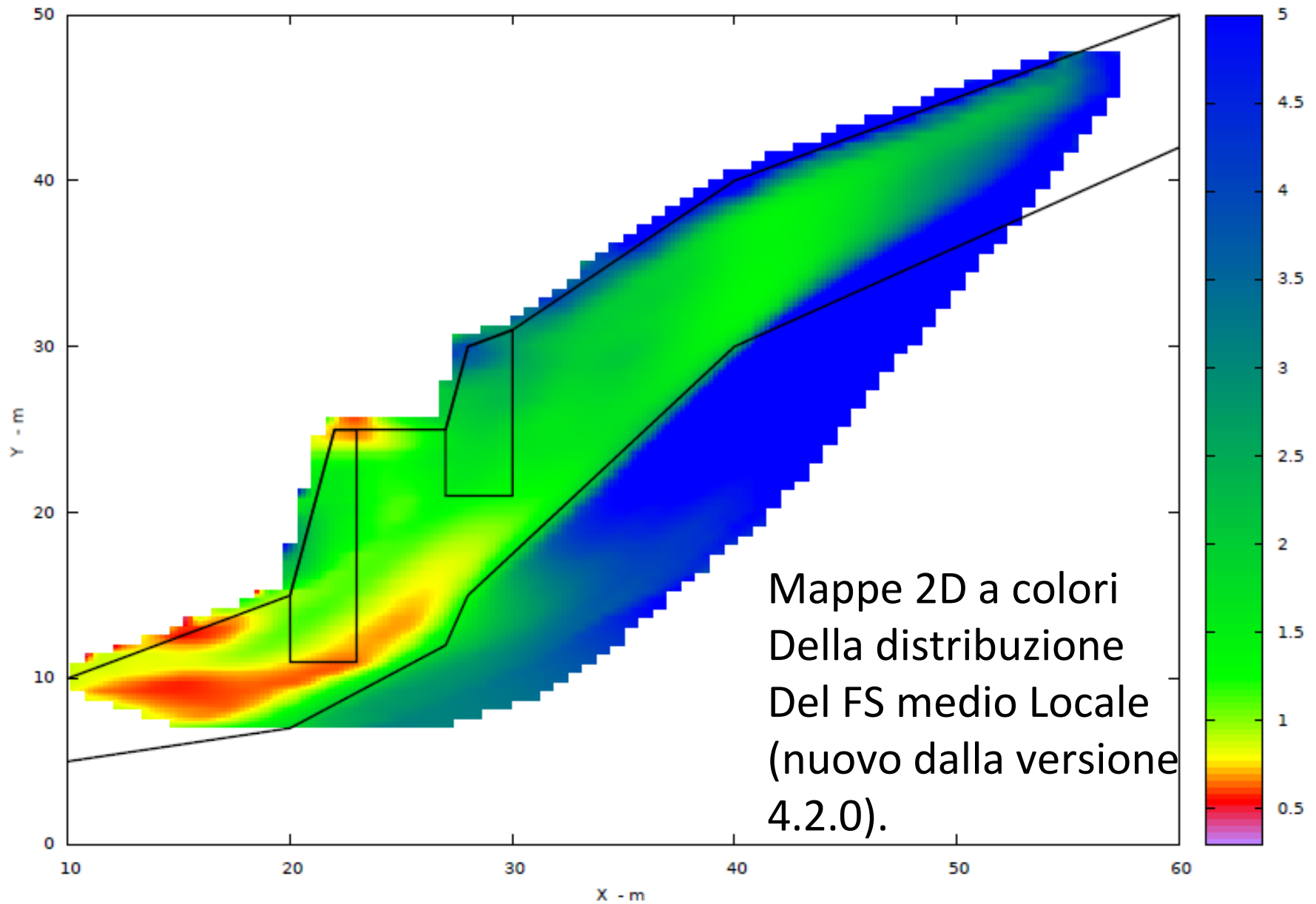
Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

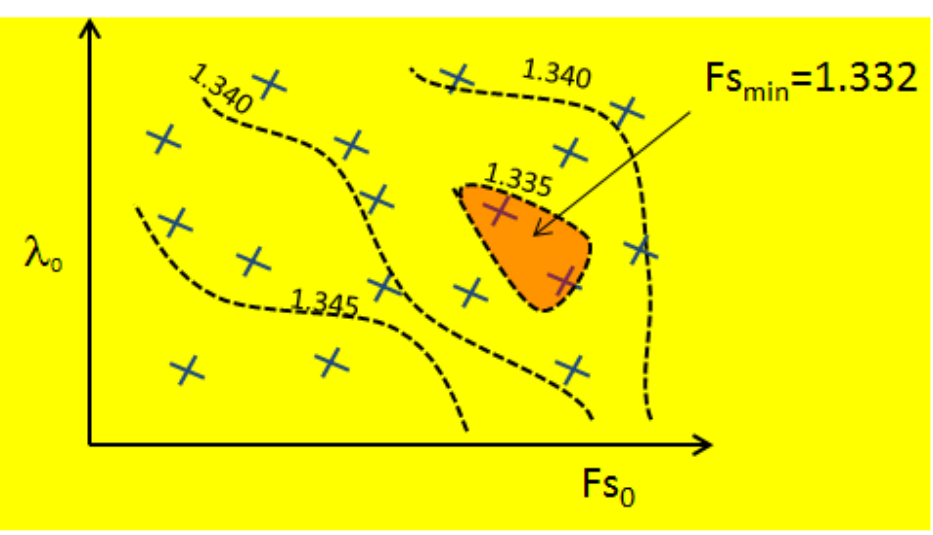
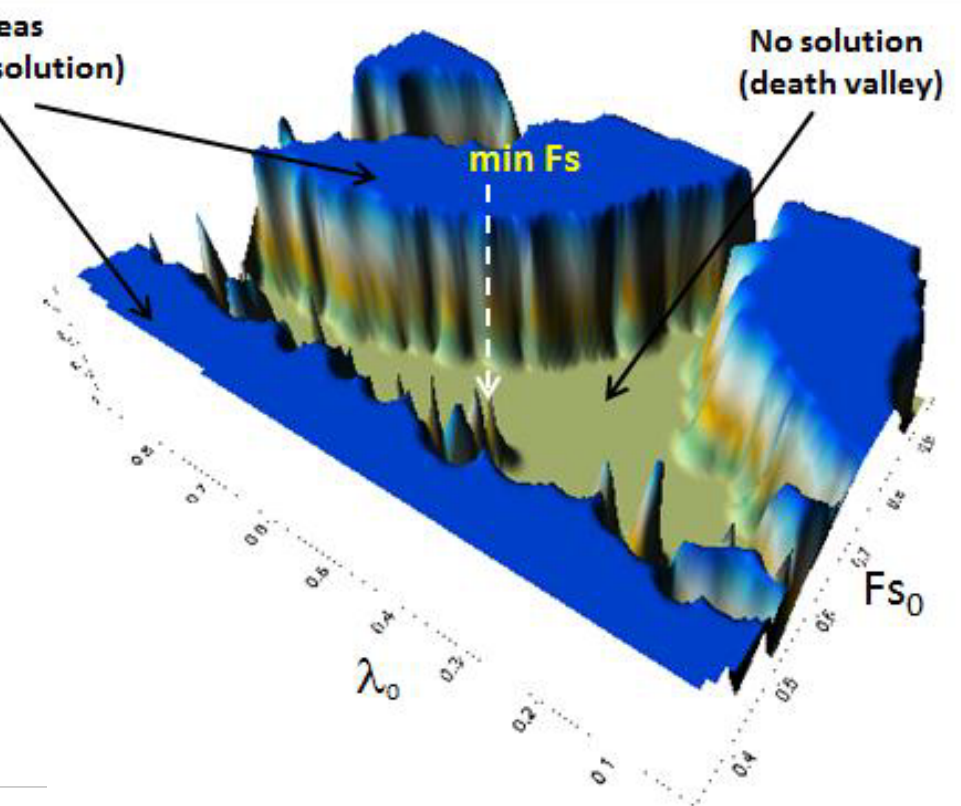
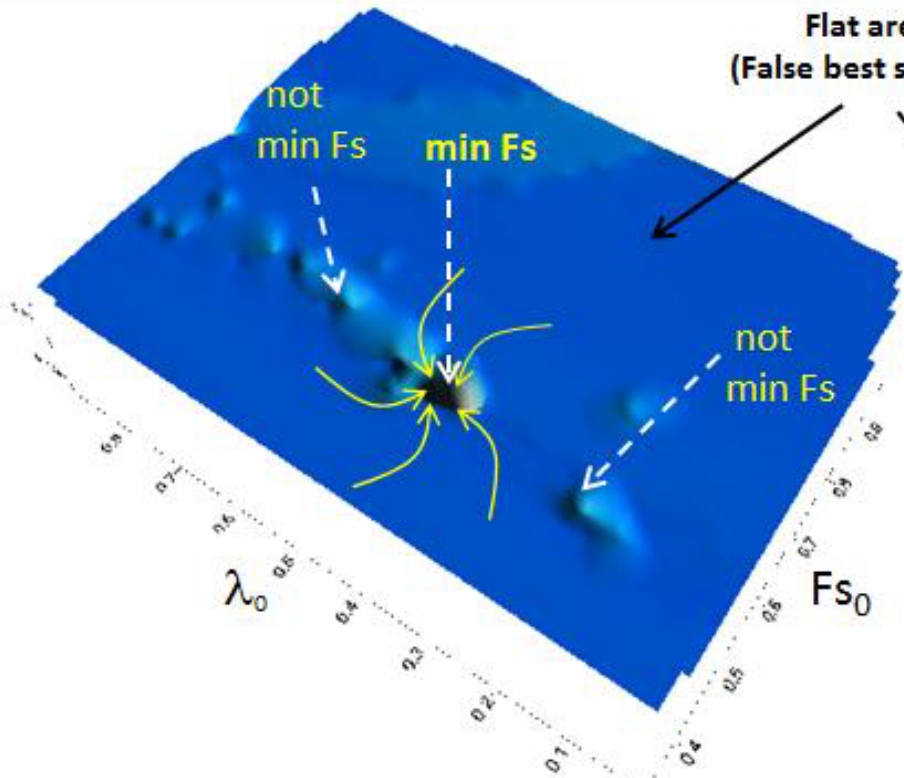
Inoltre...

Modulo gestione acquiferi

- falde in pressione
- acquicludi; falde sospese e stati temporaneamente saturi sopra porzioni insature;
- Nel caso di falde in pressione algoritmo, sviluppato in modo originale dall'autore, per simulare la dissipazione progressiva della pressione di pori in prossimità della superficie;
- escludere il calcolo del sovraccarico esterno di masse d'acqua nel caso di porzioni di pendio sommerso. (simulazione di un effetto di svasso rapido in un bacino artificiale);







3 algoritmi per la esplorazione dello spazio (λ_0, F_{s0}) ai fini della determinazione del fattore F_s finale più basso (nuovo dalla versione 4.2.0).

Qualcosa in più sulla licenza d'uso di SSAP2010

SSAP2010 è un software FREeware, cioè distribuito gratuitamente solo via web (<http://WWW.SSAP2005.IT>).

Esiste una unica versione completa del software SSAP2010 ed è quella disponibile gratuitamente e scaricabile dal sito ufficiale.

La licenza d'uso di SSAP2010 consente agli utenti un uso illimitato del software con la possibilità di scaricare da web tutti i futuri aggiornamenti.

La ri-distribuzione non è consentita. (da altri siti web o servers)

Qualcosa in più sulla licenza d'uso di SSAP2010.. continua

Il software SSAP20010 non è un software commerciale. La sua distribuzione è senza fini di lucro.

Tuttavia anche se SSAP2010 è un software freeware , esso non è un software OPEN-SOURCE. Infatti il codice sorgente rimane nella esclusiva disponibilità del solo Autore.

I risultati della applicazione sono di esclusiva responsabilità dell'utilizzatore... Non si è responsabili di danni a infrastrutture informatiche e/o perdita di dati..

Alcuni risultati di SSAP2010

Il Progetto SSAP ha raggiunto alcuni dei suoi obiettivi iniziali:

1) Larga Diffusione a un ampio spettro di potenziali utenti: imprese private, professionisti, enti pubblici, studenti, ricercatori.

2) Sito web accessibile e documentazione aggiornata. (media di 600 accessi al mese (con 70% nuovi visitatori)).

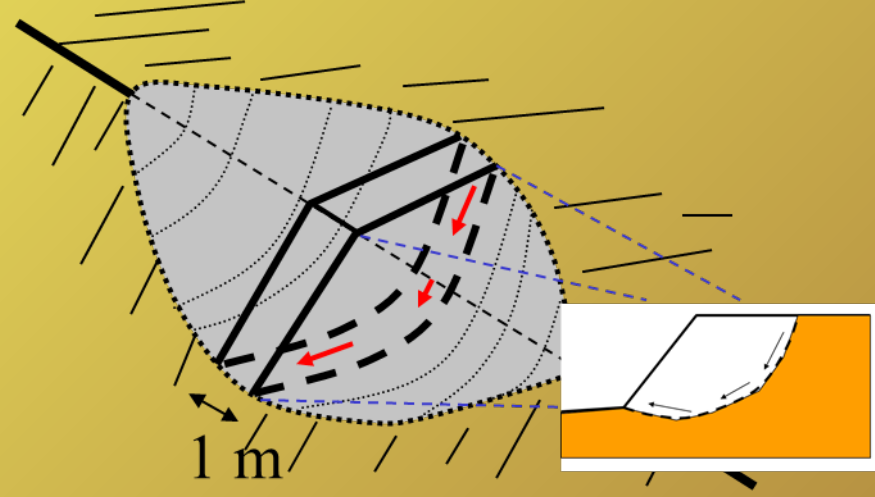
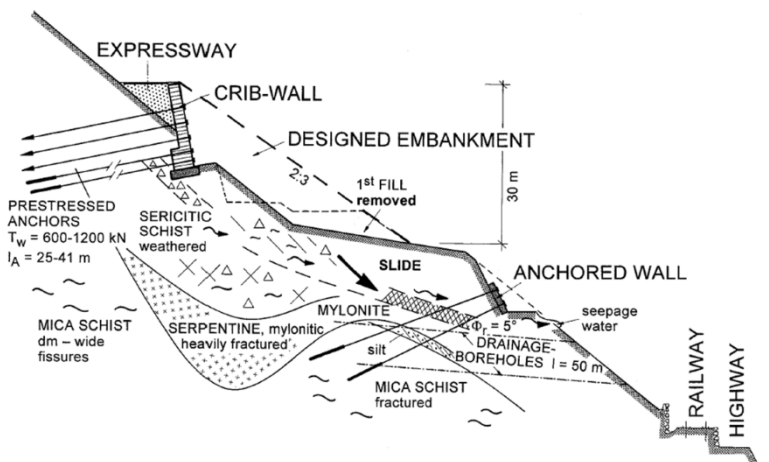
3) Alcuni Componenti e algoritmi totalmente originali.

4) Metodi LEM rigorosi e più avanzati dello standard medio. SSAP Comunque competitivo con alcuni blasonati software commerciali.

5) Formazione e divulgazione con corsi e seminari (in Italia e Messico).

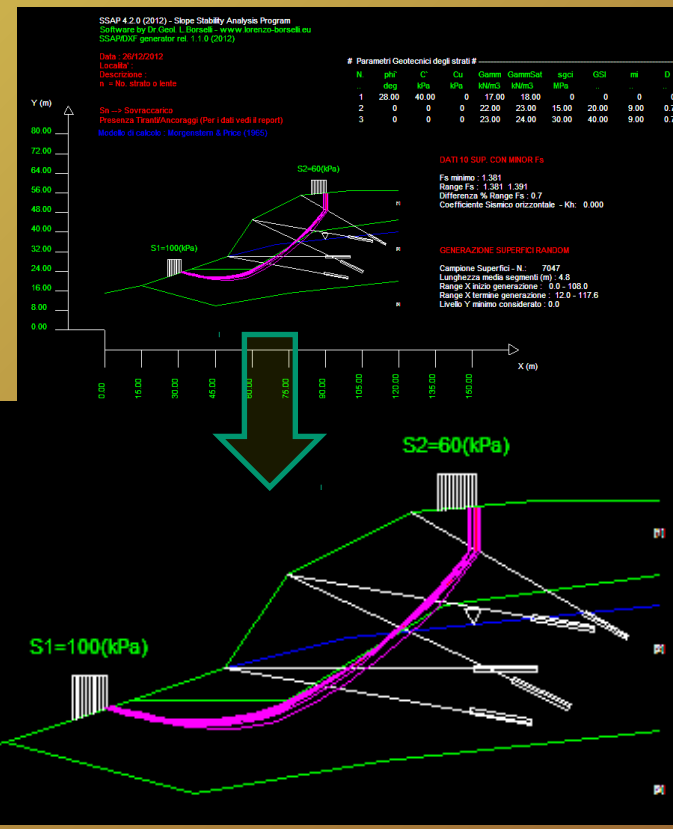
6) E' attualmente al mondo il primo software completo per analisi LEM rigorose, completamente freeware (cioè Gratis) senza versioni di prova a scadenza (trial) o limitate.

Ma vi è ancora spazio per fare molto di più...



PARTE III-Tecniche di base nella verifica della stabilità dei pendii

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
 Universidad Autonoma de San Luis Potosi - UASLP
 Instituto de Geología
 Facultad de Ingeniería.
 San Luis Potosi, MEXICO
 lborselli@gmail.com
 lorenzo.borselli@uaslp.mx
 http://www.lorenzo-borselli.eu



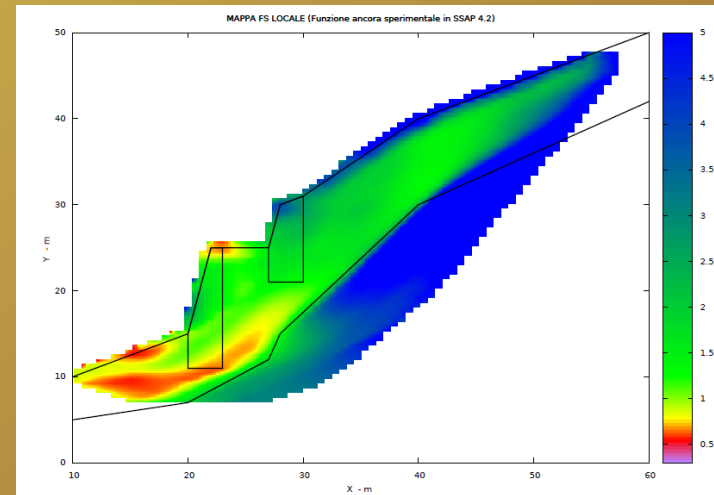
Verifica di stabilità dei pendii : cosa significa?

Una Possibile definizione:

Verifica del livello di potenziale instabilità di un pendio attraverso analisi delle forze interne e esterne, oppure dei campi sforzi-deformazioni, nei confronti di un potenziale collasso-deformazione permanente o formazione una di superficie di rottura, che interessi una porzione significativa del pendio stesso.

- **Importanza nelle valutazioni della pericolosità di fenomeni movimenti di massa, a livello territoriale.**

- **Importanza a scala locale per la verifica di stabilità di pendii naturali o pendii con opere di ingegneria.**



Evoluzione dei metodi di verifica di stabilità dei pendii :

Metodo dell'equilibrio limite semplice (dal 1927 circa)

- Pendii omogenei superfici circolari
- Senza effetti strutture
- Carte di stabilità

Evoluzioni e raffinamenti del metodo (dalla fine anni 70 a oggi)

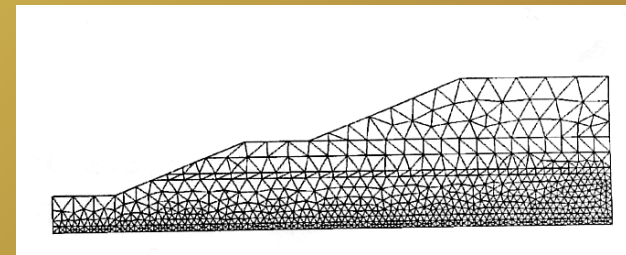
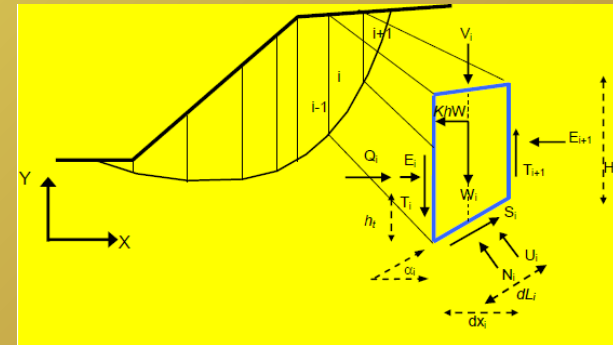
- Pendii non omogenei → superfici non circolari
- Con effetti strutture e sismici
- Automatizzazione dei calcoli con software specializzato

Modelli agli elementi finiti FEM (da anni 70 a oggi)

- Pendii omogenei - non omogenei con e senza strutture
- Software specializzato

Modelli applicati a pendii 3D (da metà anni 90 a oggi)

- Elevata complessità
- Promettenti ! Ma ancora non affermati nell'uso comune..



Verifica di stabilità 3D→2D

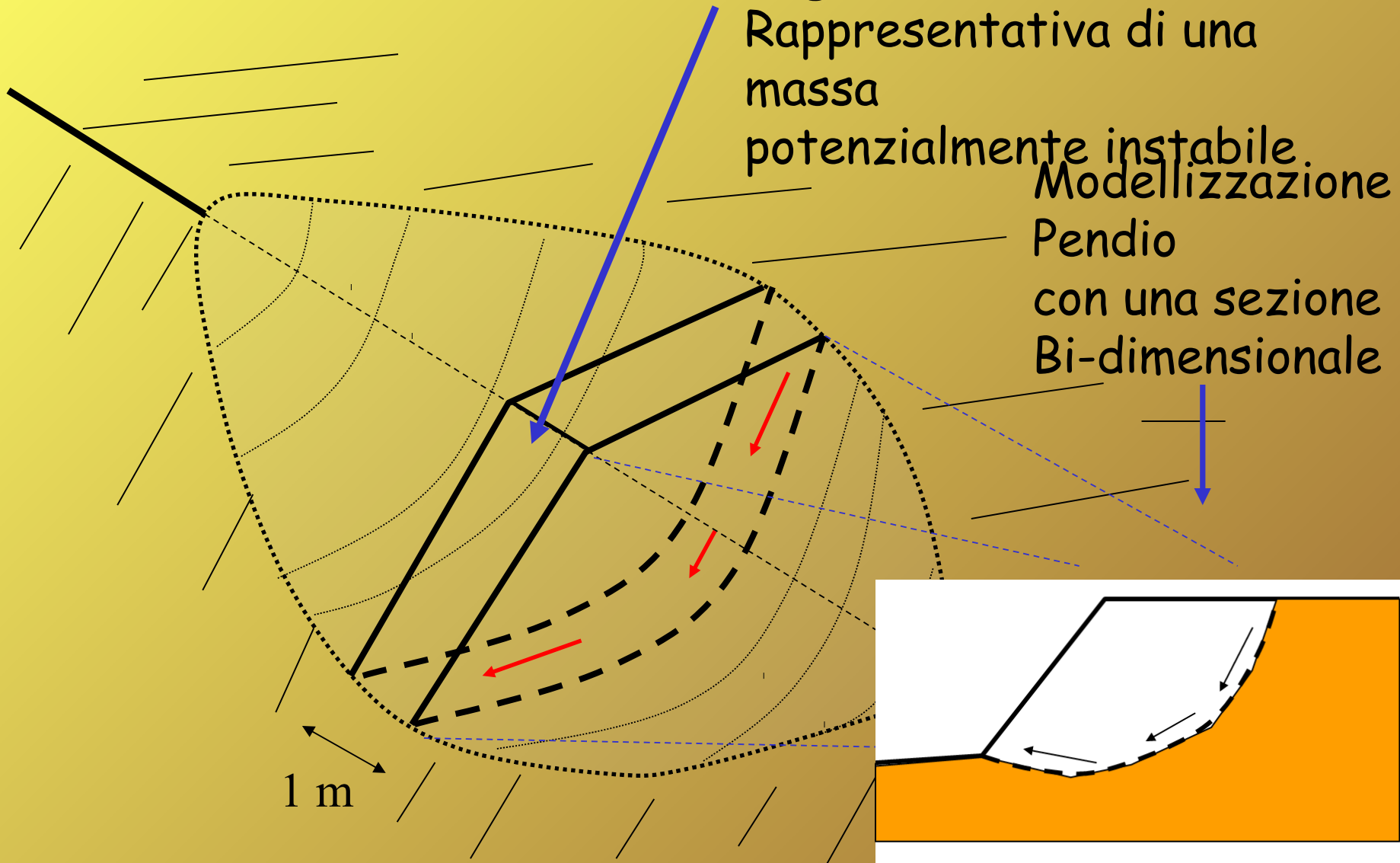
Verifica su striscia di
larghezza unitaria (1 m)

Rappresentativa di una
massa
potenzialmente instabile.

Modellizzazione

Pendio

con una sezione
Bi-dimensionale



Confronto tra metodologie

Table 2. Comparison of Factors of Safety for Example 2 by Various Methods

Method of analysis	No water table	Pore pressure by $r_u (=0.250)$	Pore pressure by water table
Bishop's simplified method ^a	1.38	1.12	1.25
Spencer's method ^a	1.37	1.12	1.25
Morgenstern and Price's method with $f(x) = \text{constant}$ ^a	1.39	1.12	1.25
Variational stability analysis ^b	1.33	1.08	1.19
Spencer's method using random search method ^c	1.34	N/A	1.21
Lower-bound analysis ^d	1.25	1.07	1.10
Upper-bound analysis ^d	1.37	1.16	1.23

^aFredlund and Krahn (1977).

^bLeshchinsky and Huang (1993).

^cPCSTABL6.

^dThis study.

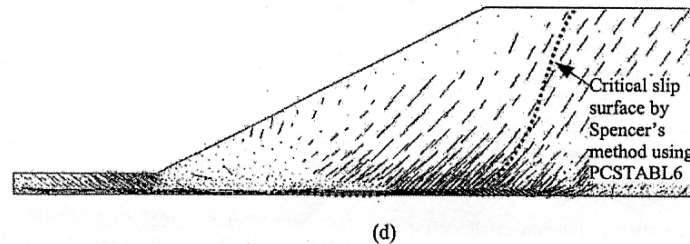
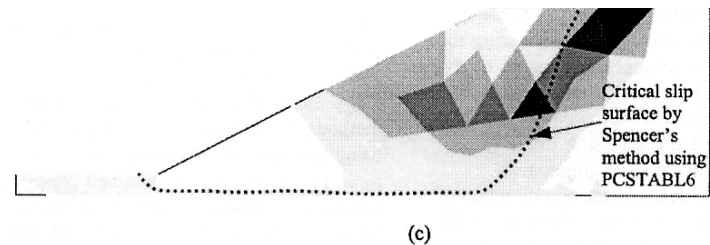
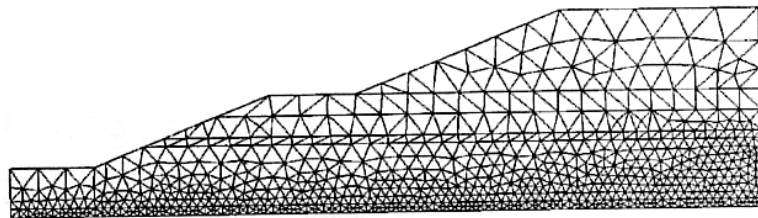


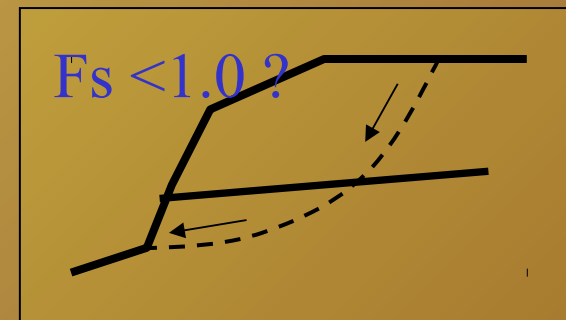
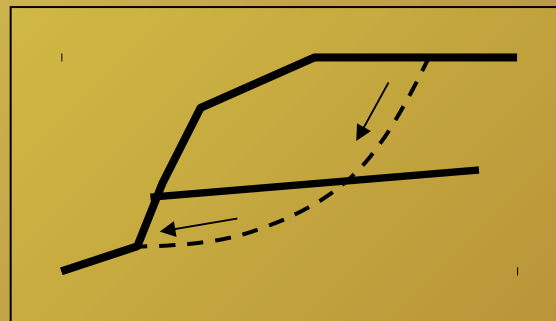
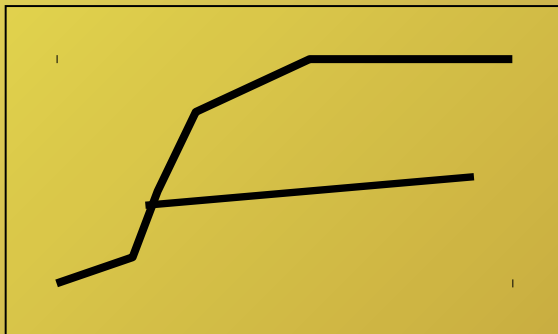
Fig. 7. Slope analyzed in example 2 [with pore-water pressure defined by water table; dotted line in (a)]: (a) slope geometry and soil profile (after Fredlund and Krahn 1977); (b) velocity field from upper-bound analysis; (c) plastic zone from upper-bound analysis; and (d) principal stress zone from lower-bound analysis.

Da Kim et al. (2002)

Verifiche di stabilità 2D mediante il metodo dell'equilibrio limite.

Fasi della analisi:

1. Definizione Modello 2D del pendio (geometria e par. geomeccanici)
2. Assunzione di una Superficie di potenziale scivolamento
3. Calcolo di Fattore di sicurezza (F_s) (o fattore di stabilità)



Definizione di Modello 2D del pendio (un problema spesso estremamente complesso):

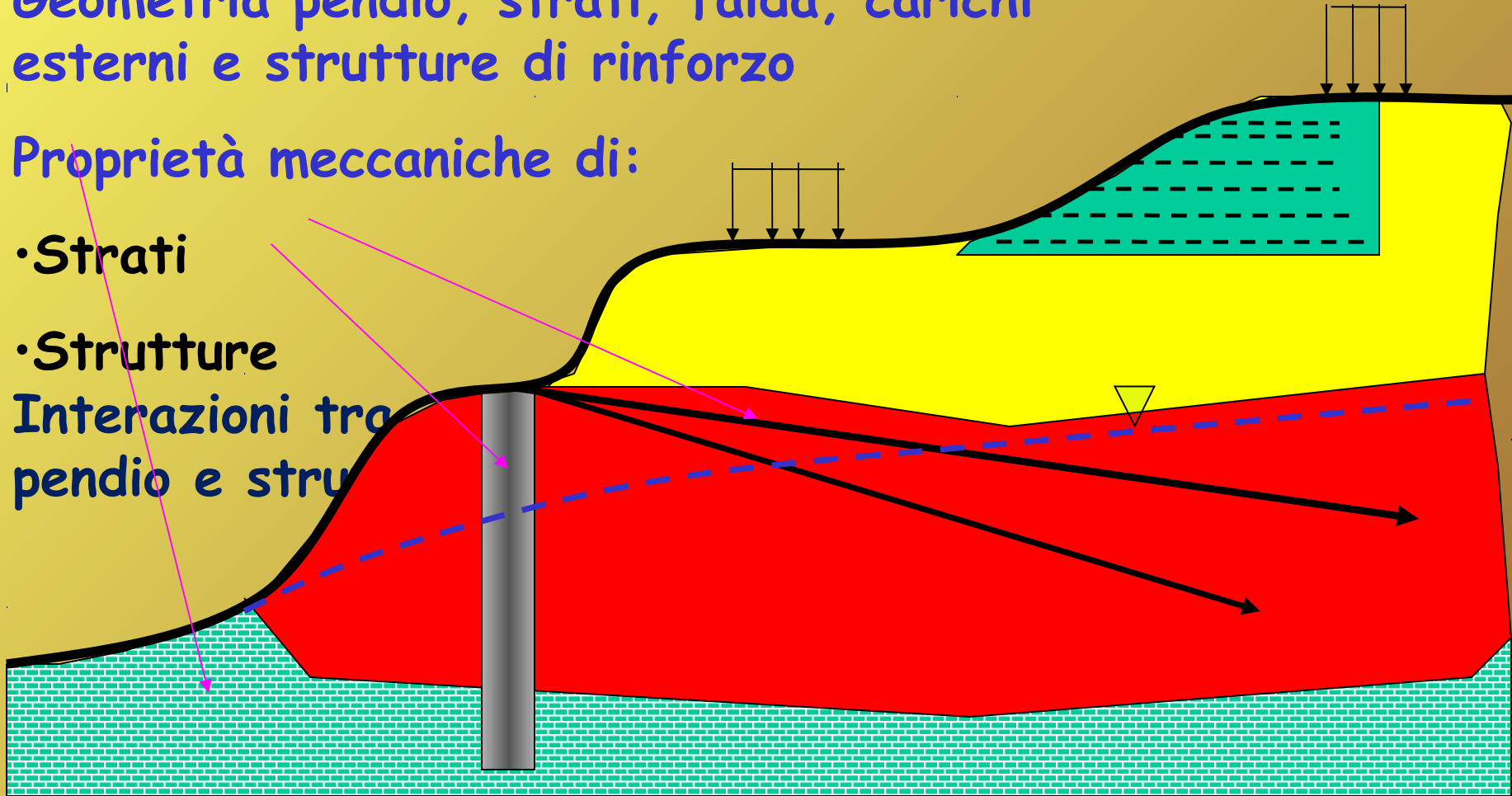
Geometria pendio, strati, falda, carichi esterni e strutture di rinforzo

Proprietà meccaniche di:

- Strati

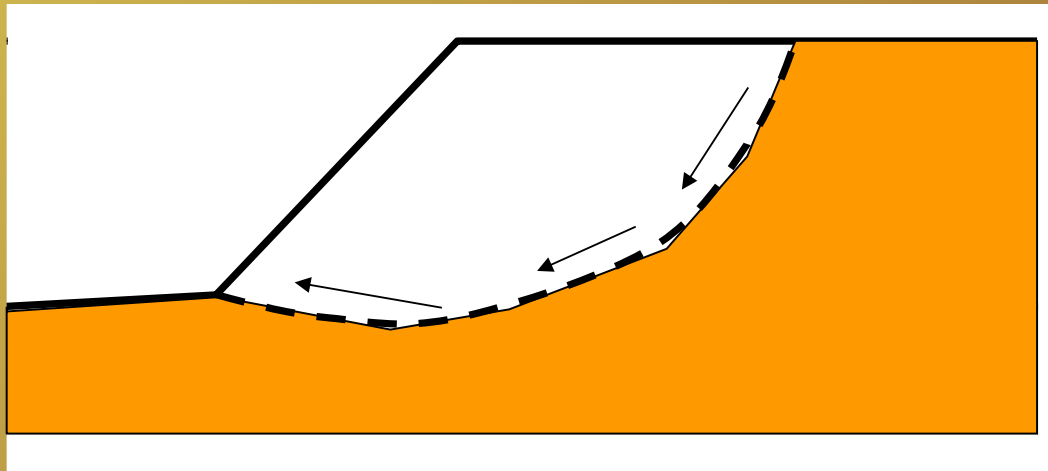
- Strutture

Interazioni tra
pendio e stru



Superficie di potenziale scivolamento

- Nella applicazione del metodo dell'equilibrio limite la superficie di potenziale scivolamento separa la parte di pendio stabile da quella potenzialmente instabile.
- Si assume che la parte stabile inferiore rimane indeformata e non subisce rotture.
- Si suppone che la massa superiore, fino al momento della rottura, non subisca deformazioni.
- Collassi e deformazioni sono posteriori allo sviluppo di una superficie di rottura.



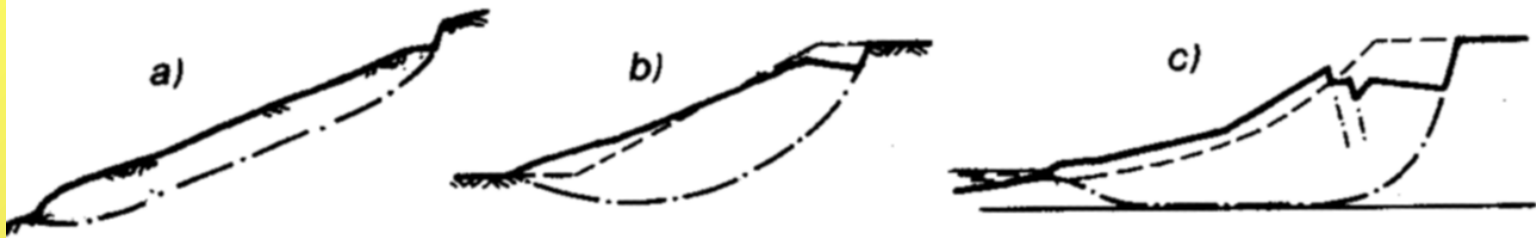
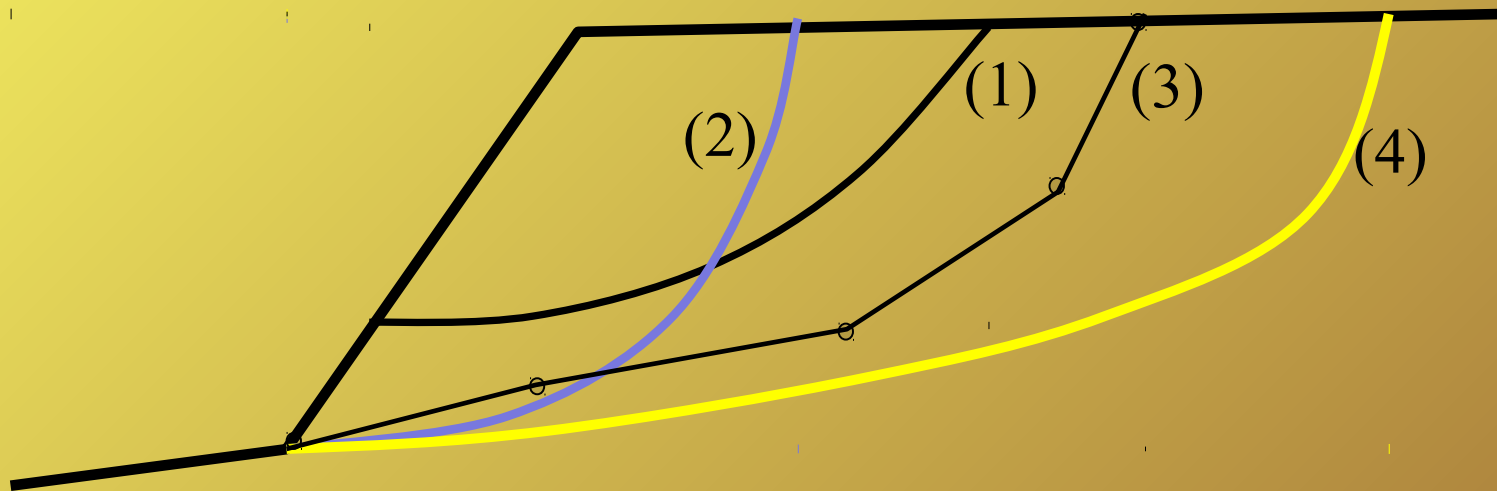


Fig. 2.2. Scivolamenti: a) di traslazione; b) di rotazione; c) composti



Tipi di superfici generabili nel piano della sezione del pendio:

- (1) **Circolari** : definite da eq. Circonfrenza (arco di cerchio: centro e raggio)
- (2) **Spirali logaritmiche**: eq. Spirale logaritmica
- (3) **Generiche**: serie di punti (nodi) collegati da tratti rettilinei (SSAP)
- (4) **Generiche smussate**: superficie smussata interpolante serie di punti (SSAP).

Superfici di forma generica..

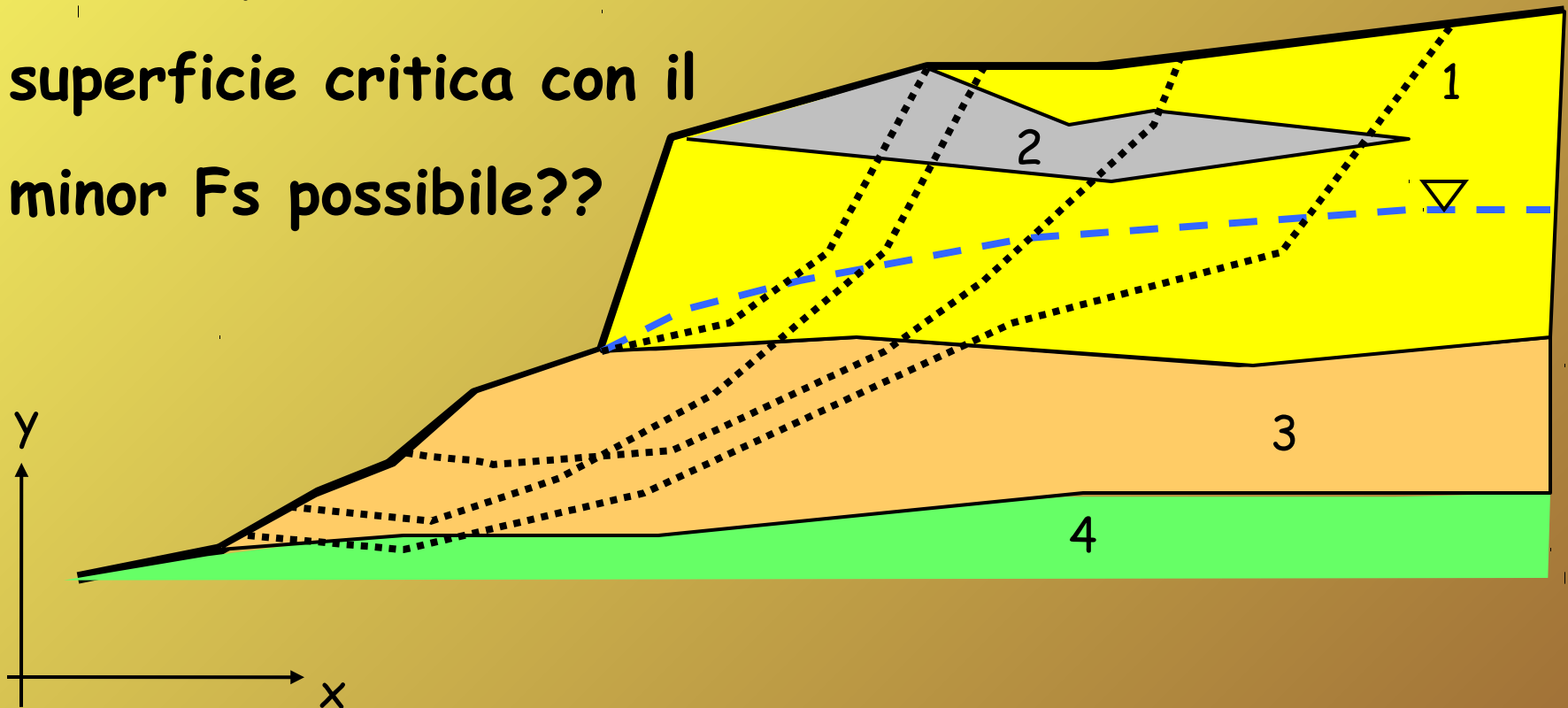
ovvero quanto si osserva nella realtà !

Infinite superfici e quasi infinite forme possibili..

Quindi qual è la reale

superficie critica con il

minor F_s possibile??



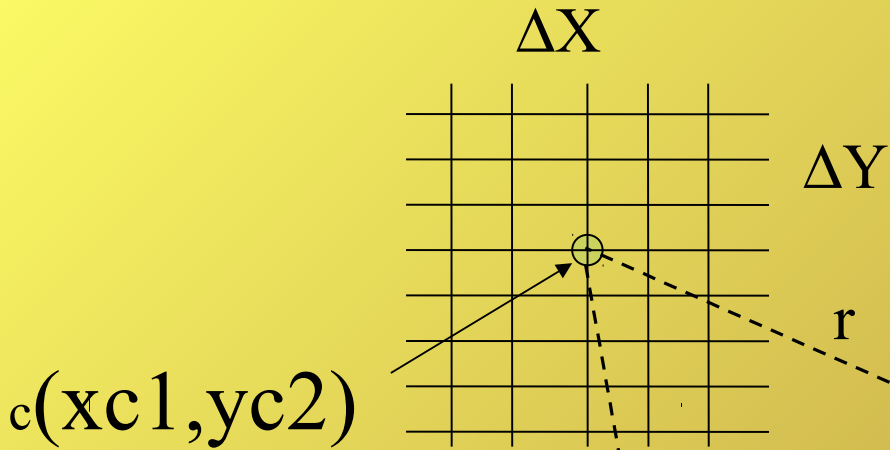
Fs del pendio - ovvero quello associato alla superficie con Fs minimo in assoluto :

Dopo un test su un numero di superfici significativo o aver esplorato adeguatamente un campo vasto di possibili superfici, l'Fs del pendio è quello della superficie con minor Fs tra quelle calcolate.

Abbiamo bisogno di **Strategia di ricerca** per trovare la superficie con **Fattore di sicurezza MINIMO**
Motori di ricerca e generazione delle superfici:

- Griglia a passo fisso (per sup. Circolari)
- Minimizzazione multidimensionale della funzione
Che definisce $F_s \rightarrow \text{MIN} [F_s]$
dove : $F_s = f(x_1, y_1, \dots, x_i, y_i, \dots, x_n, y_n)$ (per sup. Generiche)
- Random (*monte carlo*) (circolari e generiche)
- Metodi Misti

Griglia di ricerca

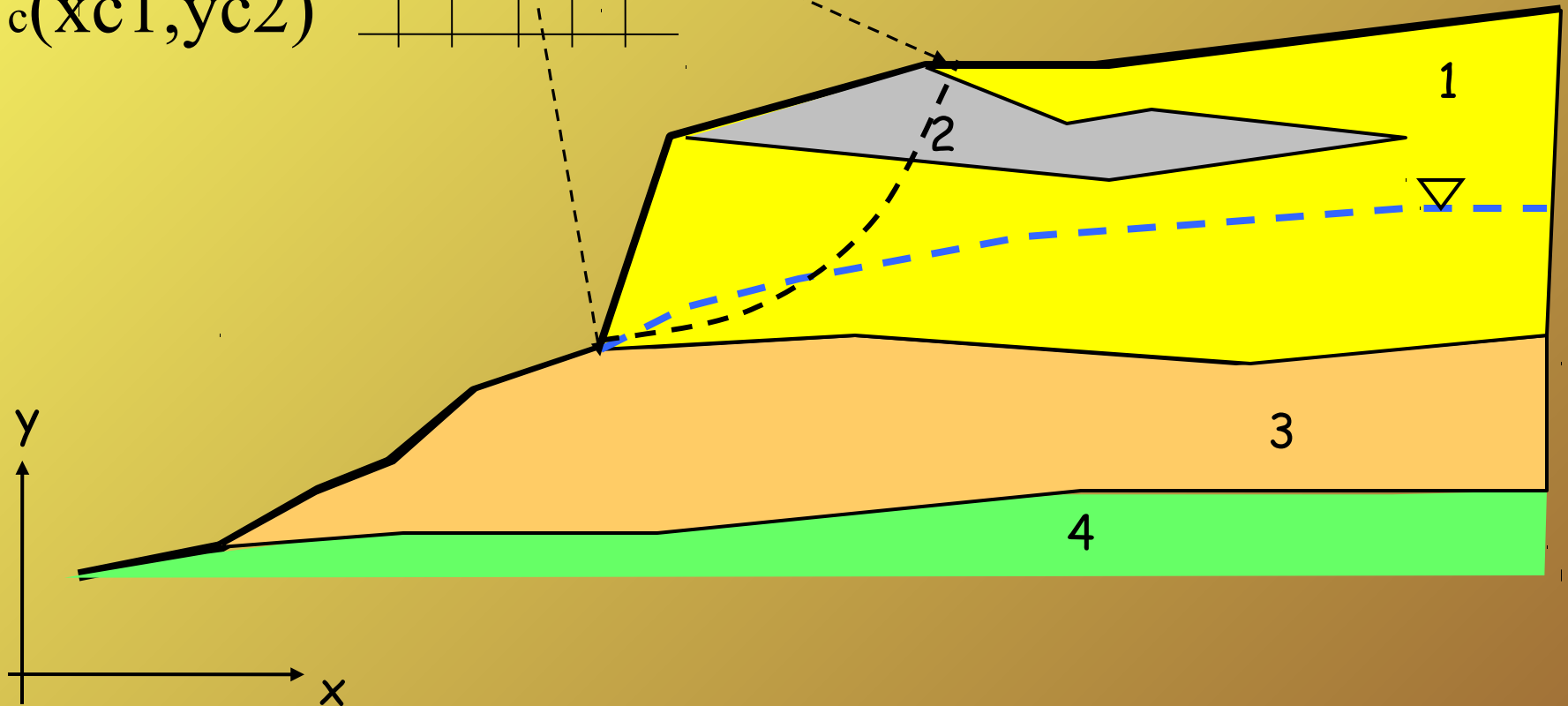


Vincolato al passo prefissato:

ΔX

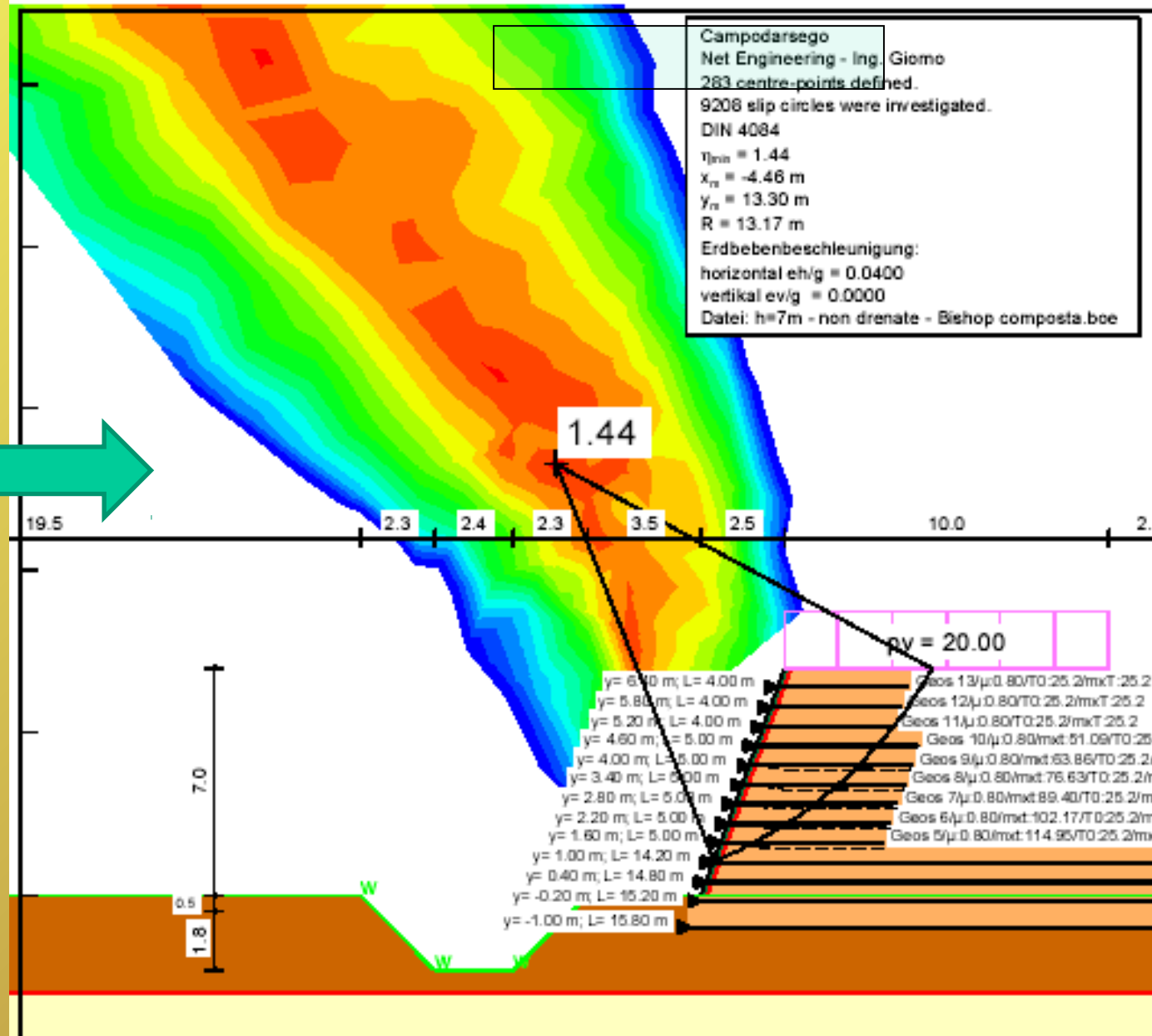
ΔY

Δr



I cerchi di scorrimento e problemi di indentificazione e significato del centro e raggio critico.

Es. non basta la Mappa di Fs in funzione dei centri di scorrimento .. Perché ad ogni centro corrisponde un quasi infinito numero di raggi..



Griglia di ricerca

Vincolato al passo prefissato:

ΔX

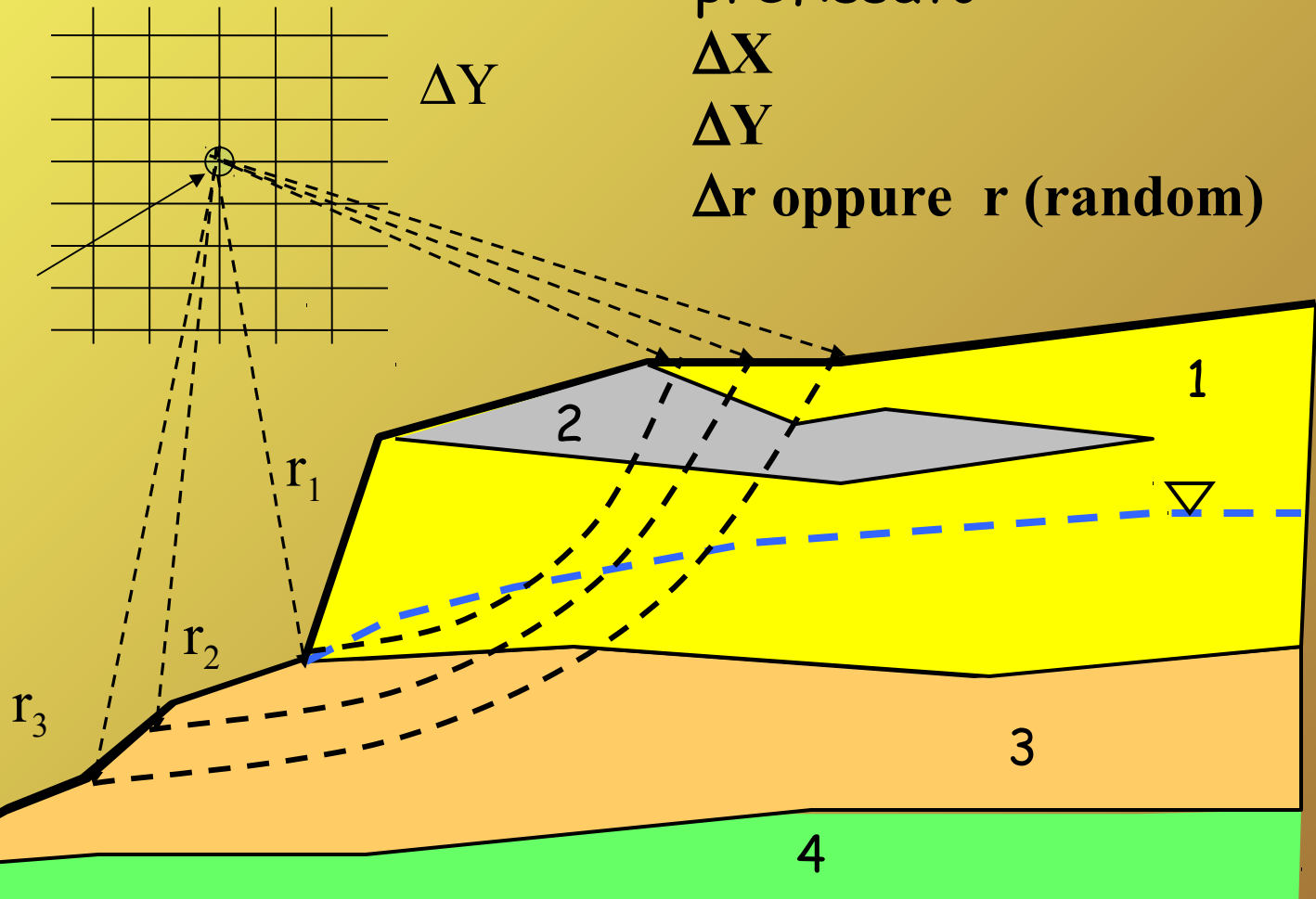
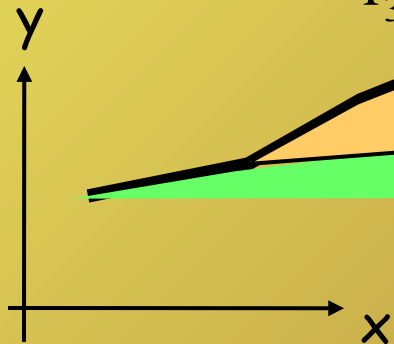
ΔY

Δr oppure r (random)

ΔX

ΔY

$c(xc1, yc2)$



N.B.: La mappa di F_s in funzione dei centri sposta la attenzione fuori del pendio anziché dentro.

Le forme circolari sono solo una frazione delle forme possibili

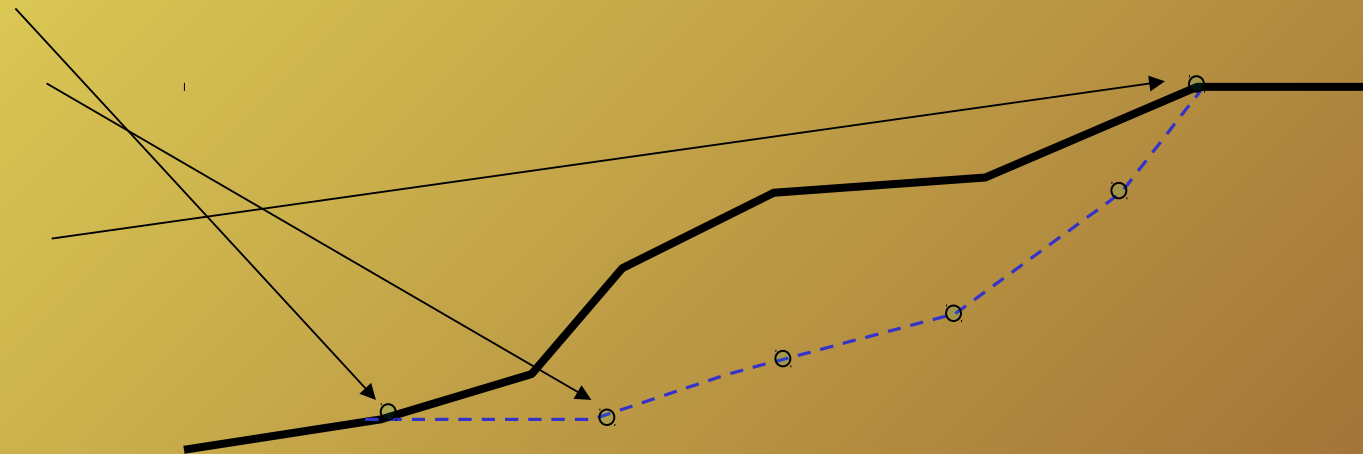
Superfici generiche - metodi di minimizzazione F_s

Obiettivo:

Determinare il vettore che definisce le coordinate dei nodi che definiscono la superficie alla quale compete il minor F_s possibile.

Uso di un algoritmo che fa variare automaticamente i nodi E calcola l' F_s per ogni superficie

N	X	Y
1	22.1	34
2	32.0	37.5
...
n	56.2	50.3



Superfici generiche - metodi di minimizzazione Fs

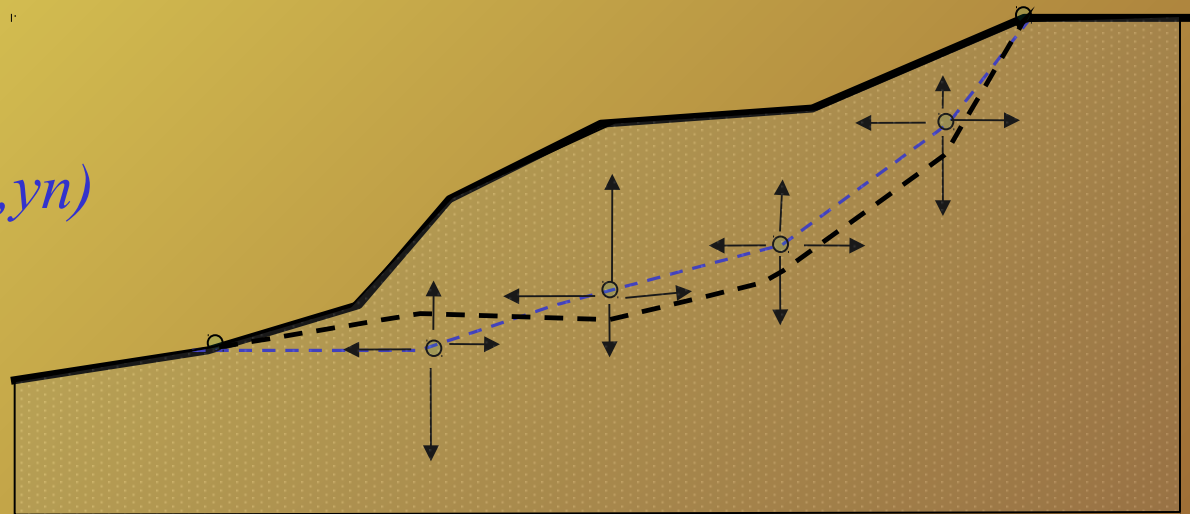
Problemi:

- Esistono infinite varianti o possibili superfici
- Deve essere prefissato in numero n di nodi
- Spesso devono essere fissate le coordinate del primo e dell'ultimo nodo
- Lo spazio di ricerca deve essere predefinito
- Numerose constraints durante la ricerca
- Complessità algoritmo di minimizzazione
- Problemi numerici e minimi locali

MIN [Fs]

dove :

$$F_s = f(x_1, y_1, \dots, x_i, y_i, \dots, x_n, y_n)$$



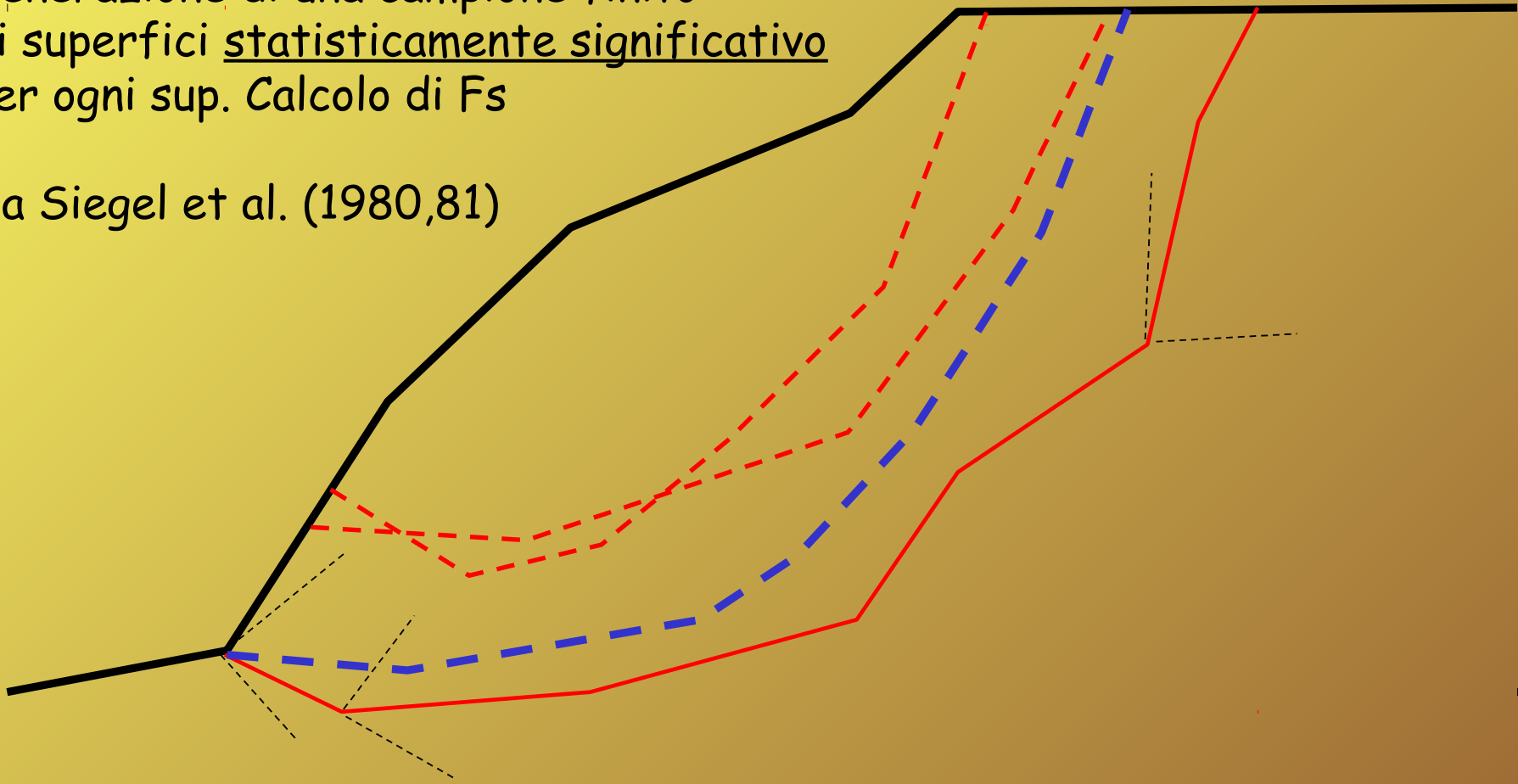
Superfici generiche - Generazione random *montecarlo*

Sfrutta la possibilità da parte del computer di generare
Sequenze di numeri pseudocasuali (random)

Generazione di una campione finito
di superfici statisticamente significativo

Per ogni sup. Calcolo di Fs

Da Siegel et al. (1980,81)

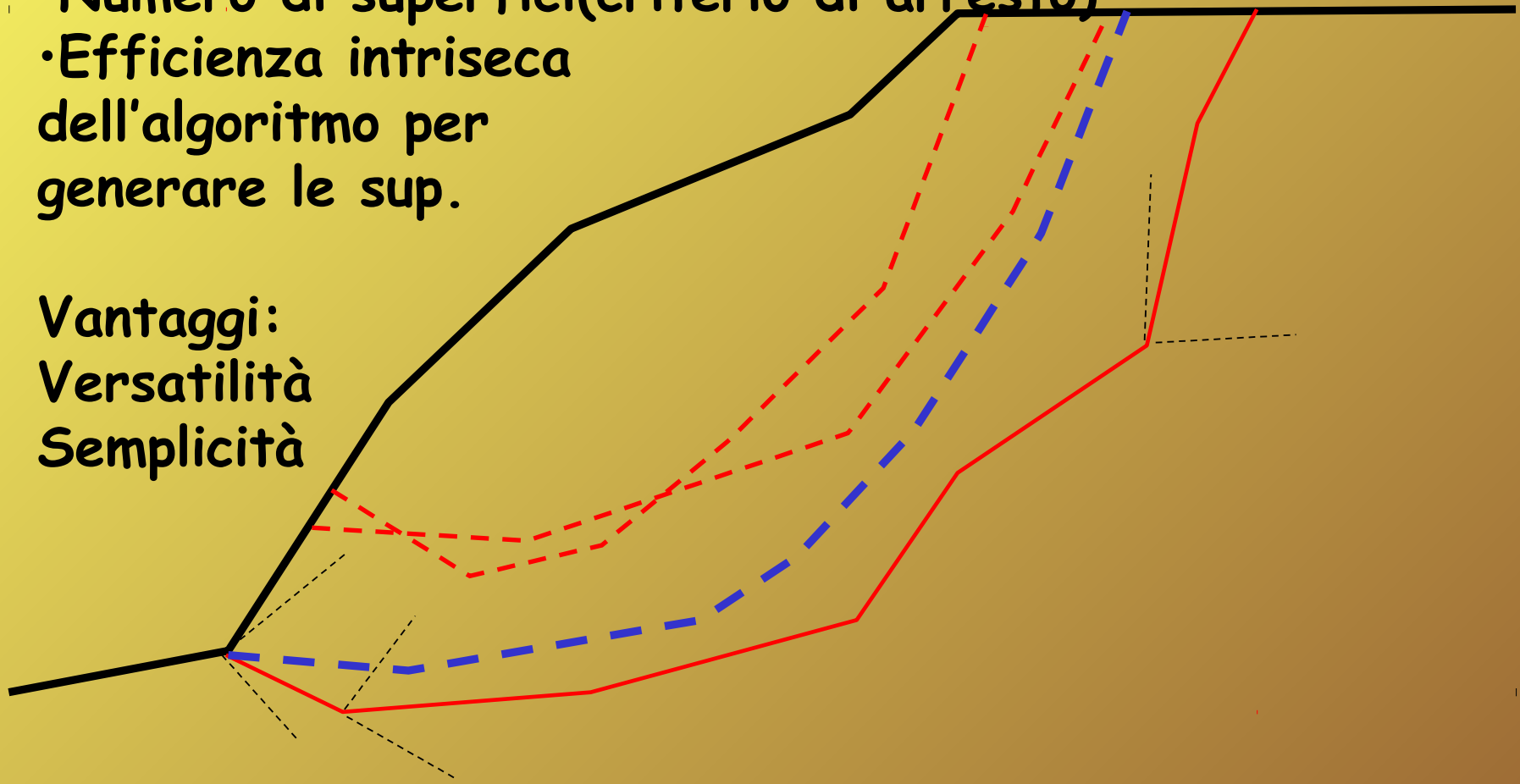


Superfici generiche - Generazione random montecarlo

Problemi:

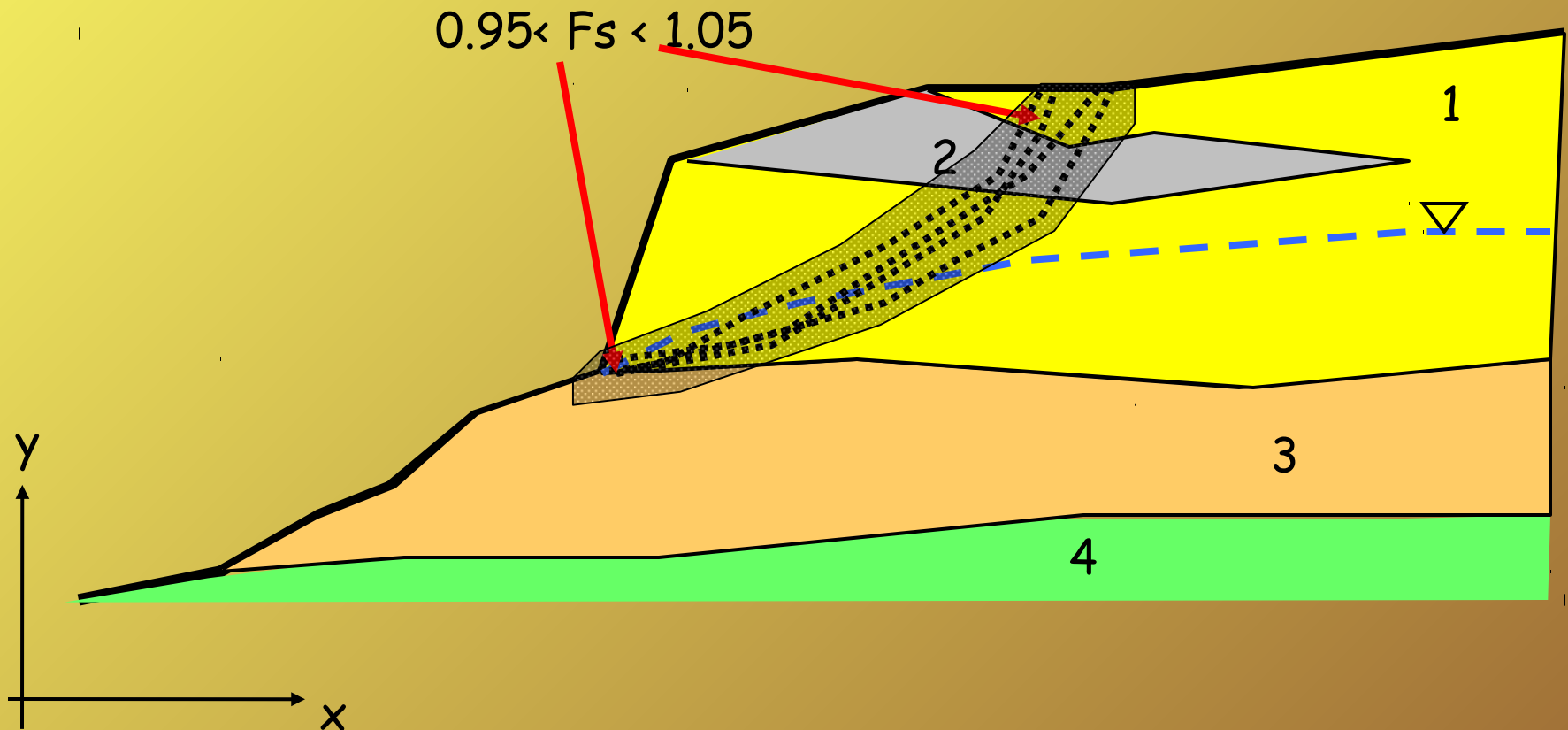
- Definizione spazio di ricerca
- Lunghezza segmenti
- Numero di superfici (criterio di arresto)
- Efficienza intrinseca dell'algoritmo per generare le sup.

Vantaggi:
Versatilità
Semplicità



Dopo la generazione di un campione significativo di superfici

Quelle per le quali abbiamo i minori F_s identificano
Una, o più zone critiche entro il pendio



Superfici generiche - Metodi misti

I° Fase di generazione e ricerca random

II° Fase minimizzazione multidimensionale

Superfici generiche - Metodi STRANI !!

Associazione di generazione random e ricerca locale di aree con peggiori caratteristiche geomeccaniche

(sniff random search SRS - SSAP Borselli (1999) e

Presente in ssap2010 ...) un una certa analogia

può essere fatta con il metodo di Greco (1996)

Anche se SRS è molto diverso..

Calcolo di Fs - formulazione di base

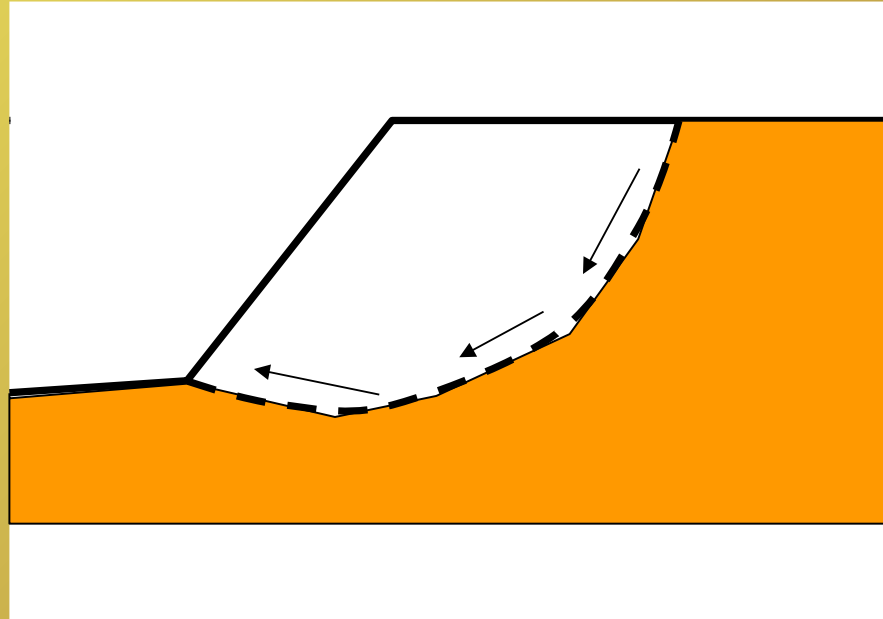
Per ogni superficie si può derivare:

Lo sforzo di taglio totale mobilitato τ_m (*domanda*) e

La resistenza al taglio disponibile τ_f (*capacità*):

è possibile definire Fs come:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$



Usando un **critero di rottura** (es **Mohr-Coulomb**) F_s è il fattore per cui occorre dividere i parametri della resistenza al Taglio del terreno per provocare la rottura del pendio lungo tutta la superficie considerata ovvero

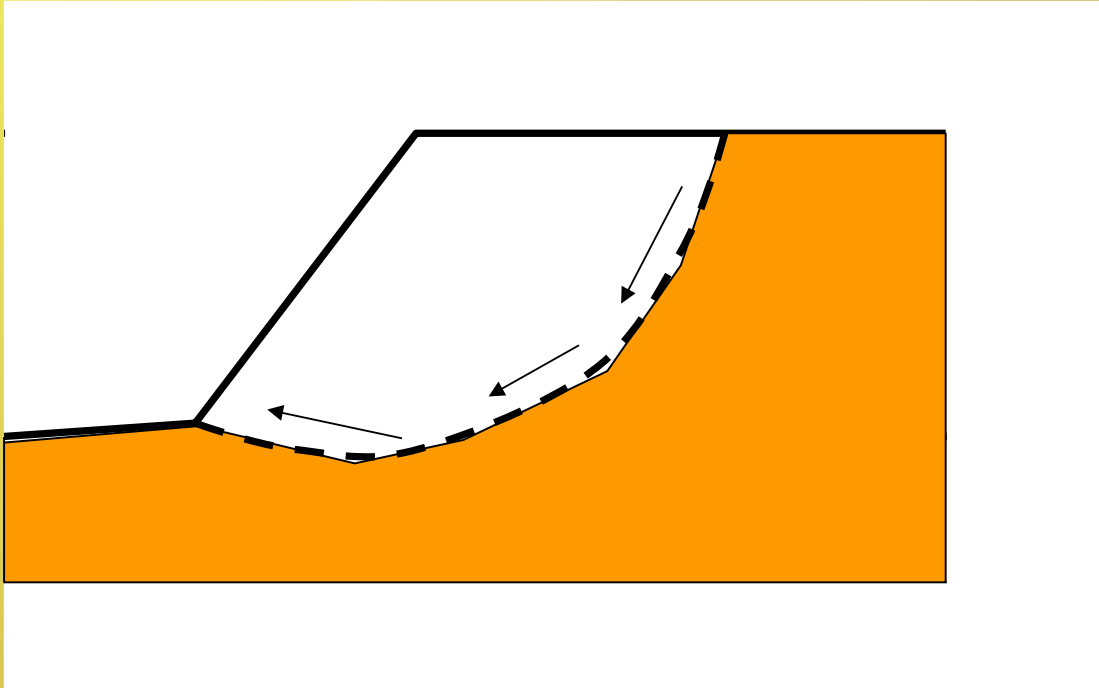
$$\tau_f = \tau_m$$

$$\tau_f = \frac{c'}{F_s} + \frac{\sigma' \tan \varphi'}{F_s}$$

Calcolo di F_s - formulazione di base

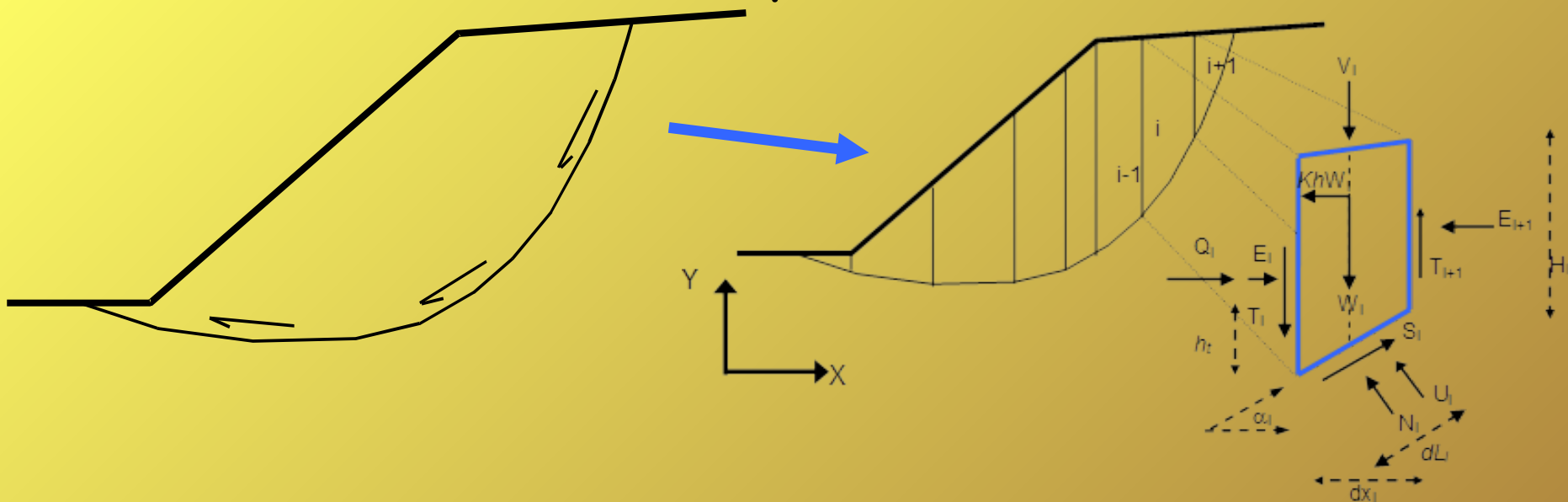
Nel caso di variabilità delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento, sebbene F_s possa essere in realtà variabile, si assume che F_s sia costante.

Ovvero abbiamo dovunque la medesima frazione di resistenza al taglio mobilitata rispetto a quella massima mobilitabile



**Comportamento a rottura
rigido perfettamente
plastico: non si deforma
fino a quando non arriva
a rottura**

Metodo dell'equilibrio limite



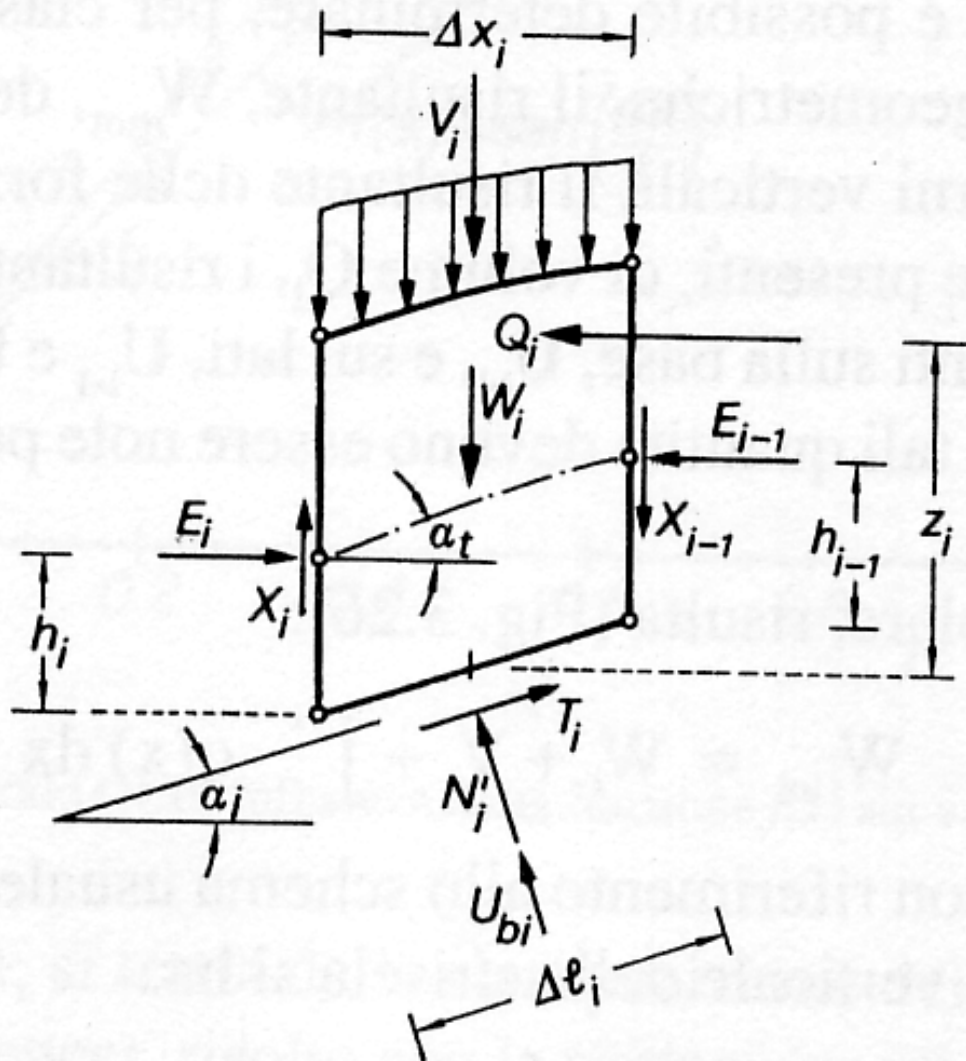
F_s può essere determinato mediante gruppi di eq. per l'equilibrio dei corpi rigidi:

Equilibrio alla traslazione nelle direzioni verticali e orizzontali

$$\sum V_i = 0$$
$$\sum H_i = 0$$

Equilibrio alla rotazione rispetto a un punto

$$\sum M_i = 0$$

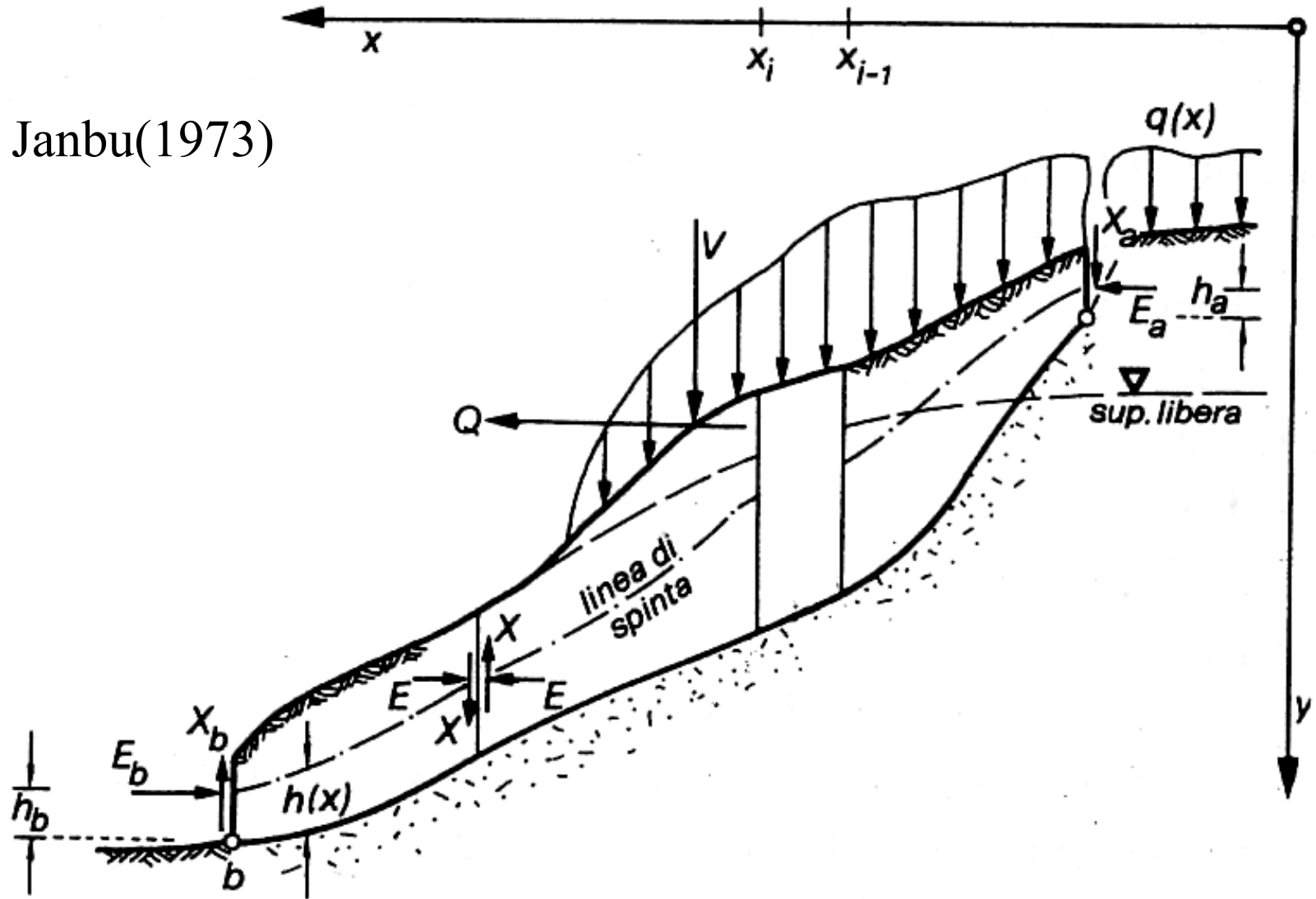


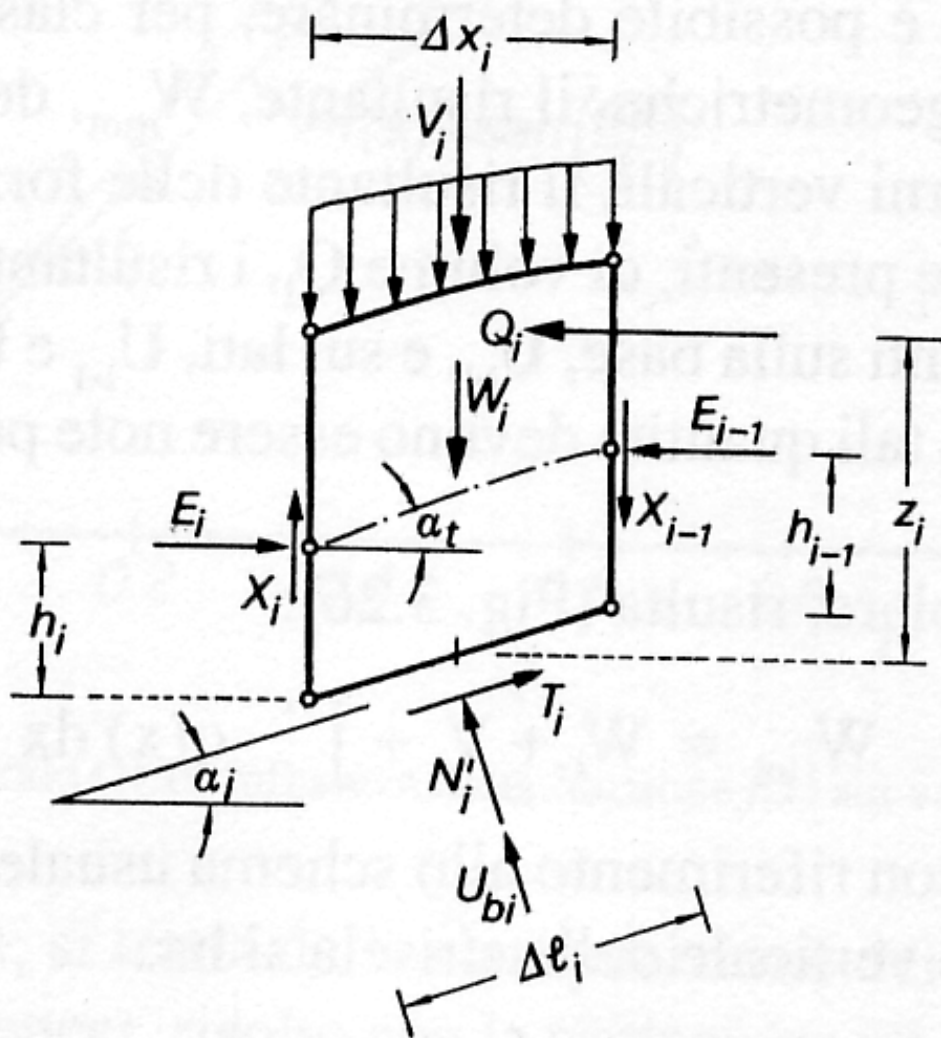
Janbu(1973)

$E(x)$ = interazione orizz.
Conci

$X(x) = T(x)$ = forza di
taglio
Verticale tra i conci

Janbu(1973)





La maggior parte
dei metodi di calcolo
Si differenziano
Per le assunzioni fatte
Per rendere il problema
staticamente determinato

$$\text{Es: } T(x) = \lambda f(x) E(x)$$

$h_t(x)$ = posizione linea di spinta

λ = costante (variabile tra 0 e 1.25)

$f(x)$ = funzione interconco variabile tra 0 e 1

$E(x)$ = forza interazione
orizz. (normale) Conci

$T(x) = X(x)$ = forza di taglio
Verticale tra i conci

Janbu(1973)

$F_s \rightarrow$ procedura di calcolo iterativa

Se si prendono in esame i soli metodi rigorosi che considerano sempre la distribuzione delle forze interne interconco $E(x)$ e $T(x)$ come potenzialmente non nulle e i momenti delle forze è necessario applicare speciali algoritmi di risoluzione per ottenere F_s associato a una specifica superficie.

I metodi iterativi sono i più usati .. Calcolo di $F_s(\text{forze})=F_s(\text{momenti})$ per specifici valori di λ (Fredlund e Krahn 1975) .
Il metodo classico ha molti fasi di iterazioni..

Calcolo iterativo diretto (una sola fase di iterazioni) .,,, (Zhu, 2005)

F_s (forze e momenti)

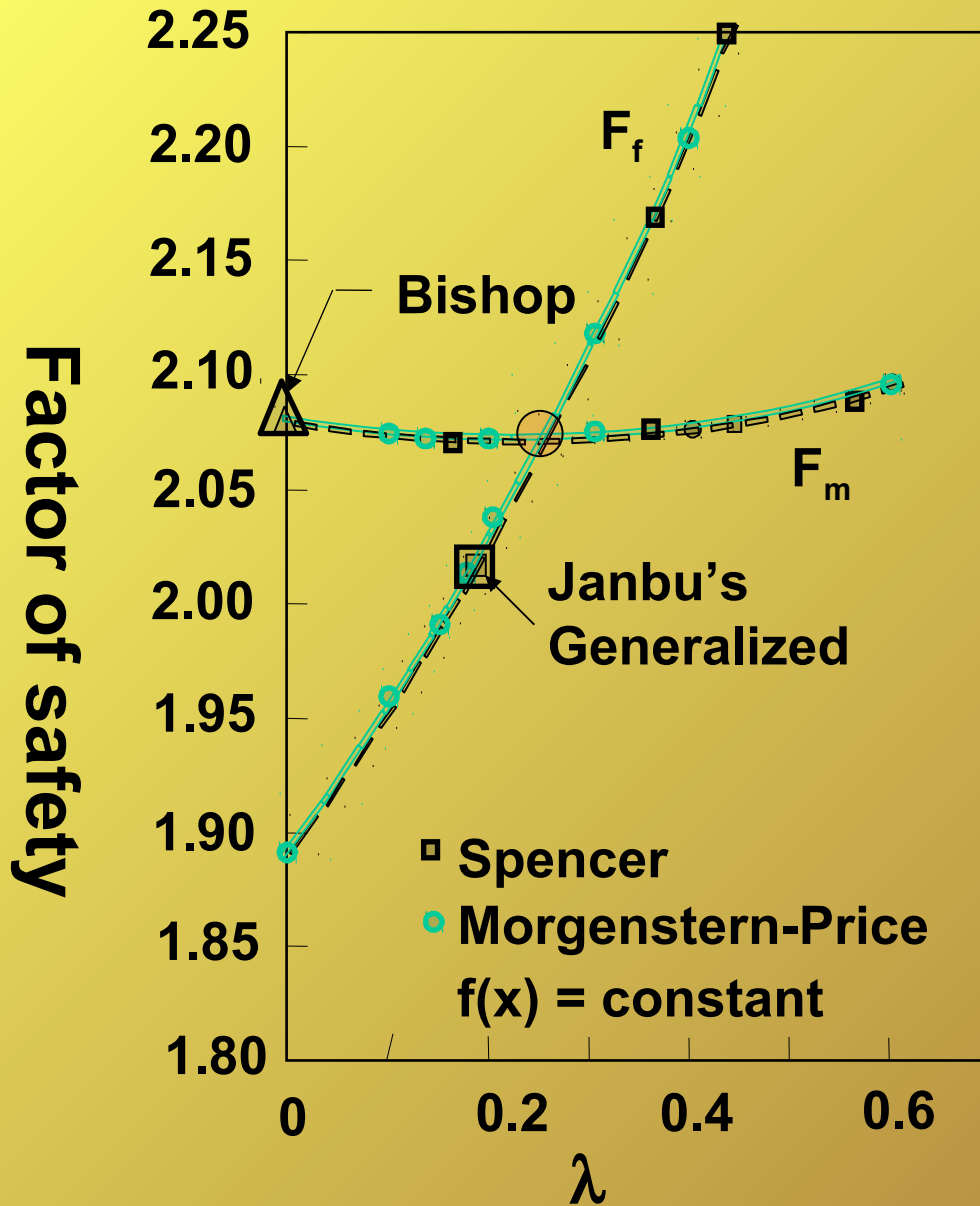
Che permette di trovare anche

Il valore ottimale di λ :

$h_t(x)$ = posizione linea di spinta

λ = fattore di scala (variabile tra 0 e 1.25)

$f(x)$ = funzione interconco variabile tra 0 e 1



Equilibrio
dei momenti
e delle forze

$$F_m = F_f$$

Per dati valori di
Lambda....

(un numero di cicli di
iterazioni elevato...)

Da Fredlund and Krahn
(1975)

Però In SSAP 2010..

Si usa un algoritmo di calcolo innovativo che è una evoluzione di quello proposta da Zhu (2005) per metodo di Morgenstern & Price (1965).

La parte nuova è :

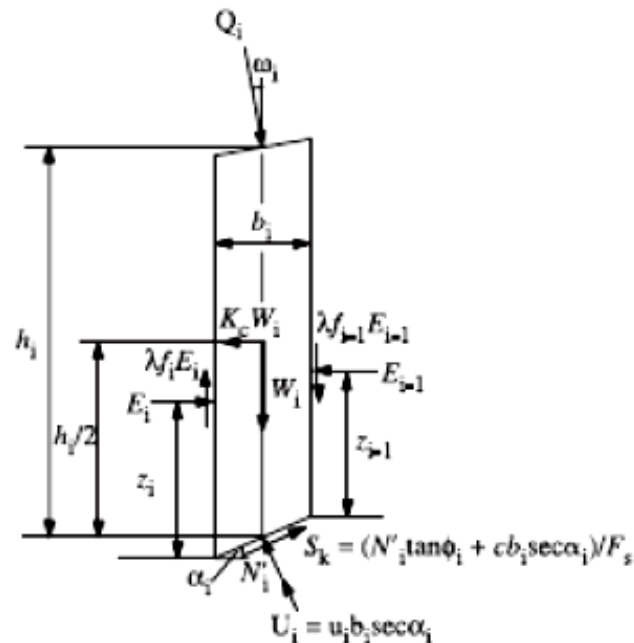
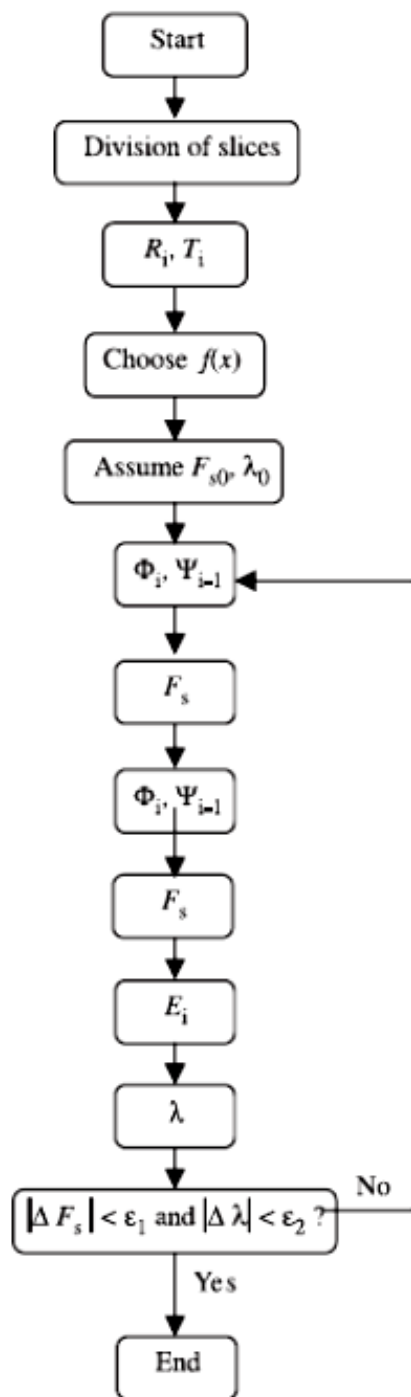
1) ulteriore generalizzazione del metodo di Zhu(2005) consentendo di usare l'algoritmo anche con i vari metodi di calcolo rigorosi adottati nelle verifiche di stabilità: (es. janbu rigoroso, spencer, sarma, morgestern, correia ..)

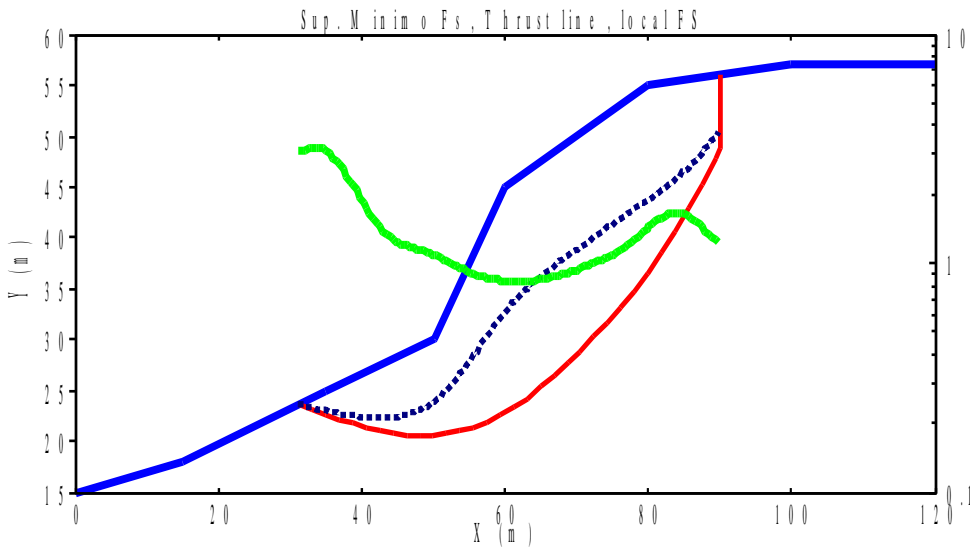
2) inclusione delle interazioni delle strutture di rinforzo (quasi assenti nel metodo di Zhu(2005) originale)

Fs (generale per equilibrio momenti e forze) e fattore di scala λ sono calcolati mediante un procedimento numerico più efficiente di quelli tradizionali

Una singola fase di iterazioni
Per la determinazione di F_s
e λ (da Zhu 2005)

Adottato e generalizzato
In ssap2005.



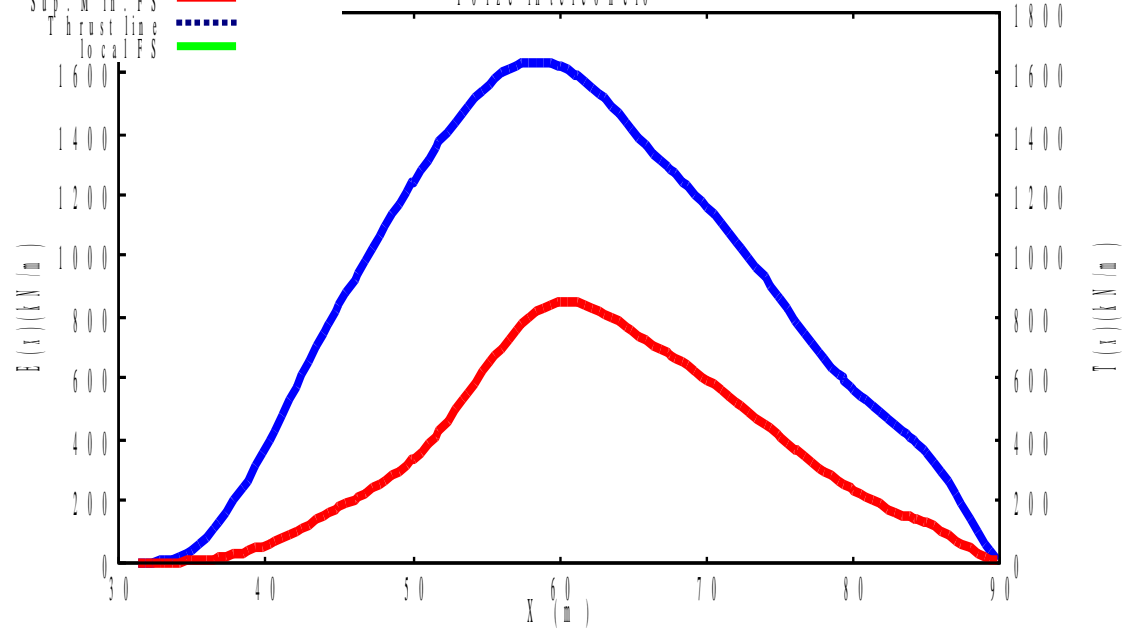


local FS

**Durante la ricerca della soluzione
Fs e lambda
Vengono anche ottenute
La distribuzione delle forze
E(x) e T(x)**

27/01/13 09:13

Sup. Topografica
Sup. Minimo FS
Thrust line
local FS



27/01/13 09:13

$E(x)$ (kN/m)
 $T(x)$ (kN/m)

Metodi che garantiscono

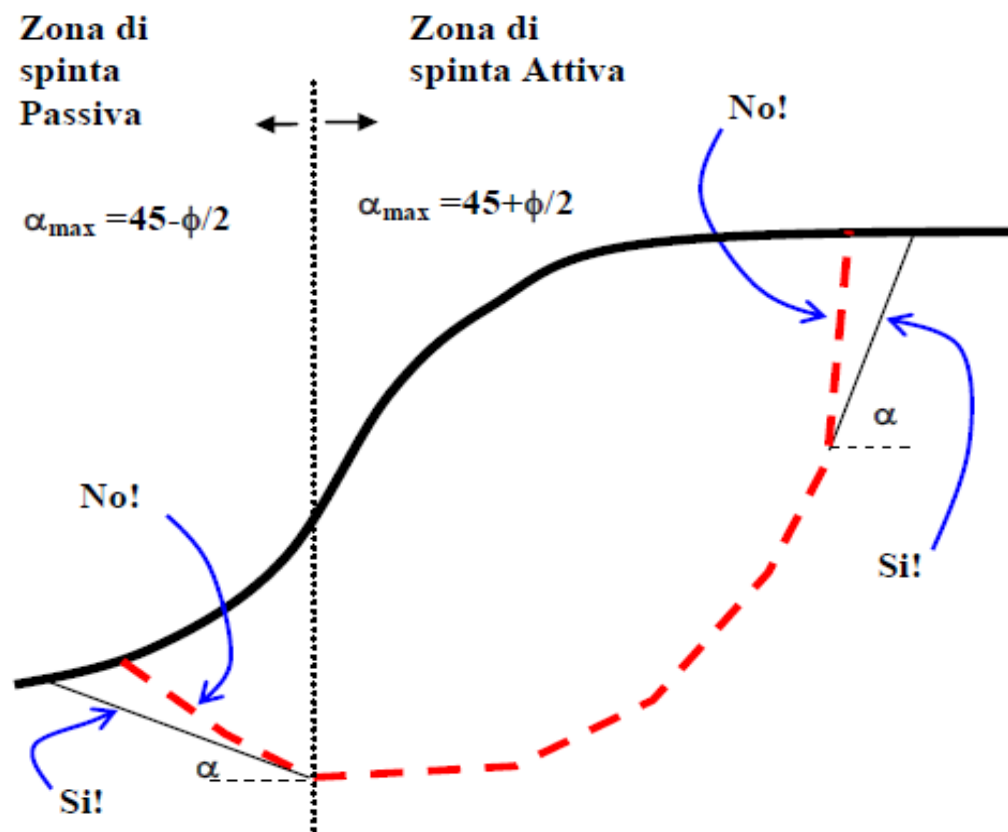


$$\begin{matrix} \sum V_i = 0 \\ \sum H_i = 0 \end{matrix} \quad \sum M_i = 0$$

tabella 2.1: relazione funzionale che esprime $t(x)$ per i vari modelli di calcolo implementati

Gruppo	Modello di calcolo adottato per la risoluzione di FS	Relazione funzionale che esprime $T(x)$
I	Spencer (1967)	$T(x) = \lambda E(x)$
I	Sarma I (1973)	$T(x) = \lambda \left[\bar{c}' H(x) + \left((E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right) \right] \frac{1}{F_s}$
II	Morgestern & Price (1965)	$T(x) = \lambda f(x) E(x)$
II	Correia (1988)	$T(x) = \lambda f(x)$
II	Sarma II (1979)	$T(x) = \lambda f(x) \left[\bar{c}' H(x) + \left((E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right) \right] \frac{1}{F_s}$
III	Janbu Rigoroso (1973)	$T(x) = E(x) \tan \alpha_t + h_t \frac{dE(x)}{dx} + \dots$

Verifica della accettabilità delle superfici prima del calcolo



Limitazioni nella forma delle superfici di scivolamento

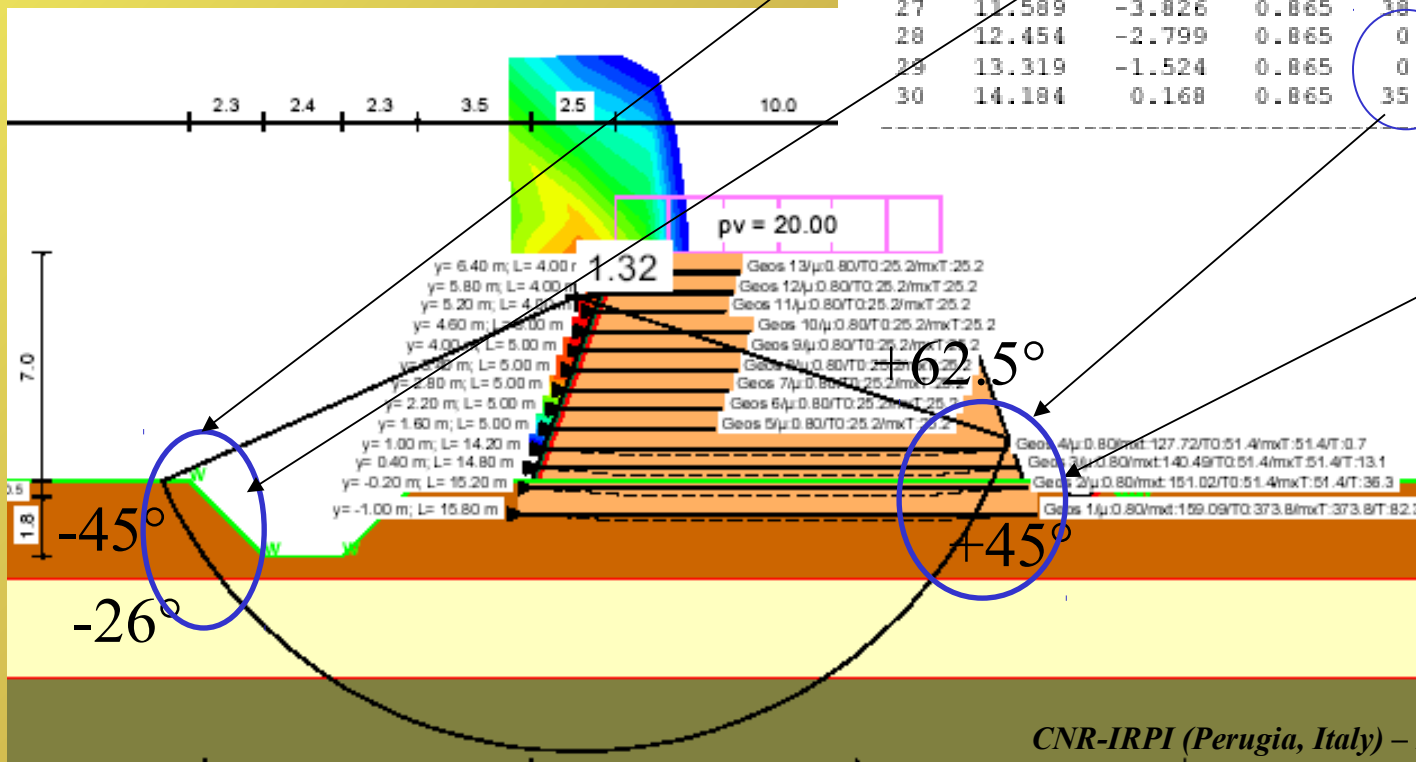
Per evitare problemi numerici con superfici non cinematicamente possibili

Significatività dei risultati:

Forma e inclinazione locale delle superfici

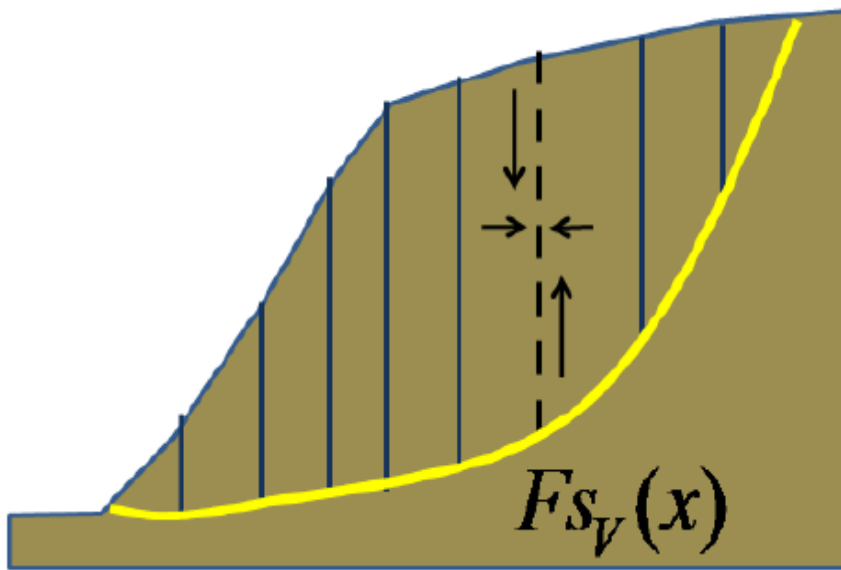
No.	x [m]	y [m]	b [m]	phi [°]	c [kN/m ²]	FWD [-]	tet [°]
1	-10.902	-0.889	0.865	0.1	35.0	0.00	-62.0
2	-10.037	-2.305	0.865	0.1	35.0	0.00	-55.2
3	-9.172	-3.423	0.865	38.0	0.0	0.00	-49.4
4	-8.307	-4.343	0.865	38.0	0.0	0.00	-44.2
5	-7.442	-5.115	0.865	38.0	0.0	0.00	-39.4
6	-6.577	-5.771	0.865	38.0	0.0	0.00	-34.9
7	-5.712	-6.328	0.865	0.1	30.0	0.00	-30.7
8	-4.847	-6.800	0.865	0.1	30.0	0.00	-26.6
9	-3.982	-7.197	0.865	0.1	30.0	0.00	-22.7
10	-3.117	-7.526	0.865	0.1	30.0	0.00	-18.9

21	6.399	-7.342	0.865	0.1	30.0	0.00	21.1
22	7.264	-6.974	0.865	0.1	30.0	0.00	25.0
23	8.129	-6.534	0.865	0.1	30.0	0.00	29.0
24	8.994	-6.013	0.865	0.1	30.0	0.00	33.1
25	9.859	-5.400	0.865	38.0	0.0	0.00	37.5
26	10.724	-4.680	0.865	38.0	0.0	0.00	42.1
27	11.589	-3.826	0.865	38.0	0.0	0.00	47.1
28	12.454	-2.799	0.865	0.1	35.0	0.00	52.7
29	13.319	-1.524	0.865	0.1	35.0	0.00	59.0
30	14.184	0.168	0.865	35.0	0.0	0.00	66.8

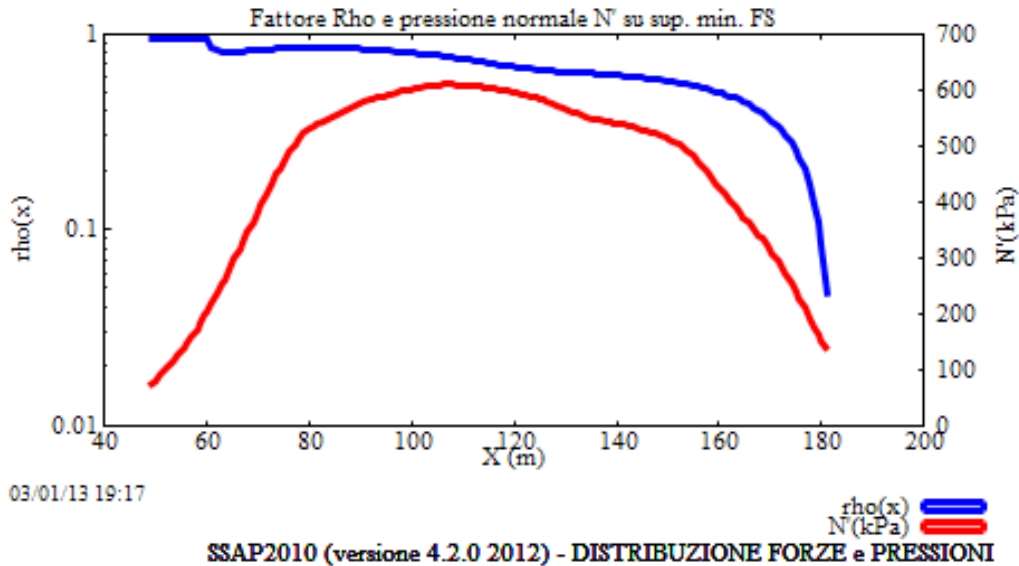


Ulteriori Problemi numerici e di convergenza

- Numero insufficiente (o eccessivo..) di conci che dividono la massa scivolante
- dE/dx e altre derivate (metodo di Janbu)
- Sovrappressioni negative (in aree con basso peso unitario terreno, basso c' , basso W e forti spinte idrostatiche)
- Pressioni normali alla sup. di sciv., negative
- Tension cracks (forze di trazione in zone sommitali dei pendii con $C', C_u > 0$)
- + molti altri... come fattore $Rho(x)$ e $Fv(x)$..



$$F_{S_v}(x) = \frac{\bar{c}' H(x) + [E(x) - U_v(x)] \tan \phi'}{T(x)}$$



$$Rho(x) = \left| \frac{Fs}{F_{S_v}(x)} \right|$$

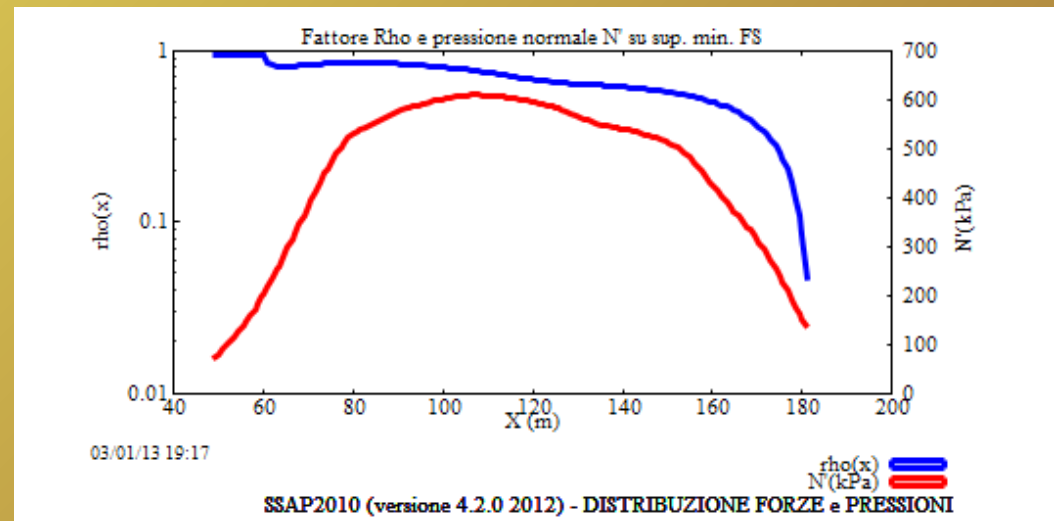
Perché sia staticamente e cinematicamente accettabile il valore di FS calcolato, secondo diversi studi (Sarma ,1973;Sarma e Tan. 2006) è **necessario** che all'interno della massa potenzialmente scivolante **sia sempre verificato**:

$$Fs_v(x) = \frac{\bar{c}' H(x) + [E(x) - U_v(x)] \tan \phi'}{T(x)} > 1.0$$

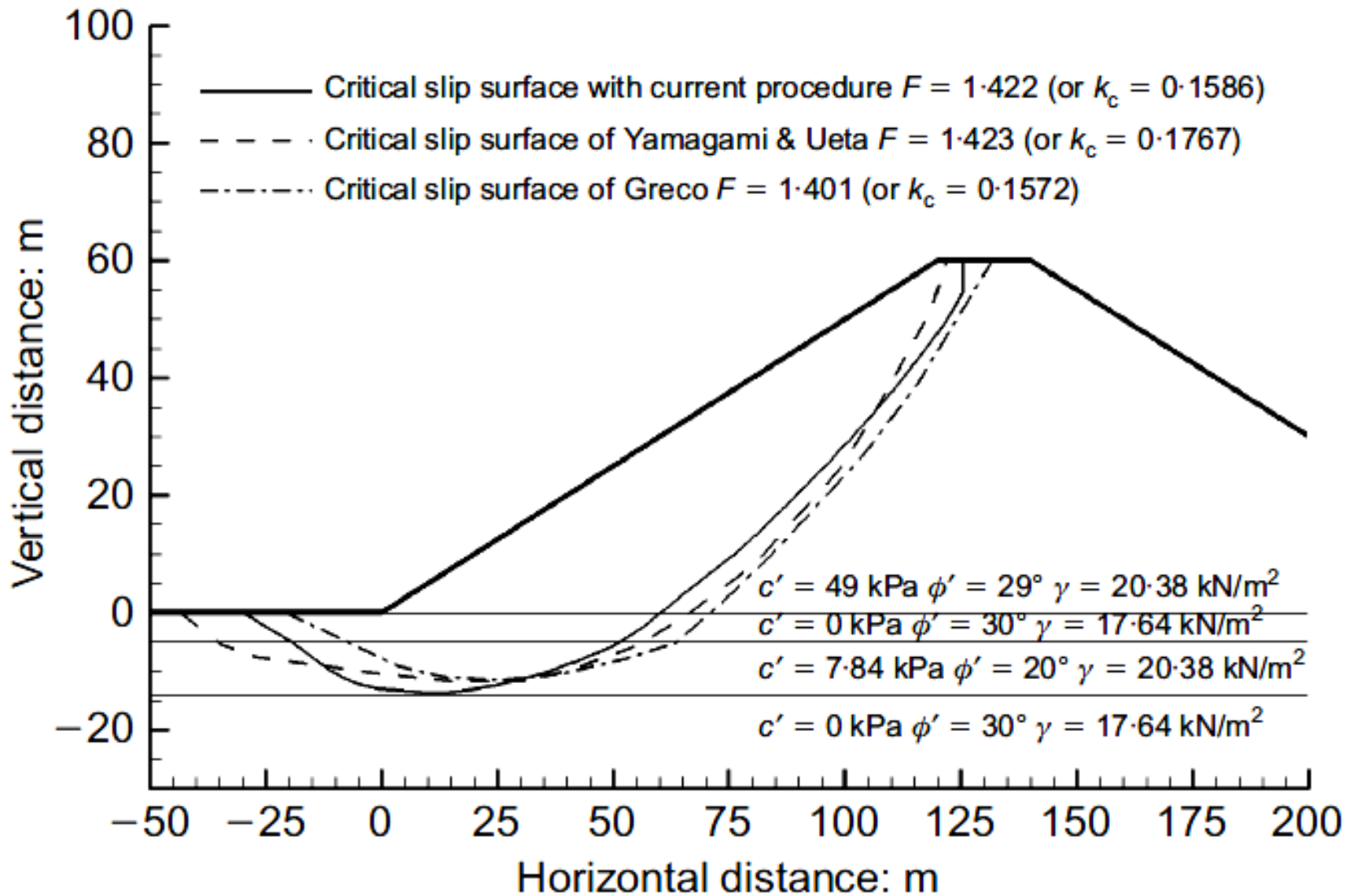
Mentre altri autori (es. Zhu , 2003) sostengono che comunque che **deve essere sempre**:

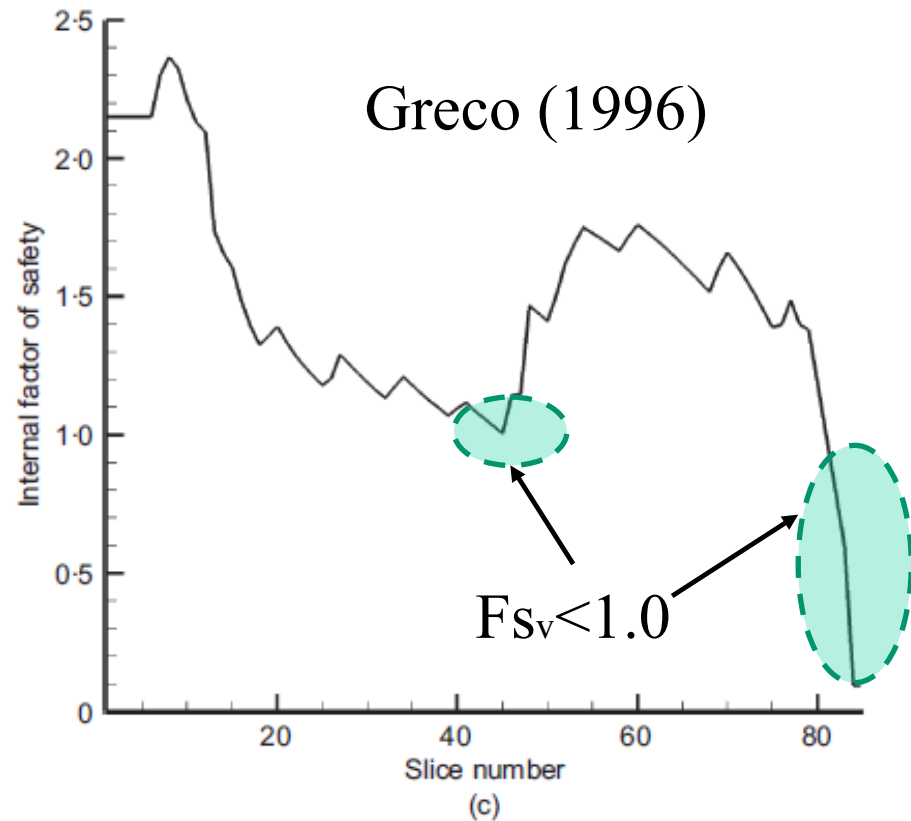
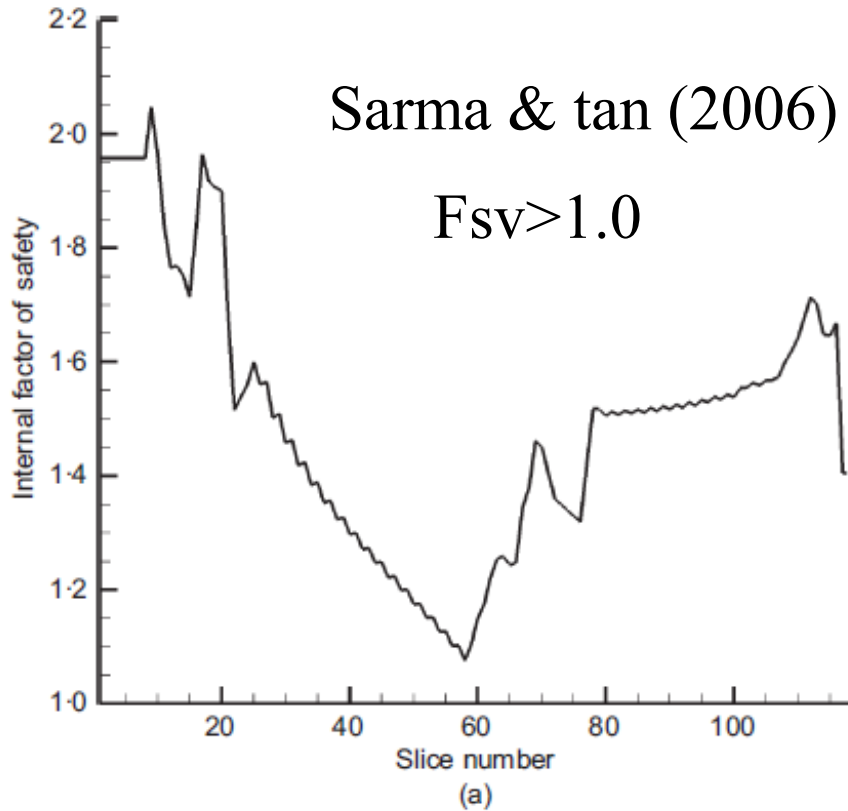
$$Rho(x) = \left| \frac{Fs}{Fs_v(x)} \right| < 1.0$$

ovvero $|Fs| < |Fs_v(x)|$

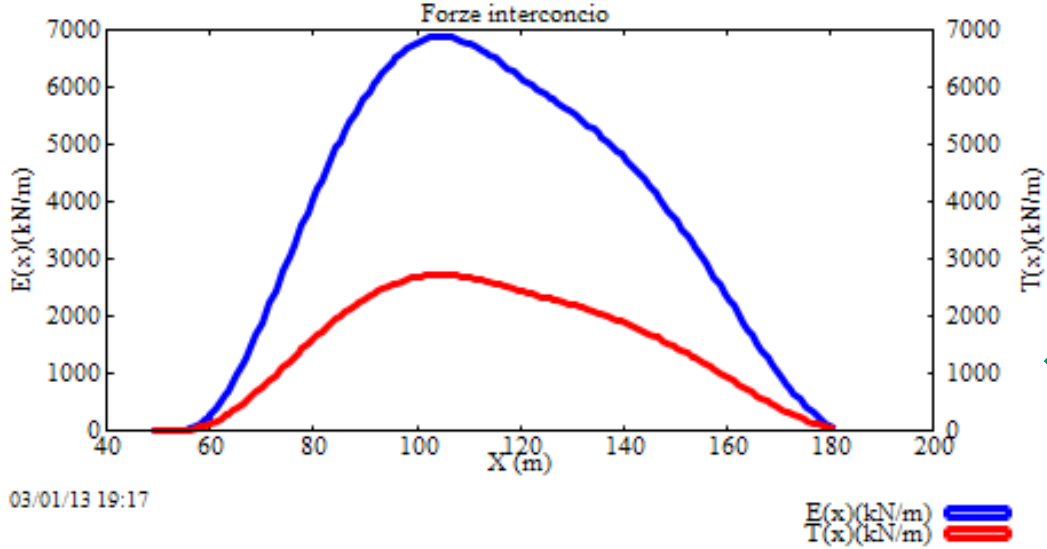


Questo è il criterio in uso in SSAP2010 al momento.. Che può essere usato per filtrare superfici non compatibili

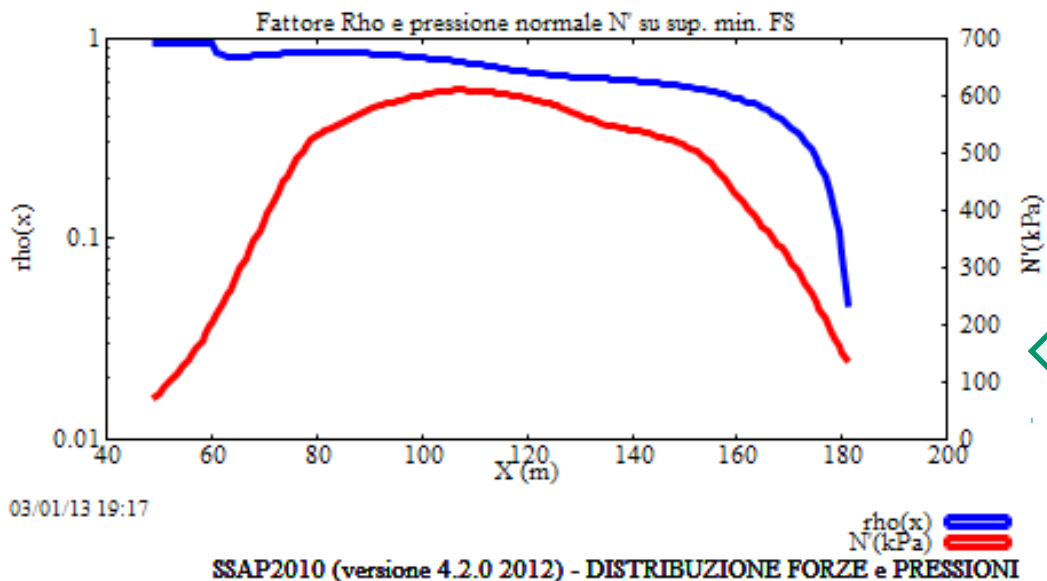




F_{sv} ricalcolato da Sarma e Tan (2006) per le due Superfici critiche corrispondenti



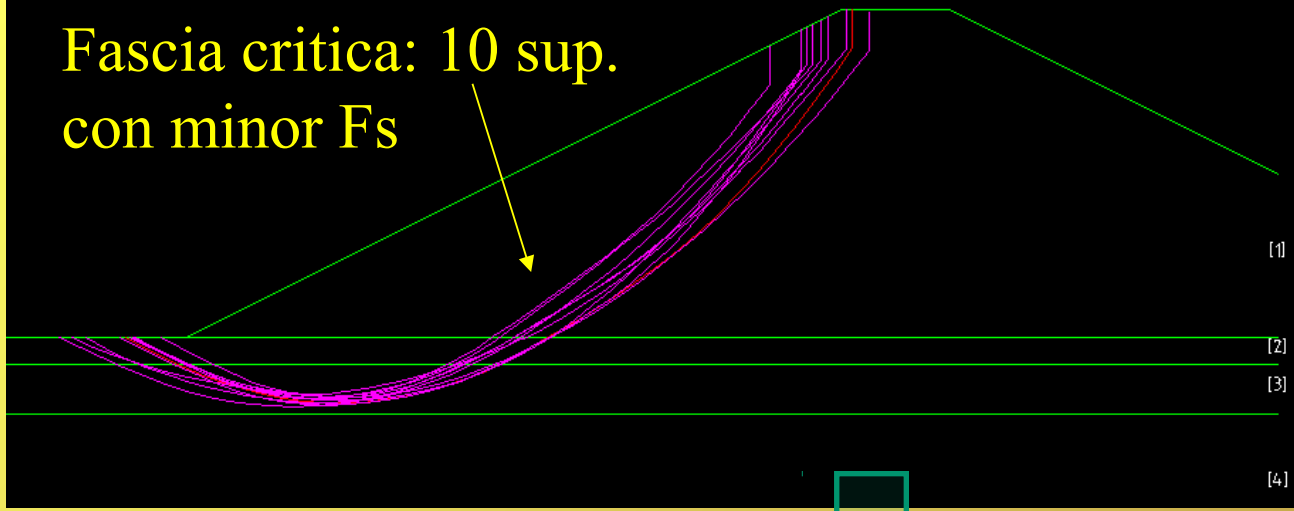
**Distribuzione Funzione
forze interconcorso $E(x)$
 $T(x)$**



**Distribuzione $\rho(x)$ e
 $N'(x)$ (stress normale
Efficace sulla superficie di
Scivolamento)**

**Esempio di *Sarma*
e *Tan* (2006) in SSAP 4.2.0**

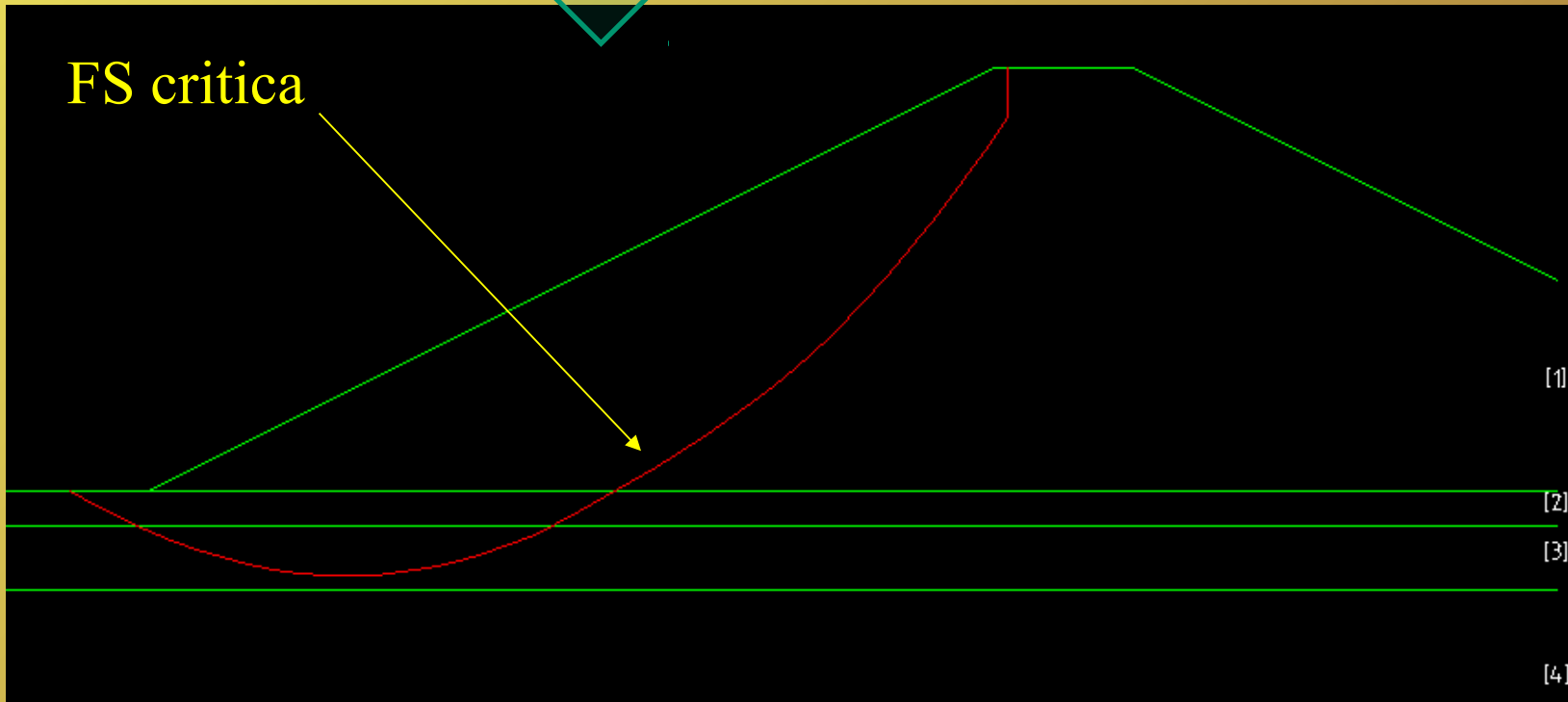
Fascia critica: 10 sup.
con minor Fs

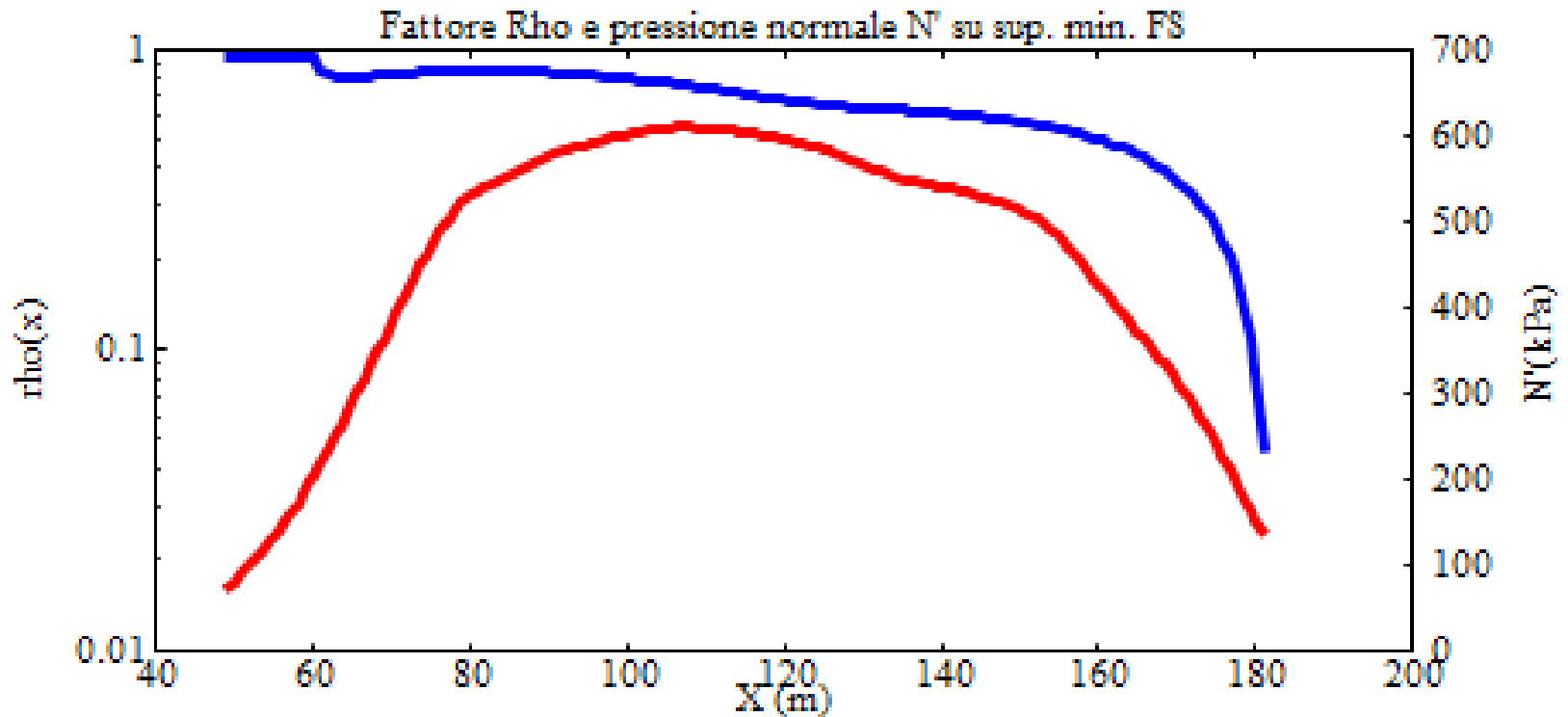


Lo stesso pendio in ssap
2010 rel 4.2.0
Fs=1.367 (metodo
spencer 1973) con
tension crack,
Motore random search
smooth... (sarà un
esempio su cui ci
eserciteremo ..)



FS critica





03/01/13 19:17

rho(x) 
 N'(kPa) 

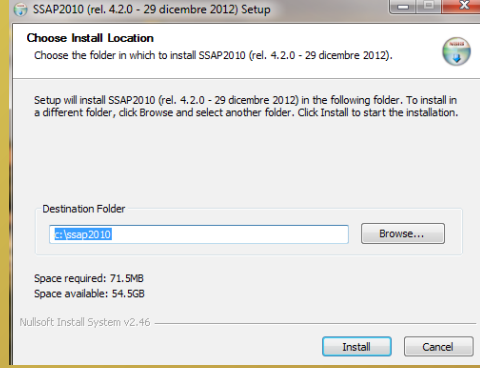
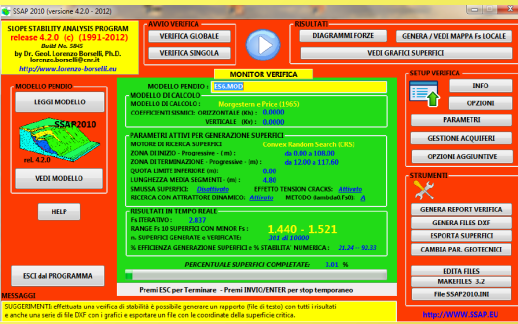
SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

Funzione Rho(x)
$$Rho(x) = \left| \frac{F_s}{F_{s_v}(x)} \right| < 1.0$$

Conclusioni

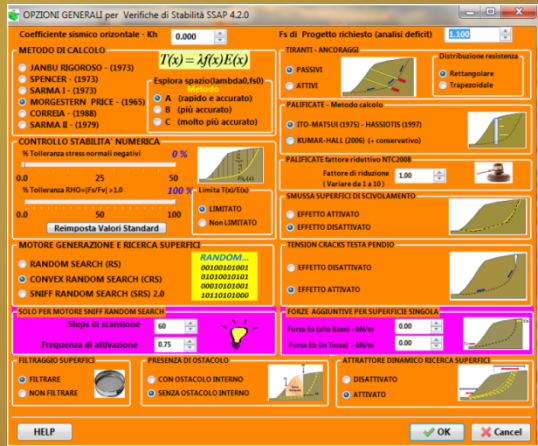
Alcune delle fasi di una verifica di stabilità dei pendii rivestono un ruolo molto più importante di quello che comunemente ci si aspetta:

1. **Modello 2D del pendio: geometria, idraulica, geomeccanica**
2. **Motore di generazione delle superfici: Tipo, forma, numero, area di ricerca**
3. **Criteri di accettazione superfici (stabilità numerica e significato geomeccanico) +(filtri di post generazione) ne parleremo ancora con esempi pratici..**
4. **Interazione con strutture di rinforzo (ne parleremo domani!)**



Parte IV INSTALLAZIONE

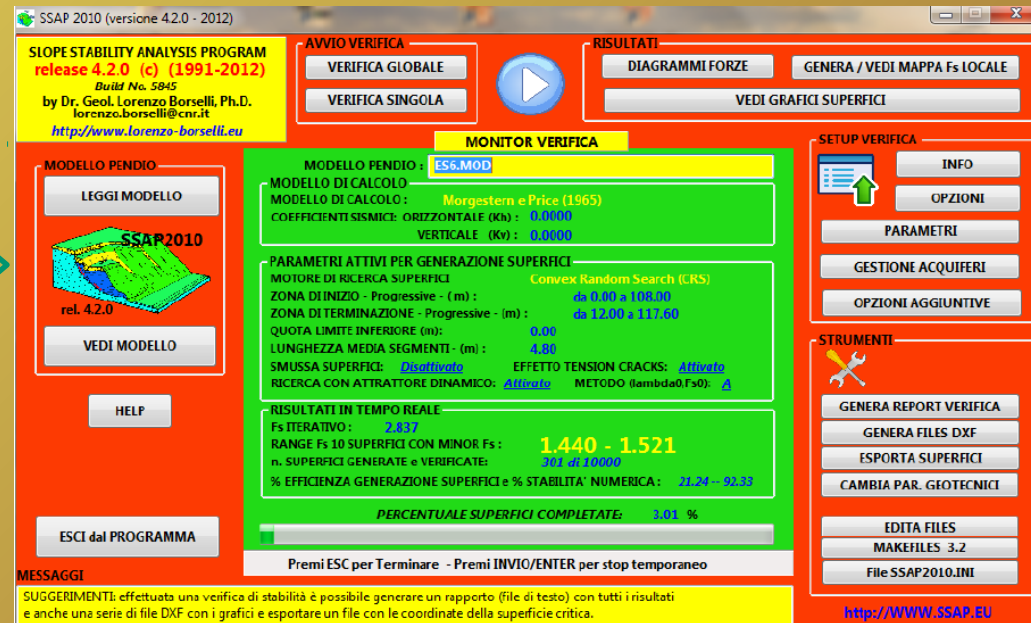
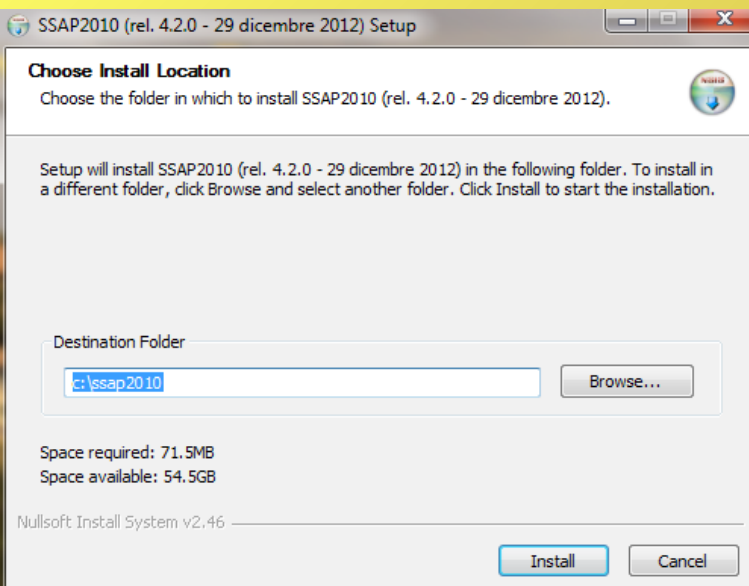
di SSAP 2010
 Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
 Universidad Autonoma de San Luis
 Potosi -UASLP
 Instituto de Geología
 Facultad de Ingeniería.
 San Luis Potosi, MEXICO



E_mail:
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx
http://www.lorenzo-borselli.eu

ssap2010 (rel. 4.2.1 - 2012).

INSTALLAZIONE E CONFIGURAZIONE del SOFTWARE



La procedura passo-passo è anche illustrata alla pagina:

<http://www.ssap.eu/basicsetup.html>



Pagina web dedicata alle istruzioni per la installazione
<http://www.ssap.eu/basicsetup.html>

ssap2010 (rel. 4.2.1 - 2012).

INSTALLAZIONE E CONFIGURAZIONE del SOFTWARE

Dal Web site: www.ssap.eu

CONFIGURAZIONI MINIME HARDWARE E SOFTWARE

HARDWARE (configurazione minima):

- PC: desktop, notebook e netbook
- SPAZIO LIBERO SU DISCO RIGIDO - 200 Mbyte
- RAM CONVENZIONALE LIBERA 2GB per WIN 7/WIN 8
- SISTEMA OPERATIVO: WIN 7/ WIN 8

SSAP2010

(SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM)

<http://www.ssap.eu>

Versione 4.2.0 - (29 dicembre 2012)
(versione PORTABLE)

*PER TUTTI I DETTAGLI SUL PROGRAMMA SSAP2010 SI PREGA DI SCARICARE
IL MANUALE IN FORMATO PDF UTILIZZANDO IL COLLEGAMENTO NELLA TABELLA QUI SOTTO....*

AREA DOWNLOAD FILES ..

Download SSAP 2010

(SEMPRE nella versione più aggiornata)

vai prima alle istruzioni di installazione:
[ISTRUZIONI PER Installazione](#)

1) scaricare il pacchetto di installazione
per versione 4.2.0 (Portable)
(29 dicembre 2012):

Download del manuale
completo in formato PDF
*(ultimo aggiornamento documentazione:
26 dicembre 2012)*

[Manuale SSAP2010 \(PDF\) rel. 4.2.0](#)

Condizioni

Licenza d'uso Libero per privati
e enti pubblici e/o di ricerca

ATTENZIONE
Revisione Condizioni in vigore dal 24-09-2010

[Licenza d'uso SSAP 2010 rel. 4.0](#)

Download file di installazione :
<http://www.ssap.eu/downloads.html>

ISTRUZIONI PER LA INSTALLAZIONE...

INSTALLAZIONE-ISTRUZIONI BASE

Per la corretta installazione standard preconfigurata (PORTABLE) di SSAP seguire i seguenti passi:

A) **Scaricare e COPIARE IL FILE** di installazione **SSAP2010SETUP.EXE** in una directory temporanea del vostro PC. il programma si scarica dalla pagina :

<http://www.ssap.eu/basicsetup.html>

ISTRUZIONI PER LA INSTALLAZIONE ...

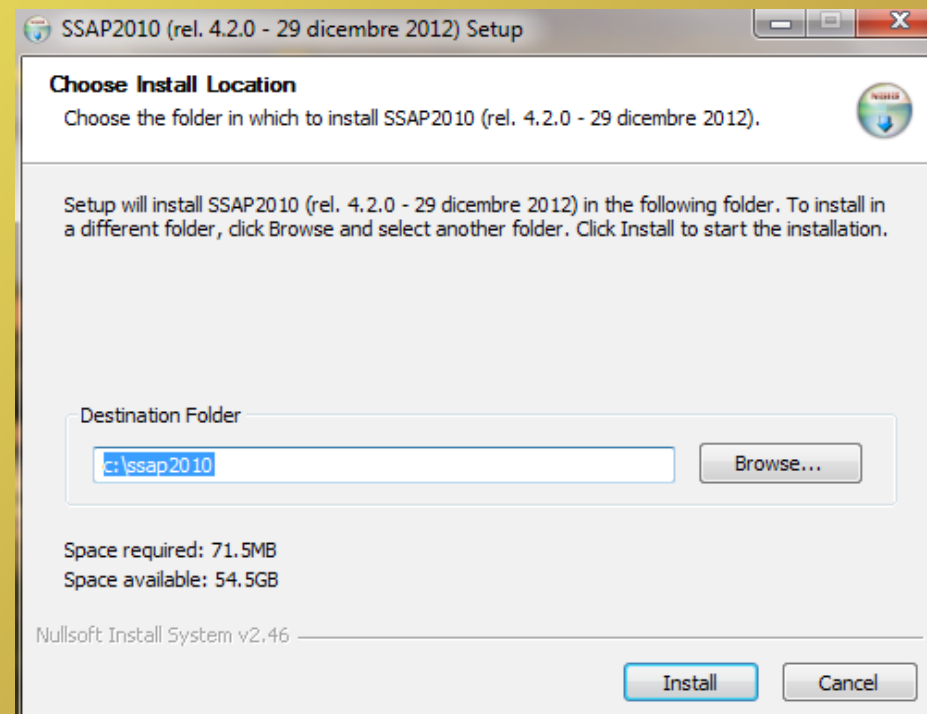
B) Eseguire SSAP2010SETUP che installerà SSAP2010 in una directory (es. C:\SSAP2010). (è possibile indicare una cartella diversa di installazione)

Ma attenzione!! Nel percorso delle cartelle non ci devono essere spazi vuoti nei nomi...

Ad esempio nel caso della directory di installazione del ssap:

C: \programmi vari\ssap2010 ←
(è sbagliato !)

C:\programmi\ssap2010
(è corretto)



ISTRUZIONI PER LA INSTALLAZIONE...

C) Il file eseguibile del programma SSAP2010 è il file **ssap2010.exe**

D) La versione installata in modo standard seguendo i punti precedenti A) , B) , e C) è la versione PORTABLE

La **versione Portable** non necessita di ulteriori configurazioni e può essere eseguita con piena funzionalità immediatamente.

Ciò facilita enormemente la applicazione del programma in mobilità.

La **versione Portable** può essere trasferita anche su altri PC, dischi esterni o chiavi USB semplicemente anche copiandovi la directory di installazione di SSAP di un altro PC.

Note aggiuntive sulla versione PORTABLE

La versione Portable garantisce una utilizzabilità immediata di SSAP dato che è già preconfigurato il protocollo di comunicazione per lanciare alcuni programmi esterni che sono usati da SSAP per:

1. visualizzazione grafici in formato DXF (software standad : LIBRECAD)
2. visualizzazione diagrammi delle forze interne e pressioni (GNU PLOT)
3. creazione e gestione files di dati e modello del pendio (Makefiles)
4. editazione e visualizzazione files di dati (software standard: Akelpad)
5. help in linea mediante visualizzazione sincronizzata e contestuale del manuale utente in formato PDF, nelle pagine di interesse (software standard: SumatraPDF).

OPERAZIONI DI CONFIGURAZIONE PERSONALIZZATA

(successive alla installazione per utilizzo di programmi esterni alternativi) - operazione facoltativa .

Il programma SSAP2010 e la utility MAKEFILES 3.2, programma di servizio per la creazione dei files di dati per SSAP2010, fanno uso di software esterno per alcune funzionalità particolari.

Se si desidera cambiare i programmi necessari a queste funzionalità è necessario quindi, prima di iniziare ad operare con SSAP, configurare il protocollo di comunicazione tra SSAP e i programmi esterni.

Per dettagli vedasi <http://www.ssap.eu/basicsetup.html>

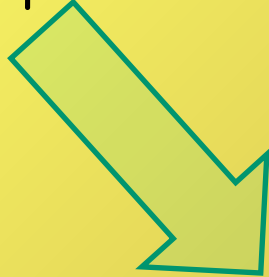
Ma questa operazione non è necessaria se si vuole continuare a usare SSAP nella versione Portable..

Installazione Programmi esterni facoltativi Utilizzabili da SSAP

Es. Installazione di un visualizzatore

Rapido file DXF/DWG as Esempio di A9CAD FREEWARE

Dalla pagina <http://www.ssap.eu/downloads.html>



AREA COLLEGAMENTO A STRUMENTI FREEWARE USATI DA SSAP2010 PER LA VISUALIZZAZIONE GRAFICA ed EDITAZIONE DATI

STRUMENTI PER LA VISUALIZZAZIONE DEI GRAFICI IN FORMATO DXF
(testati per l'uso con SSAP2010)

http://en.zxt2007.com/download/minicadviewer_setup.zip (Programma MiniCADViewer 2.9.4 -- anche in italiano)

<http://www.a9tech.com> (Programma A9CAD 2.2.1 -- solo in inglese)

<http://www.librecad.org> (programma libreCAD -- anche in italiano)

<http://www.bravaviewer.com> (Programma FREE DWG VIEWER -- solo in inglese)

Editori di testo - freeware -
(testati SSAP2010 su Win 7)

MetaPad 3.6 (anche in italiano)- <http://liquidninja.com/metapad>

Programmer's File editor (PFE) (solo in inglese)- <http://www.lancs.ac.uk/staff/steveb/cpaap/pfe/default.htm> ----- [download](#)

Gleditor v.2 (anche in italiano) - <http://gleditor.sourceforge.net/>

NOTE AGGIUNTIVE SULLA CONFIGURAZIONE DI SSAP2010 IN AMBIENTI WINDOWS WIN 7,WIN8

MODIFICA LOCALIZZAZIONE ITALIANA PER WINDOWS WIN7

Alcuni utenti hanno la necessità di utilizzare come simbolo di separazione delle cifre decimali il **punto (.)** anziché la **virgola (,)**

L'utilizzo del **punto** è comunque la condizione preferenziale e consigliata, anche se non obbligatoria, in SSAP2010.

La procedura passo-passo è illustrata alla pagina:

<http://www.ssap.eu/basicsetup.html>

Oppure alla **appendice G** del manuale in formato PDF

Errori frequenti e loro soluzione :

Per visualizzare correttamente i grafici è necessario che sia SSAP2010, sia il programma esterno lanciato ogni volta per la visualizzazione dei grafici, sia l'area dati dove sono contenuti i modelli del pendio devono essere in un percorso di cartelle dove non ci sono spazi vuoti nei nomi.

Ad esempio nel caso della directory di installazione del ssap:

C: \programmi vari\ssap2010 (è sbagliato !)

C:\programmi\ssap2010 (è corretto)

nel caso della directory dove risiedono i file del modello (i dati) :

C:\Documents and Settings\Utente\Desktop\prova (è sbagliato).

C:\pendii\prova (è corretto)

Ad esempio il solo posizionamento della area dati nella directory del desktop di windows (files copiati sul desktop) non permette di lanciare correttamente i programmi accessori di visualizzazione o editing :

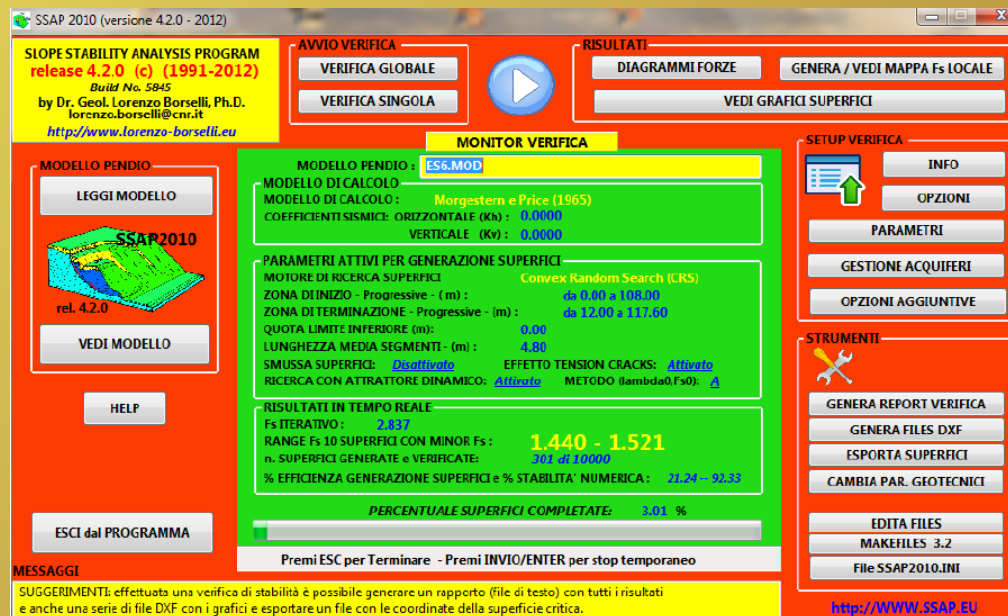
(es. ***C:\Documents and Settings\Utente\Desktop***..... contiene come si vede uno spazio vuoto !!).

Il programma viene lanciato cliccando sul file:

SSAP2010.EXE

presente nella cartella di installazione di SSAP

..\ssap2010



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Per maggiori dettagli sull'uso del programma vedasi la documentazione di SSAP 2010 in formato PDF ([manuale ssap2010.pdf](#)) scaricabile dal sito: <http://www.ssap.eu> o scrivere a: lborselli@gmail.com

The screenshot displays the SSAP 2010 software interface with the following sections:

- Header:** SSAP 2010 (versione 4.2.0 - 2012)
- Left Panel:** SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM, release 4.2.0 (c) (1991-2012), Build No. 5845, by Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D. lorenzo.borselli@cnr.it, <http://www.lorenzo-borselli.eu>. Includes buttons for LEGGI MODELLO, VEDI MODELLO, and HELP.
- Top Center:** MONITOR VERIFICA button.
- Top Right:** AVVIAMENTO buttons (VERIFICA GLOBALE, VERIFICA SINGOLA) and RISULTATI buttons (DIAGRAMMI FORZE, GENERA / VEDI MAPPA Fs LOCALE, VEDI GRAFICI SUPERFICI).
- Center:** MODELLO PENDIO (ES6.MOD), MODELLO DI CALCOLO (Morgestern e Price (1965)), COEFFICIENTI SISMICI (K_h: 0.0000, K_v: 0.0000), PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI (Convex Random Search (CRS)), ZONA DI INIZIO (0.00 a 108.00), ZONA DI TERMINAZIONE (12.00 a 117.60), QUOTA LIMITE INFERIORE (0.00), LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (4.80), SMUSSA SUPERFICI (Disattivato), EFFETTO TENSION CRACKS (Attivato), RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO (Attivato), METODO (lambda0.Fs0).
RISULTATI IN TEMPO REALE: Fs ITERATIVO (2.837), RANGE Fs 10 SUPERFICI CON MINOR Fs (1.440 - 1.521), n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE (301 di 10000), % EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA (21.24 - 92.33).
PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETATE: 3.01 %
- Right Panel:** SETUP VERIFICA (INFO, OPZIONI, PARAMETRI, GESTIONE ACQUIFERI, OPZIONI AGGIUNTIVE) and STRUMENTI (GENERA REPORT VERIFICA, GENERA FILES DXF, ESPORTA SUPERFICI, CAMBIA PAR. GEOTECNICI, EDITA FILES, MAKEFILES 3.2, File SSAP2010.INI).
- Bottom:** MESSAGGI: SUGGERIMENTI: effettuata una verifica di stabilità è possibile generare un rapporto (file di testo) con tutti i risultati e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica. <http://WWW.SSAP.EU>

Parte V - Descrizione delle funzionalità di SSAP2010

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

UASLP

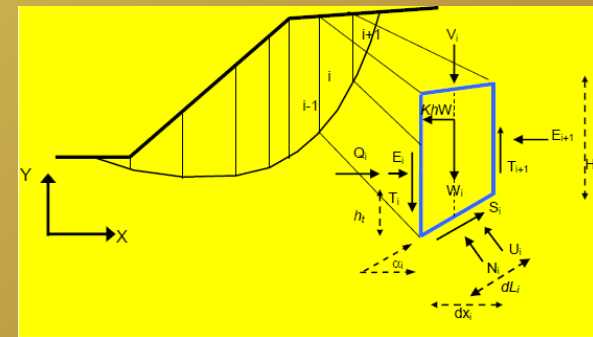
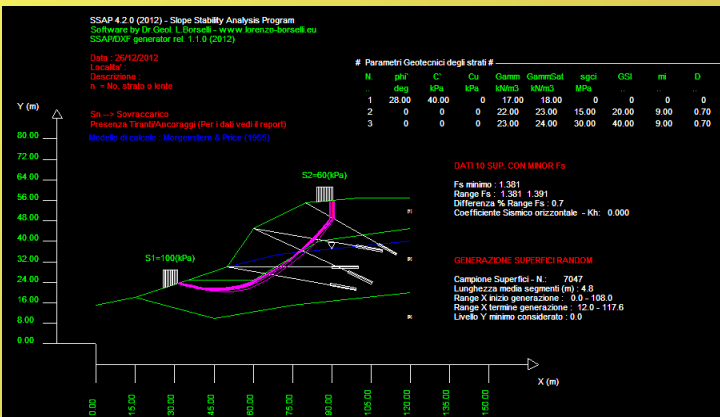
Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosí, MEXICO

E_mail:

lborselli@gmail.com

lorenzo.borselli@uaslp.mx

<http://www.lorenzo-borselli.eu>

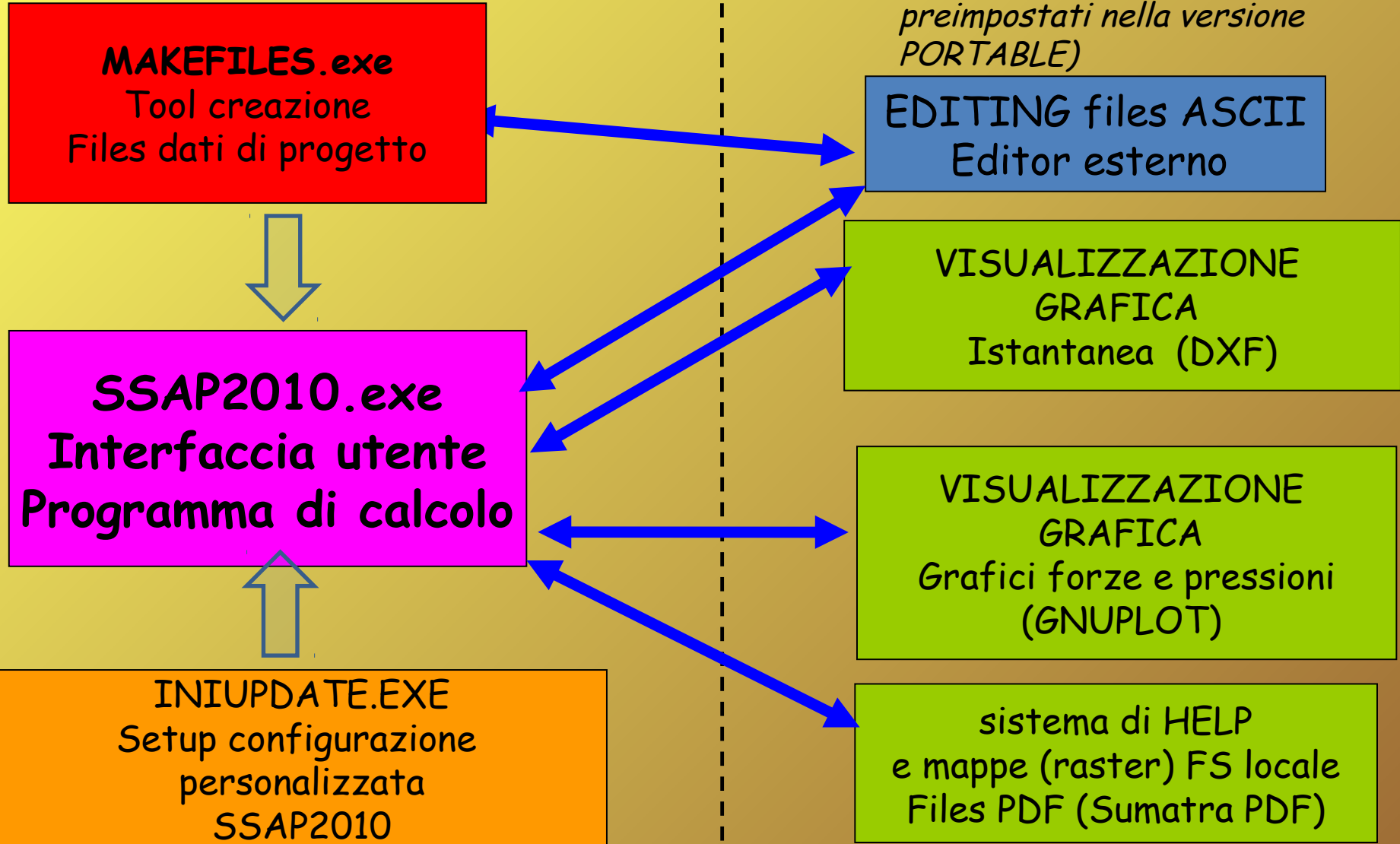


Struttura del software

SSAP 2010 (rel. 4.2.1)

software SSAP2010

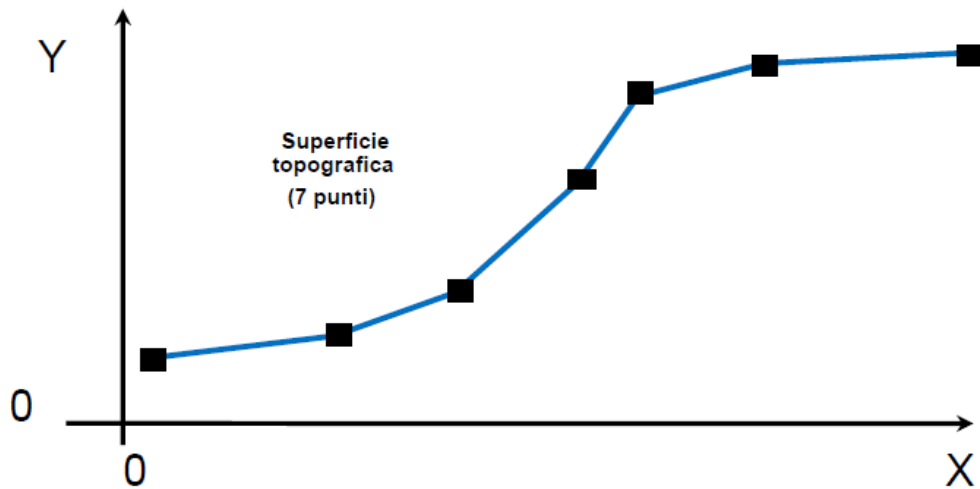
Programmi esterni (Generalmente freeware) A scelta dell'utente o preimpostati nella versione PORTABLE)



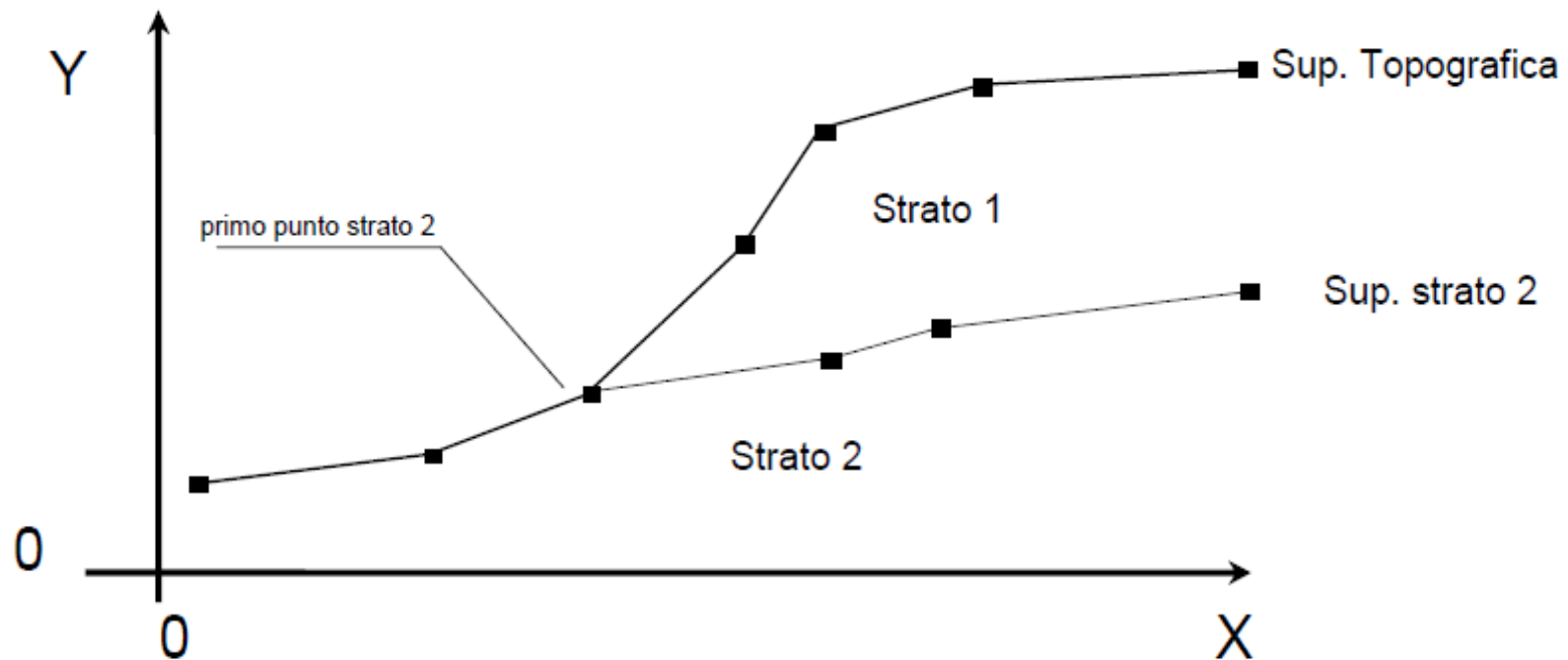
Fasi di lavoro con SSAP 2010

1. Definizione modello del pendio (fase preliminare , la più importante).. Questa viene fatta fuori dal programma SSAP...
2. Creazione files dati e assemblaggio file .MOD (con MAKEFILE.EXE)
3. Impostazioni Verifica di stabilità e Verifiche stabilità secondo diversi scenari (SSAP2010)
4. Visualizzazione ed analisi dei risultati (graficie DXF e grafici forze .. Programmi esterni comandati da SSAP)
5. Revisione modello del pendio (se vi è necessità) ,anche per valutare scenari diversi, e ripetere i passi da 2 a 4
6. Reporting (scrittura report + file DXF pendio e superfici FS minimo, grafici forze e pressioni interne)

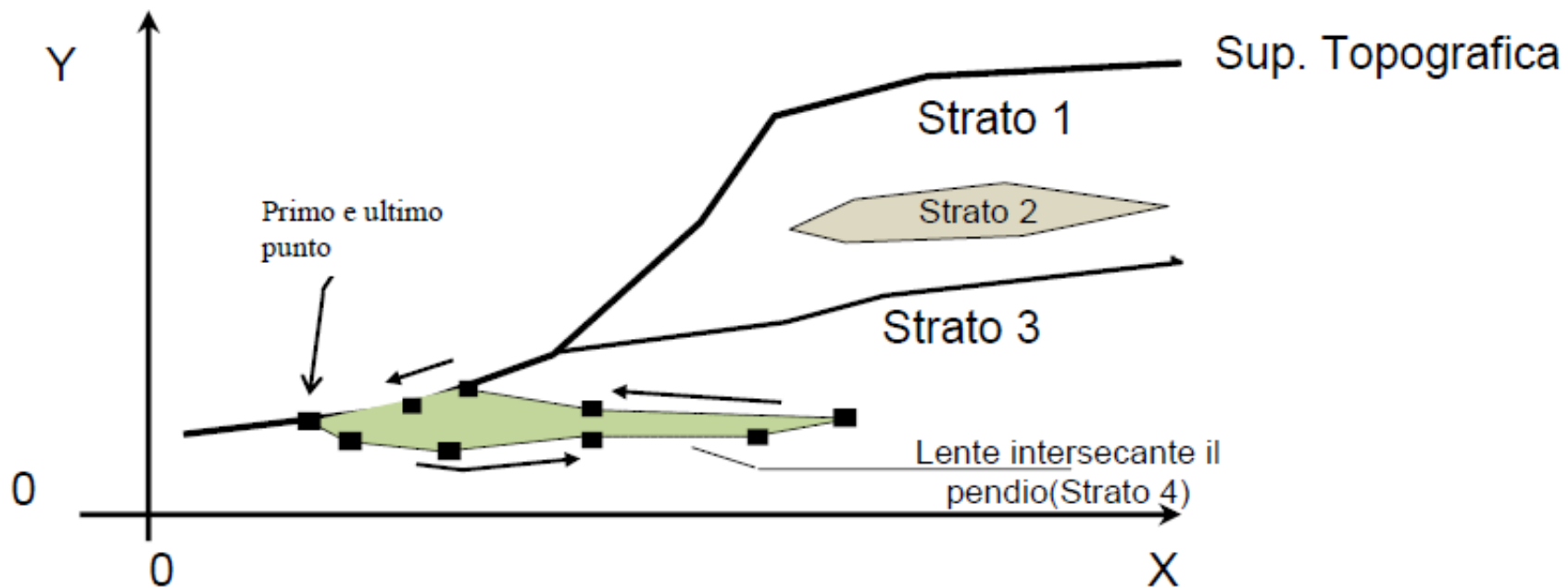
Modello del pendio - Convenzioni e limitazioni



Vedasi per dettagli capitolo 3 manuale di riferimento del manuale

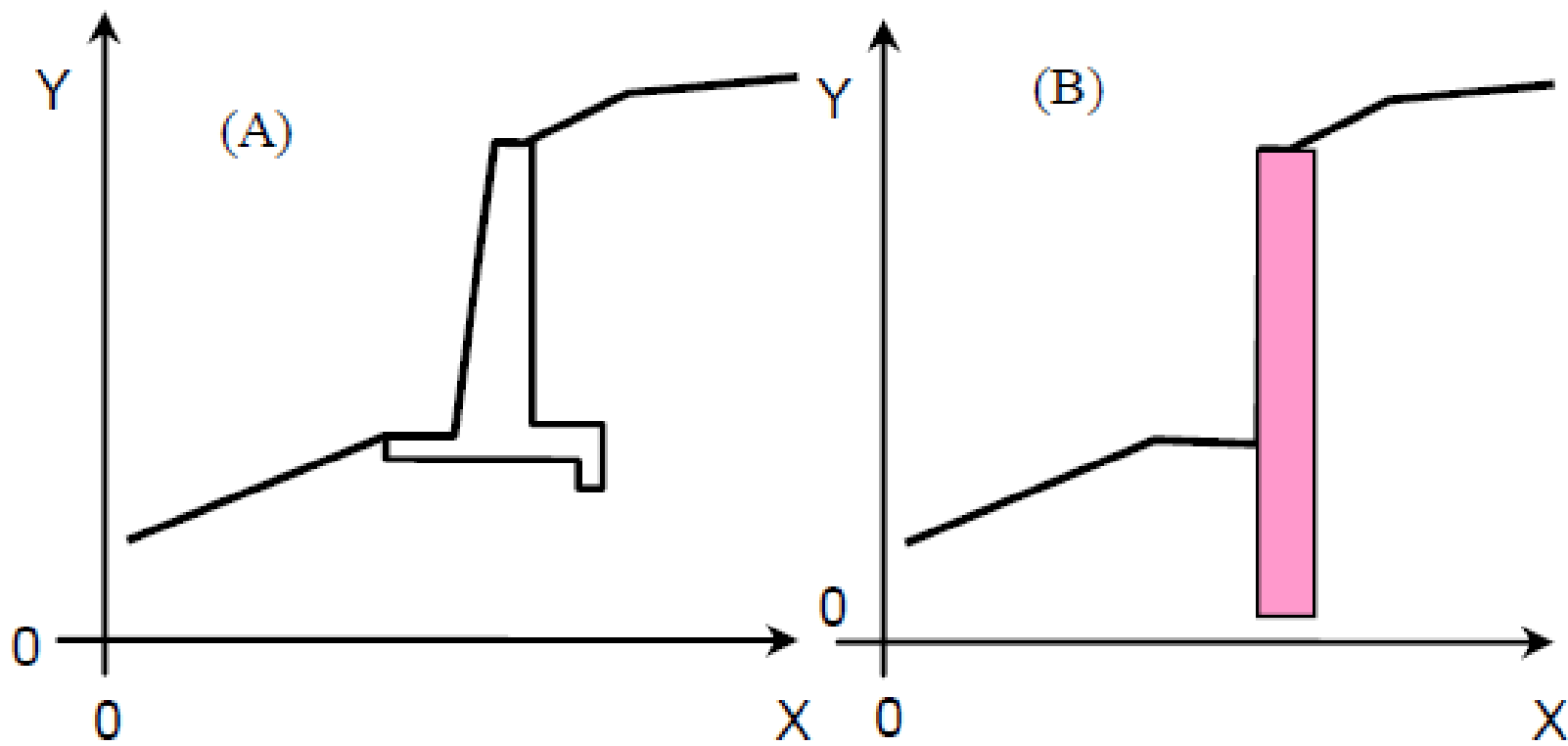


Modello del pendio - Convenzioni e limitazioni [2]



Vedasi per dettagli capitolo 3
manuale di riferimento
del manuale

Modello del pendio Convenzioni e limitazioni [3]

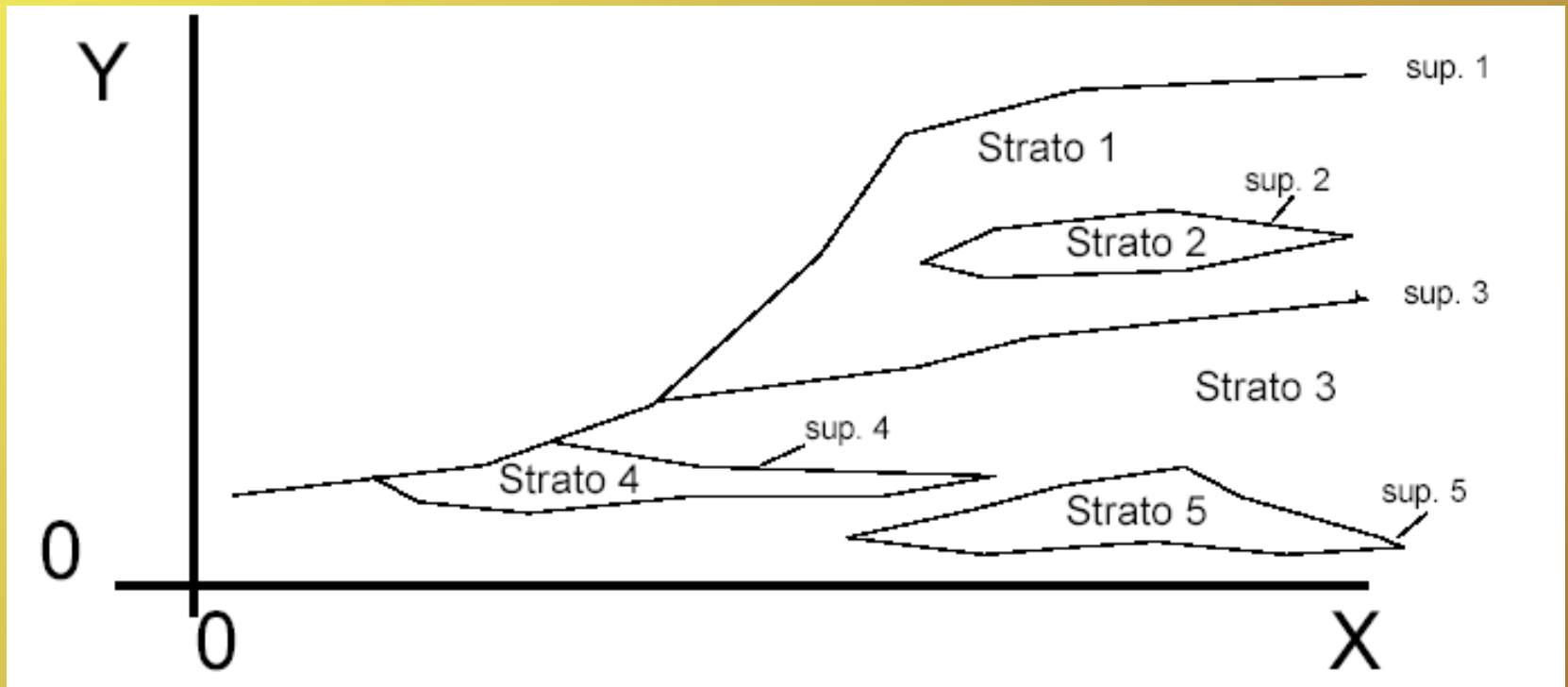


Inserimento elementi strutturali 3D

Vedasi per dettagli capitolo 3
manuale di riferimento
del manuale

Modello del pendio - Convenzioni e limitazioni [4]

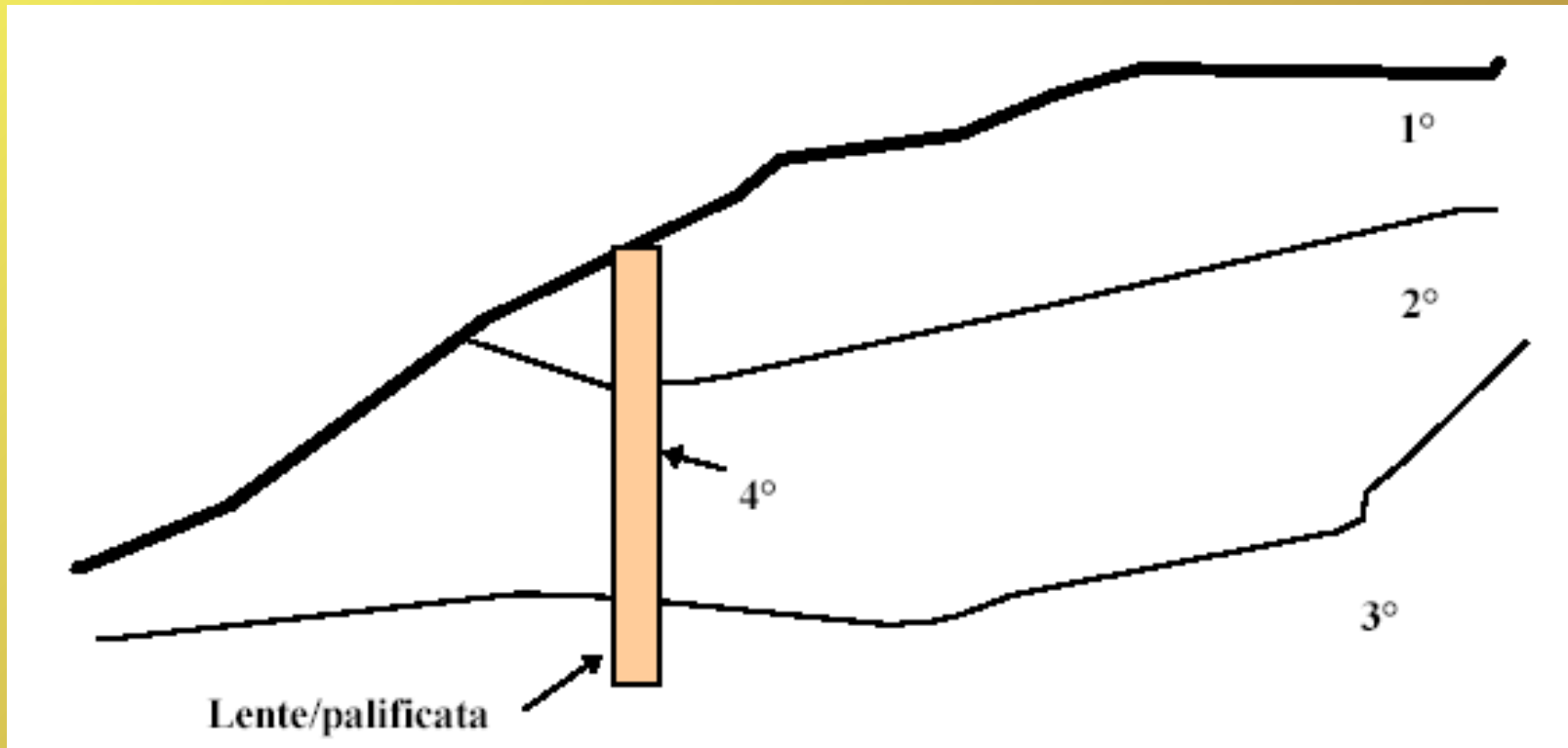
- Gli strati inseriti nel pendio sono numerati in senso crescente dall'alto verso il basso.
- Le lenti inglobate entro strati devono avere un numero immediatamente superiore allo strato che le ingloba.



Vedasi per dettagli capitolo 3 manuale di riferimento del manuale

Modello del pendio - Convenzioni e limitazioni [5]

- Gli strati inseriti nel pendio sono numerati in senso crescente dall'alto verso il basso.
- Le lenti inglobate entro strati devono avere un numero immediatamente superiore allo strato che le ingloba.



Vedasi per dettagli capitolo 3 manuale di riferimento del manuale

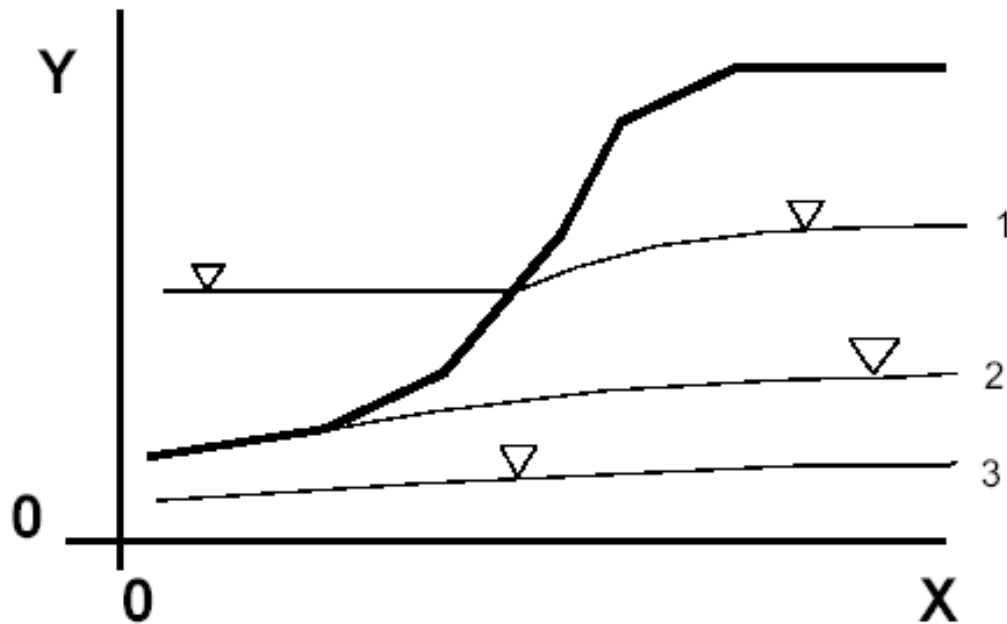
Modello del pendio - Strati, lenti file .DAT

Massimo 20 strati o lenti (includendo anche elementi strutturali che È conveniente inserire anche come lenti).

Vedasi per dettagli capitolo 3 manuale di riferimento del manuale

```
|  
| file : xxx.dat  
|  
## 1 -----  
      0.00   15.00  
  1    5.00   18.00  
      35.00   25.00  
      50.00   30.00  
      60.00   45.00  
      80.00   55.00  
     100.00   57.00  
     120.00   57.00  
  
## 2 -----  
      35.00   25.00  
      60.00   25.00  
      85.00   40.00  
     120.00   45.00  
  
## 3 -----  
      15.00   18.00  
      45.00   10.00  
      75.00   15.00  
     120.00   20.00
```

Modello del pendio - falda .FLD



Una sola piezometrica o freatica (file. FLD) che però è possibile adattare e gestire con il modulo speciale per la gestione degli acquiferi.

12.3	23.1
18.0	24.0
·	·
·	·
·	·
56.7	112.9

la prima colonna è quella relativa alle coordinate **X** (ascisse), mentre la seconda colonna è quella relativa alle coordinate **Y** (ordinate).

Modello del pendio : criteri di rottura implementati

**Criterio di rottura MohrCoulomb (terreni sciolti -
ammassi rocciosi fratturati):**

Tensioni efficaci ϕ' , c'

**Tensioni Totali - C_u (resistenza al taglio cond. non
drenate)**

**Criterio di rottura Hoek & et al. (2002) (ammassi
rocciosi fratturati)**

**Tensioni efficaci - ϕ' , c' equivalenti calcolati a
partire da parametri geomeccanici ammasso roccioso
(GSI , UCS , m_i , D)**

Parametri geomeccanici - file .GEO [1]

Critério di rottura Mohr-Coulomb

Nel caso di strati caratterizzati da resistenza al taglio definita dalla legge Mohr-Coulomb
I parametri di interesse sono 5:

- 1) angolo di attrito interno (in termini di pressioni efficaci) - ϕ' (in gradi)
- 2) coesione in termini di pressioni efficaci - C' (in kPa)
- 3) resistenza al taglio in termini di pressione totale - C_u (in kPa)
- 4) peso di volume terreno fuori falda - γ (in kN/m^3)
- 5) peso di volume terreno immerso in falda - γ_{sat} (in kN/m^3)

30.00	0.00	0.00	20.00	22.00
0.00	0.00	60.00	21.00	23.00
20.00	30.00	0.00	19.00	20.00

Il numero delle righe è pari al numero di strati (il primo strato è nella prima riga). Vi
sono 5 colonne e andando da sinistra verso destra:

- la prima è quella relativa all'angolo di attrito efficace ϕ' (in gradi)
- la seconda è per la coesione efficace C' (in kPa);
- la terza è la resistenza al taglio coesione in termini di pressione totale(resistenza al taglio in condizioni non drenate) C_u (in kPa);
- la quarta il peso di volume terreno fuori falda γ (in kN/m^3);
- la quinta il peso di volume terreno immerso in falda γ_{sat} (in kN/m^3).

Parametri geomeccanici - file .GEO [2]

Criterio di rottura Hoek et al. (2002).

Nel caso di strati che vengono caratterizzati geomeccanicamente in base al **criterio di rottura di Hoek(2002)**, da applicarsi a **ammassi rocciosi fratturati e rocce deboli/tenere** viene introdotta

Infatti i **parametri da usare in alternativa** a quelli del **criterio Mohr-Coulomb** per la definizione delle caratteristiche di resistenza al taglio dell'ammasso e che vengono posizionati in **colonne aggiuntive**, sono i seguenti:

6° colonna : **σ_{ci}** = Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa);

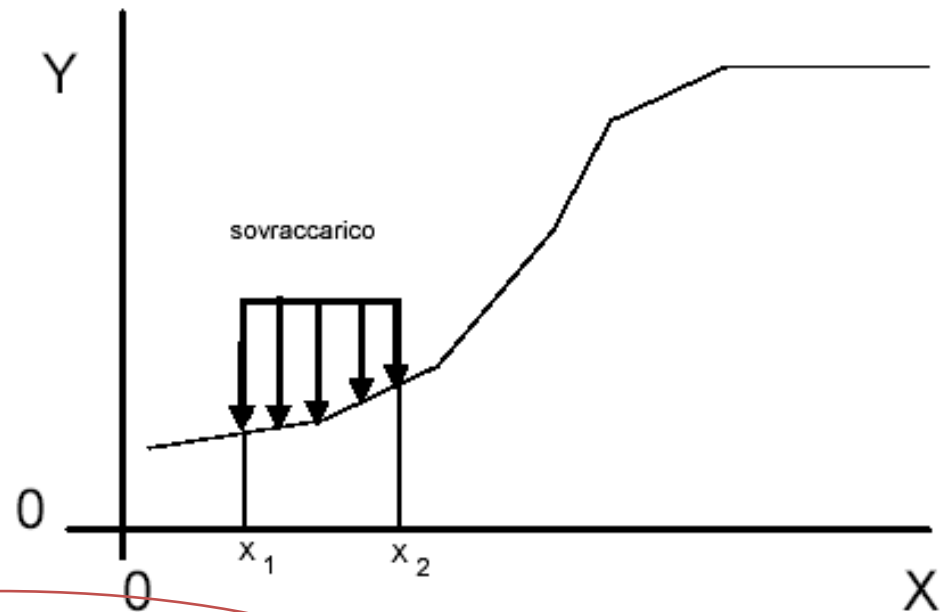
7° colonna: **GSI** = Geological Strength Index ammasso(adimensionale);

8° colonna: **m_i** = Indice litologico ammasso(adimensionale);

9° colonna: **D**= Fattore di disturbo ammasso(adimensionale);

30.0	0.0	0.0	20.00	22.00				
0.0	0.0	60.0	21.00	23.00				
20.0	30.0	0.0	19.00	20.00				
0.0	0.0	0.0	23.00	25.00	20.0	30	12	0.7
0.0	0.0	0.0	24.00	25.50	35.0	42	12	0.5

Modello del pendio sovraccarichi file .SVR

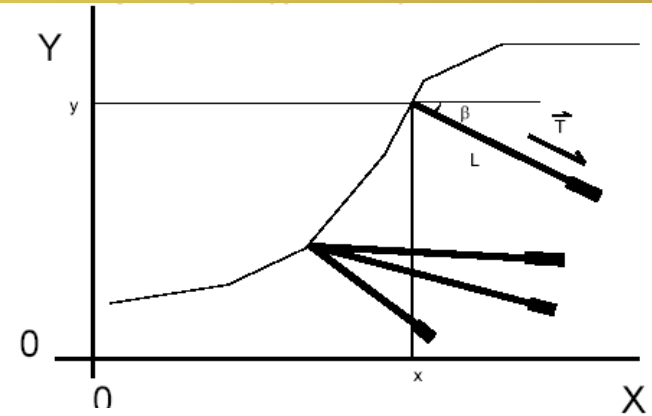


3.00	5.00	100.00
45.00	50.00	60.00
80.00	90.00	70.00

Il numero delle righe è pari al numero di zone con sovraccarichi; in questo caso 3 sovraccarichi. Il numero massimo di sovraccarichi che è possibile inserire è 6. Nelle colonne 1 e 2 vi sono i valori delle coordinate X (espresse in metri) degli estremi della zona dove il carico è applicato. Nella terza colonna abbiamo il valore del sovraccarico, espresso in **kPa** o **kN/m²**.

Modello del pendio - tiranti files .TIR

X	(in m)
Y	(in m)
Angolo - β	(in gradi)
Lunghezza totale - L	(in m)
Carico - T	(in kN/m)
% lunghezza cementata - Lc	(in %)



35	25	-20	20	500	20
50	30	-10	20	500	20
60	45	-25	40	500	30
80	55	-40	30	500	40

Nella **prima e nella seconda colonna** sono indicate rispettivamente le coordinate X ed Y della testa del tirante che devono coincidere con la superficie topografica e sono espresse in metri.

Nella **terza colonna** è indicato l'angolo β che il tirante forma con l'orizzontale (i valori positivi sono convenzionalmente considerati come angoli in elevazione, valori negativi in depressione) espresso in gradi.

Nella **quarta colonna** è indicata la lunghezza L del tirante (parte di armatura libera + lunghezza di armatura incorporata con la cementazione) espressa in metri.

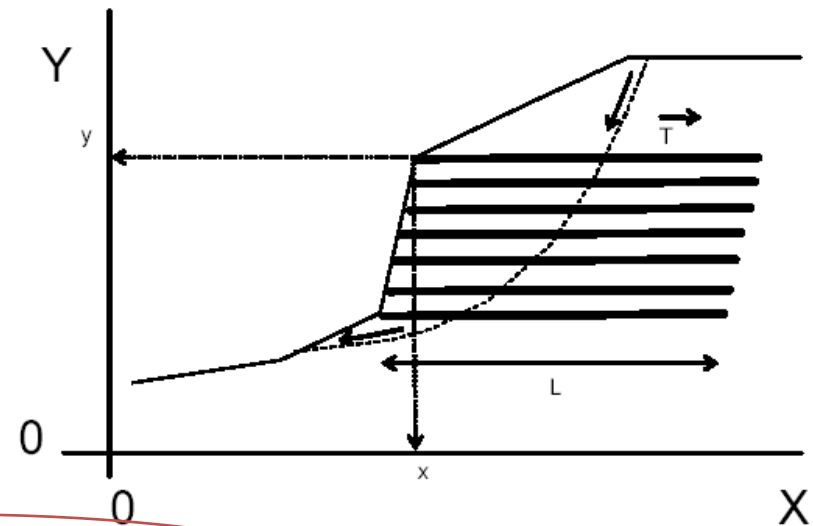
Nella **quinta colonna** è indicato il carico T di progetto o la resistenza massima di progetto del tirante espressa in kN/m (1 T/m è equivalente a circa 10 kN/m).

Nella **sesta colonna** è indicato la percentuale (%) della lunghezza totale L , indicata nella quarta colonna, che risulta cementata¹

N.B: Il numero delle righe complessive è pari al numero dei tiranti presenti....

Modello del pendio - Geogriglie/Geosintetici - files .GRD

X	(in m)
y	(in m)
Lunghezza - L	(in m)
Res. Unit.	(in kN/m)
Trazione T	
Coeff. fb	(adimensionale)
Coeff α	(adimensionale)
Lunghezza risolto Lw	(in m)



35	25	8	50	0.8	0.8	1.5
36	26	5	50	0.9	0.8	1.5
37	27	5	50	0.9	0.8	3
38	28	5	50	0.9	0.8	3

Nella **prima e nella seconda colonna** sono indicate rispettivamente le coordinate X ed Y dove la geogriglia interseca la superficie topografica. Tali coordinate sono espresse in metri.

Nella **terza colonna** è indicata la lunghezza L della geogriglia espressa in metri.

Nella **quarta colonna** è indicata la resistenza unitaria **T** massima di progetto della geogriglia espressa in kN/m (1 T/m è equivalente a circa 10 kN/m).

Nella **quinta colonna** il coefficiente f_b interazione suolo-geogriglia (indicato nelle caratteristiche tecniche del rinforzo).

Nella **sesta colonna** il fattore di scala α nella ripartizione della resistenza al pullout del rinforzo (indicato nelle caratteristiche tecniche del rinforzo)

Nella **settima colonna** la lunghezza **Lw** del risolto (nel caso di risolto assente inserire 0.0)

Modello del pendio - palificate files .PIL

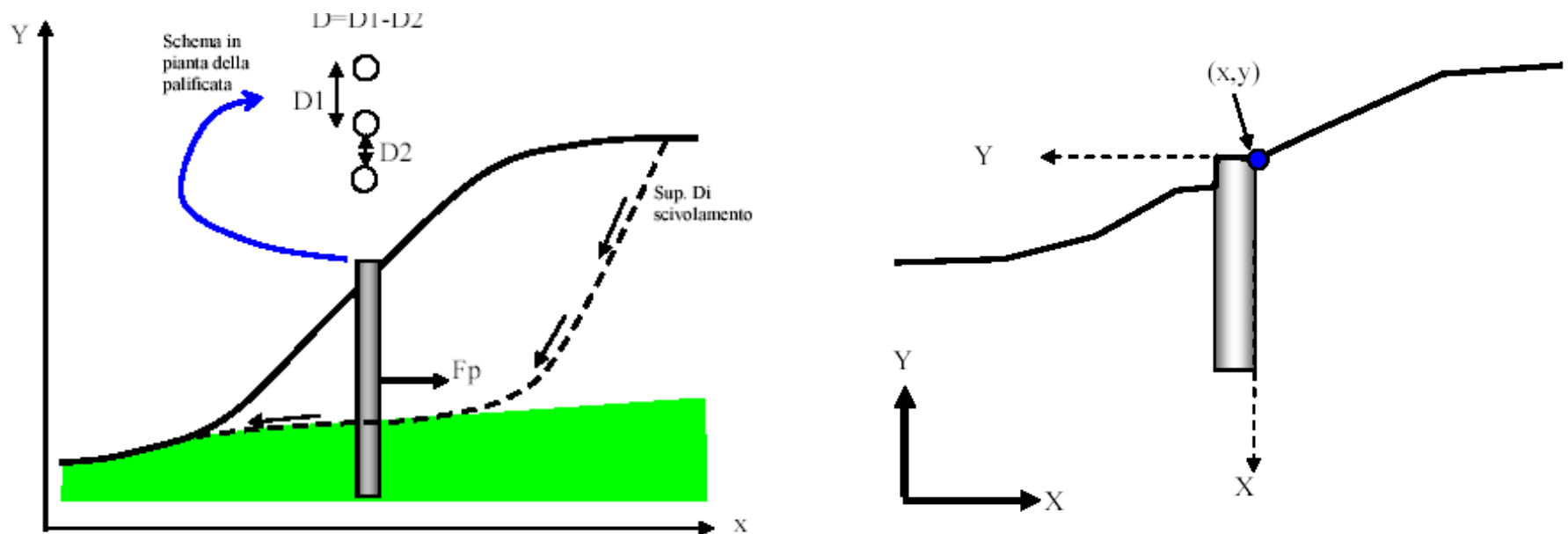
80	25	15.0	0.4	0.6
105	32	12.0	0.8	1.2
120	45	18.0	0.2	0.4

Nella prima e nella seconda colonna sono indicate rispettivamente le coordinate X ed Y dove la palificata interseca la superficie topografica. Tali coordinate sono espresse in metri.

Nella terza colonna è indicata la lunghezza L (in m) della palificata a partire dalla superficie.

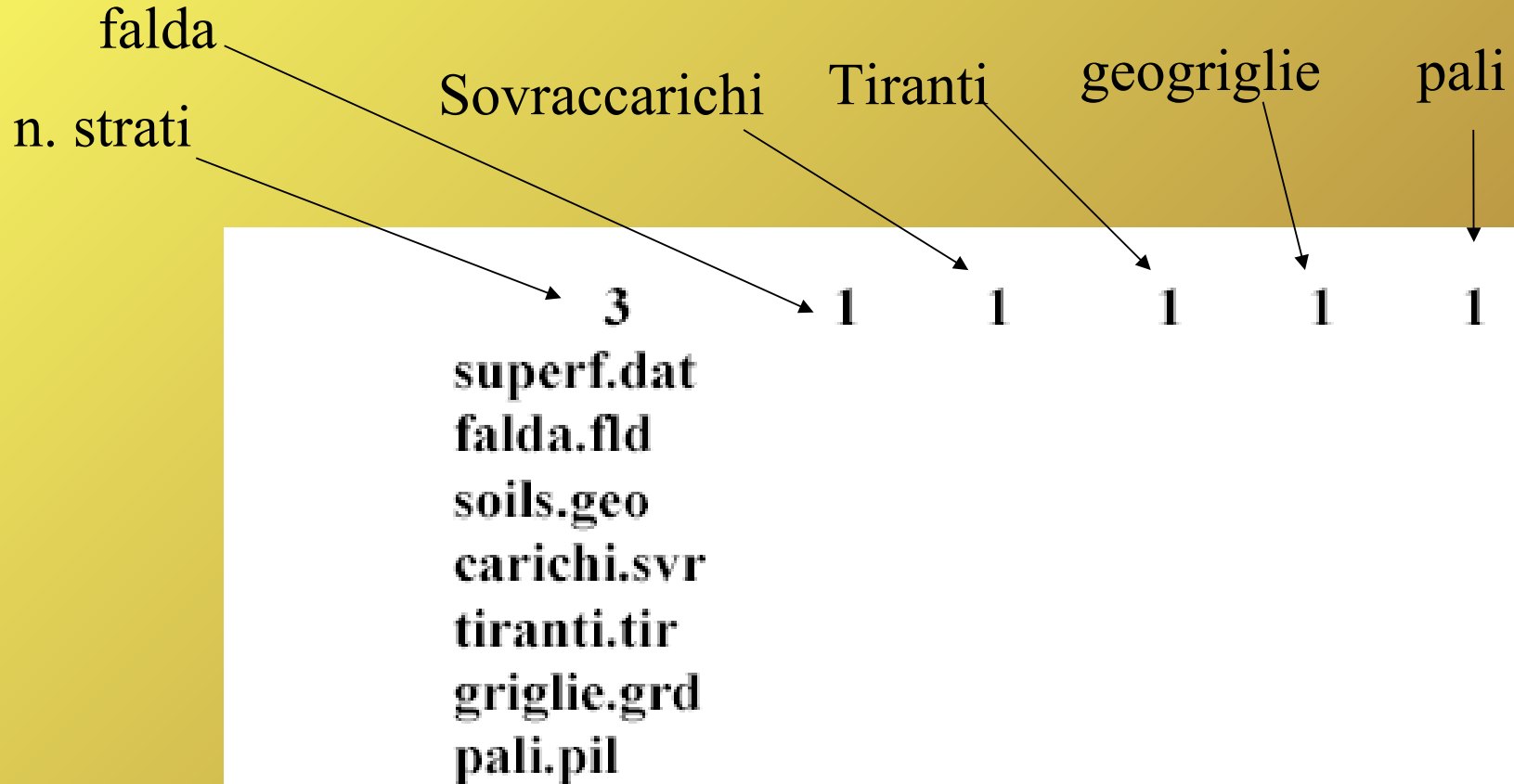
Nella quarta colonna è indicato il Diametro D (in m) dei pali che compongono la palificata.

Nella quinta colonna è indicata la distanza D2 (in m) (detta anche apertura) tra i pali (si ricordi che l'interasse tra i pali $D1=D+D2$ è calcolato automaticamente dal programma).



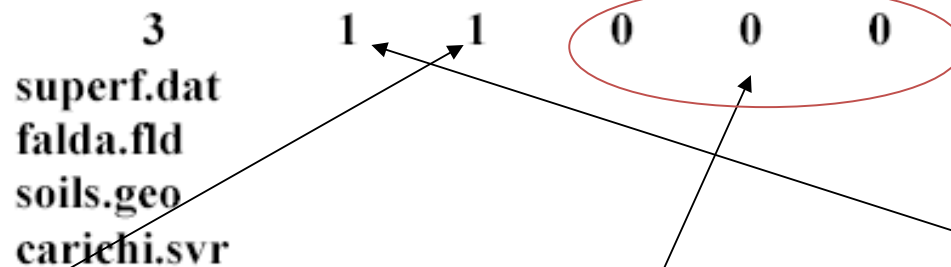
Modello del pendio File .MOD e sua struttura

È un File di testo
Editabile (ASCII)



Modello del pendio File .mod e sua struttura -2

I codici numerici 0 o 1 indicano, in sequenza, la presenza o meno degli elementi aggiuntivi



Questo esempio si riferisce ad un pendio con 3 strati, con un livello di falda e sovraccarichi, ma senza tiranti, geogriglie e palificate.

Assemblaggio Files con utility Makefiles.EXE

MAKEFILES 3.1.2 - CREA o RIASSEMBLA NUOVO MODELLO PENDIO

Area Dati Attiva
D:\ssap2010

Seleziona/Crea area dati

Edita direttamente File Dati

Genera files

Files generati

File Superfici NO SI

File dati Geomec NO SI

File Falda NO SI

File Sovraccarichi NO SI

File Tiranti NO SI

File Geogriglie NO SI

File Pali NO SI

Cambia

Files Attivi

Attiva /Disattiva

Falda

Sovraccarichi

Tiranti

Geogriglie

Pali

MKFILES 3.1.2
by L. Borselli (2007,2010)

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

Crea file dati superficiali

INSERIMENTO COORDINATE

GENERATO NODO n.4 SUP. n.2

Coordinata X nodo

Coordinata Y nodo

MKFILES 3.1.1
by L. Borselli (2007,2010)

```
1 |
2 |File Dati superficiali: D:\ssap2010\prova.dat
3 |
4 |##1 -----
5 |      10.00      10.00
6 |      20.00      12.00
7 |      25.00      15.00
8 |      30.00      18.00
9 |      50.00      20.00
10 |     70.00      20.00
11 |##2 -----
12 |     10.00      8.00
13 |     25.00     10.00
14 |     50.00     12.00
15 |     70.00     12.00
```

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

Crea file dati Geomeccanici

1	30.00	10.00	0.00	18.00	19.50				
2	0.00	0.00	0.00	21.00	22.00	25.00	30	8	0.50

Phi' (°) 0.00 PVol (kN/m³) 21.00 SigCi (MPa) 25.00
c' (kPa) 0.00 PVolSat (kN/m³) 22.00 GSI 30.00
Cu (kPa) 0.00 mi 8.00
D 0.50

Scrivi dati Strato Cancellala Ultimo

MKFILES 3.1.1
by L. Borselli (2007,2010)

GENERATI DATI STRATO N. 2

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

HELP Salva Scheda e ESCI Annulla Scheda e ESCI

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

Creazione File Dati Falda

INSERIMENTO COORDINATE

GENERATO NODO n.3

Coordinata X nodo: 70.00

Coordinata Y nodo: 12.00

Scrive Nodo Cancella Ultimo

MKFILES 3.1.1
by L. Borselli (2007,2010)

importa Nodi da file

1	10.00	9.00
2	30.00	10.00
3	70.00	12.00

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

HELP

✓ Salva Scheda e ESCI ✗ Annulla Scheda e ESCI

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

Crea File Dati Sovraccarichi

Coordinata X1

Coordinata X2

Carico (kPa)

1	40.00	50.00	50.00
2	20.00	30.00	20.00

GENERATO SOVRACCARICO n.2

MKFILES 3.1.1
by L. Borselli (2007,2010)

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

Salva Scheda e ESCI

Annulla Scheda e ESCI

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

Crea File Dati Pali

1	30.00	18.00	10.00	0.40	0.80
---	-------	-------	-------	------	------

Coordinata X Testa

Coordinata Y Testa

Lunghezza (m)

Diametro (m)

Distanza Pali (m)

GENERATI DATI PALIFICATA n. 1

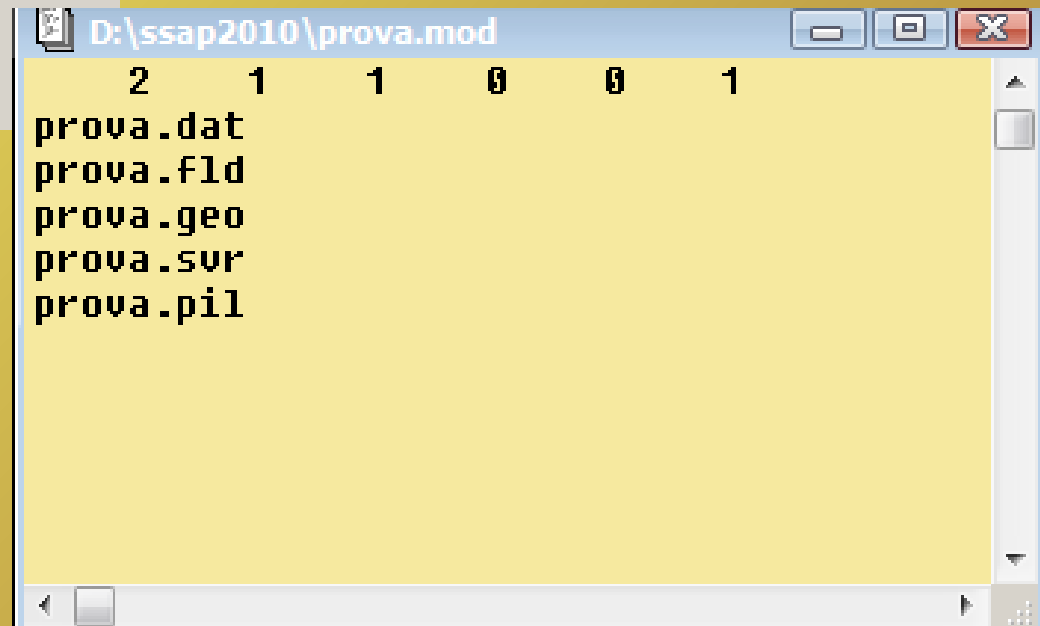
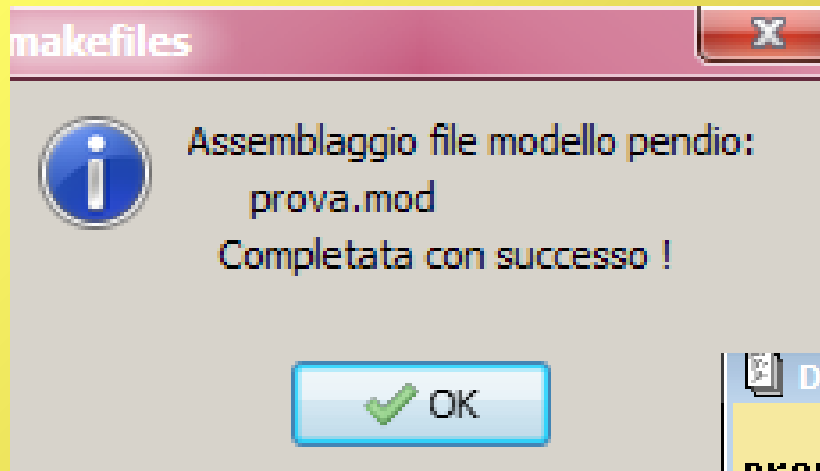
MKFILES 3.1.1
by L. Borselli (2007,2010)

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

The screenshot displays the 'MAKEFILES 3.1.2 - CREA o RIASSEMBLA NUOVO MODELLO PENDIO' application window. A central dialog box titled 'makefiles' contains the following text: 'Assemblaggio file modello pendio: prova.mod', 'Completata con successo!', and an 'OK' button with a green checkmark. The background interface includes an 'Area Dati Attiva' with the path 'D:\ssap2010' and a 'Seleziona/Crea area dati' button. Below this, the 'Genera files' section lists options: 'SUPERFICI', 'DATI GEOMMECCANICI', 'FALDA', 'SOVRACCARICHI', 'TIRANTI', 'GEOGRIGLIE', and 'PALI'. Each option is accompanied by radio buttons for 'NO' and 'SI', and a 'cambia nome' button followed by a text field. For example, 'File Superfici' is set to 'SI' with the name 'prova.dat'. To the right, the 'Attiva /Disattiva' section has checkboxes for 'Falda', 'Sovraccarichi', 'Tiranti', 'Geogriglie', and 'Pali', with 'Falda' and 'Pali' checked. At the bottom, there is an 'ASSEMBLA MODELLO' button and version information: 'MKFILES 3.1.2 by L. Borselli (2007,2010)'. A 'HELP' button is also visible on the right side.

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE



Modello del pendio

Caricamento File .MOD cliccando sul Bottone LEGGI MODELLO

The image shows the SSAP 2010 software interface. The main window has a red header with buttons for 'AVVIO VERIFICA', 'RISULTATI', 'VERIFICA GLOBALE', 'DIAGRAMMI FORZE', and 'GENERA / VEDI MAPPA Fs LOCALE'. On the left, there is a yellow box with the program title 'SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM release 4.2.0 (c) (1991-2012)' and author information. Below this is a 'MODELLO PENDIO' section with a 3D terrain model and buttons for 'LEGGI MODELLO', 'VEDI MODELLO', and 'HELP'. A 'MESSAGGI' section at the bottom left contains a suggestion: 'SUGGERIMENTI: effettuata una verifica di stabi... e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica.' A file explorer window titled 'Lettura Modello Pendio' is open, showing the directory 'D:\ssap2010'. It lists several folders and files, including 'esercizio1.mod', 'prova.mod', and 'prova0.mod'. An arrow points from the 'LEGGI MODELLO' button to the 'esercizio1.mod' file. The file explorer also shows a search bar with 'Cerca ssap2010' and a file type filter set to 'SSAP modellopendio (*.mod)'. The URL 'http://WWW.SSAP.EU' is visible in the bottom right corner.

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

Risultato cliccando su VEDI MODELLO:

Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program

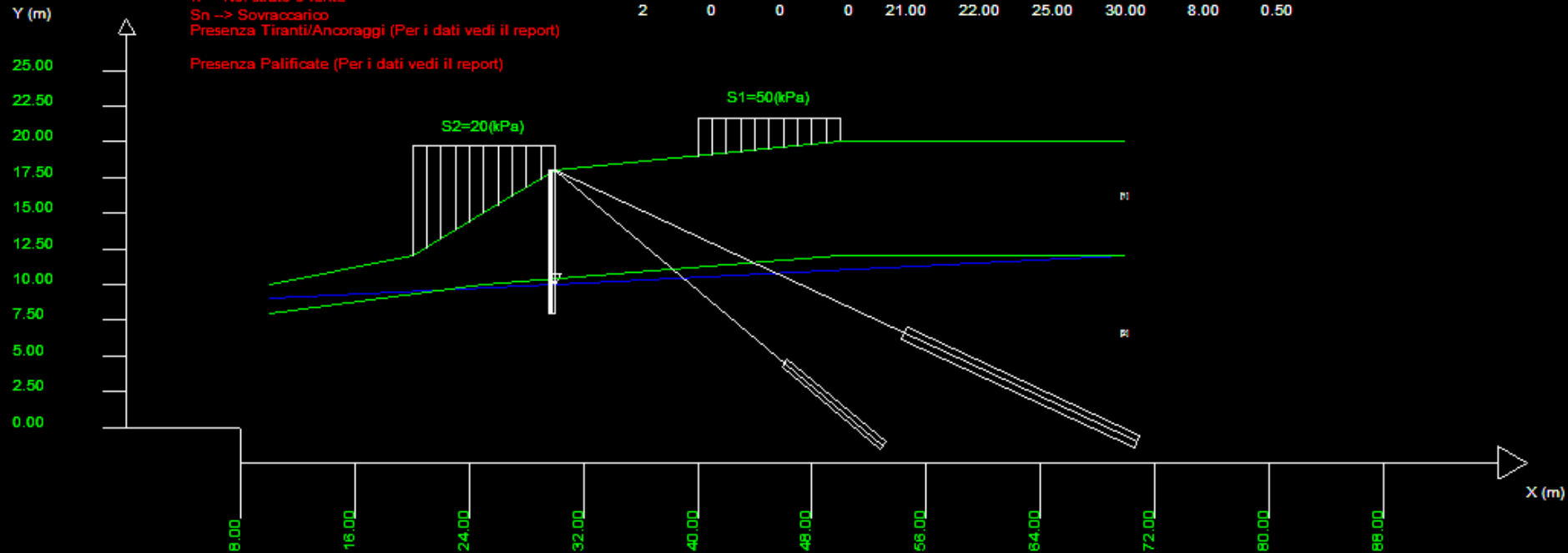
SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Data : 5/1/2013
Localita' :
Descrizione :
n = No. strato o lente
Sn -> Sovraccario
Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	30.00	10.00	0	18.00	19.50	0	0	0	0
2	0	0	0	21.00	22.00	25.00	30.00	8.00	0.50



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

SSAP2010 – Finestra principale

SSAP 2010 (versione 4.2.0 - 2012)

SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM
release 4.2.0 (c) (1991-2012)
Build No. 5845
by Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D.
lorenzo.borselli@cnr.it
<http://www.lorenzo-borselli.eu>

AVVIO VERIFICA

VERIFICA GLOBALE

VERIFICA SINGOLA

RISULTATI

DIAGRAMMI FORZE

GENERA / VEDI MAPPA F_s LOCALE

VEDI GRAFICI SUPERFICI

MONITOR VERIFICA

MODELLO PENDIO : **ES6.MOD**

MODELLO DI CALCOLO : **Morgestern e Price (1965)**

COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (K_h) : **0.0000**
VERTICALE (K_v) : **0.0000**

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA SUPERFICI : **Convex Random Search (CRS)**

ZONA DI INIZIO - Progressive - (m) : **da 0.00 a 108.00**
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m) : **da 12.00 a 117.60**
QUOTA LIMITE INFERIORE (m) : **0.00**
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m) : **4.80**
SMUSSA SUPERFICI: **Disattivato** EFFETTO TENSION CRACKS: **Attivato**
RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: **Attivato** METODO (lambda0, F_{s0}): **A**

RISULTATI IN TEMPO REALE

F_s ITERATIVO : **2.837**
RANGE F_s 10 SUPERFICI CON MINOR F_s : **1.440 - 1.521**
n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: **301 di 10000**
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA : **21.24 -- 92.33**

PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETATE: 3.01 %

Premi ESC per Terminare - Premi INVIO/ENTER per stop temporaneo

MODELLO PENDIO

LEGGI MODELLO

VEDI MODELLO

HELP

ESCI dal PROGRAMMA

SETUP VERIFICA

INFO

OPZIONI

PARAMETRI

GESTIONE ACQUIFERI

OPZIONI AGGIUNTIVE

STRUMENTI

GENERA REPORT VERIFICA

GENERA FILES DXF

ESPORTA SUPERFICI

CAMBIA PAR. GEOTECNICI

EDITA FILES

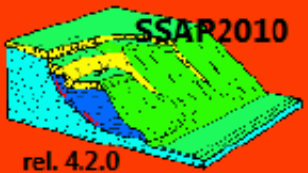
MAKEFILES 3.2

File SSAP2010.INI

<http://WWW.SSAP.EU>

MESSAGGI

SUGGERIMENTI: effettuata una verifica di stabilità è possibile generare un rapporto (file di testo) con tutti i risultati e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica.



SSAP2010 -Monitor controllo verifica

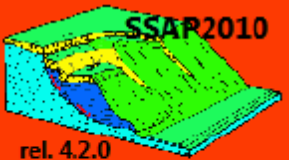
SSAP 2010 (versione 4.2.0 - 2012)

SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM
release 4.2.0 (c) (1991-2012)
Build No. 5845
by Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D.
lorenzo.borselli@cnr.it
<http://www.lorenzo-borselli.eu>

AVVIO VERIFICA
VERIFICA GLOBALE
VERIFICA SINGOLA

RISULTATI
AMMIRAZIONE FORZE
GENERA / VEDI MAPPA Fs LOCALE
VEDI GRAFICI SUPERFICI

MONITOR VERIFICA

MODELLO PENDIO
LEGGI MODELLO

rel. 4.2.0
VEDI MODELLO
HELP

MODELLO PENDIO : ES6.MOD
MODELLO DI CALCOLO : Morgestern e Price (1965)
MODELLO DI CALCOLO : Morgestern e Price (1965)
COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh) : 0.0000
VERTICALE (Kv) : 0.0000

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA SUPERFICI: Convex Random Search (CRS)
ZONA DI INIZIO - Progressive - (m) : da 0.00 a 108.00
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m) : da 12.00 a 117.60
QUOTA LIMITE INFERIORE (m) : 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m) : 4.80
SMUSSA SUPERFICI: Disattivato EFFETTO TENSION CRACKS: Attivato
RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: Attivato METODO (lambda0,Fs0): A

RISULTATI IN TEMPO REALE
Fs ITERATIVO : 2.837
RANGE Fs 10 SUPERFICI CON MINOR Fs : **1.440 - 1.521**
n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: 301 di 10000
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA : 21.24 -- 92.33

PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETATE: 3.01 %

Premi ESC per Terminare - Premi INVIO/ENTER per stop temporaneo

SETUP VERIFICA
INFO
OPZIONI
PARAMETRI
GESTIONE ACQUIFERI
OPZIONI AGGIUNTIVE

STRUMENTI
GENERA REPORT VERIFICA
GENERA FILES DXF
ESPORTA SUPERFICI
CAMBIA PAR. GEOTECNICI
EDITA FILES
MAKEFILES 3.2
File SSAP2010.INI

MESSAGGI
SUGGERIMENTI: effettuata una verifica di stabilità è possibile generare un rapporto (file di testo) con tutti i risultati e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica.

<http://WWW.SSAP.EU>

SSAP2010 - Opzioni generali per la verifica

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP 4.2.0

Coefficiente sismico orizzontale - Kh

Fs di Progetto richiesto (analisi deficit)

METODO DI CALCOLO

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

JANBU RIGOROSO - (1973)
 SPENCER - (1973)
 SARMA I - (1973)
 MORGESTERN PRICE - (1965)
 CORREIA - (1988)
 SARMA II - (1979)

Esplora spazio (lambda0, fs0) Metodo

A (rapido e accurato)
 B (più accurato)
 C (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

% Tolleranza RHO = |Fs/Fv| > 1.0

Limita T(x)/E(x)

LIMITATO
 Non LIMITATO

Reimposta Valori Standard

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICIE

RANDOM SEARCH (RS)
 CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
 SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.0

RANDOM...
00100101001
01010010101
00010101001
10110101000

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Steps di scansione

Frequenza di attivazione

FILTRAGGIO SUPERFICIE

FILTRARE
 NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO

CON OSTACOLO INTERNO
 SENZA OSTACOLO INTERNO

TIRANTI - ANCORAGGI

PASSIVI
 ATTIVI

Distribuzione resistenza

Rettangolare
 Trapezoidale

PALIFICATE - Metodo calcolo

ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
 KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

PALIFICATE fattore riduttivo NTC2008

Fattore di riduzione

(Variare da 1 a 10)

SMUSSA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO

EFFETTO ATTIVATO
 EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

EFFETTO DISATTIVATO
 EFFETTO ATTIVATO

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m

Forza Eb (in Testa) - kN/m

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICIE

DISATTIVATO
 ATTIVATO

HELP

Parametri geometrici per la generazione delle superfici

PARAMETRI GEOMETRICI VERIFICHE DI STABILITA'

LUNGHEZZA MEDIA (m) SEGMENTI DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO 4.80

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI INIZIO

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) ZONA DI INIZIO (m) 0.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) ZONA DI INIZIO (m) 108.00

QUOTA (Y_o) ZONA PROIBITA INFERIORE (m) 0.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI TERMINAZIONE

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) DI TERMINAZIONE (m) 12.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) DI TERMINAZIONE (m) 117.60

NUMERO MASSIMO SUPERFICI DA GENERARE 10000

COORDINATE OSTACOLO

XL 0.00 Ascissa sinistra (m)

XR 0.00 Ascissa destra(m)

YB 0.00 Quota base ostacolo (m)

NOTA BENE: Tutte le coordinate sono espresse in metri (vedasi manuale per descrizione PARAMETRI)..

HELP OK Cancel



Interruzione temporanea verifica - visualizzazione risultati parziali - 10 superfici con minor Fs

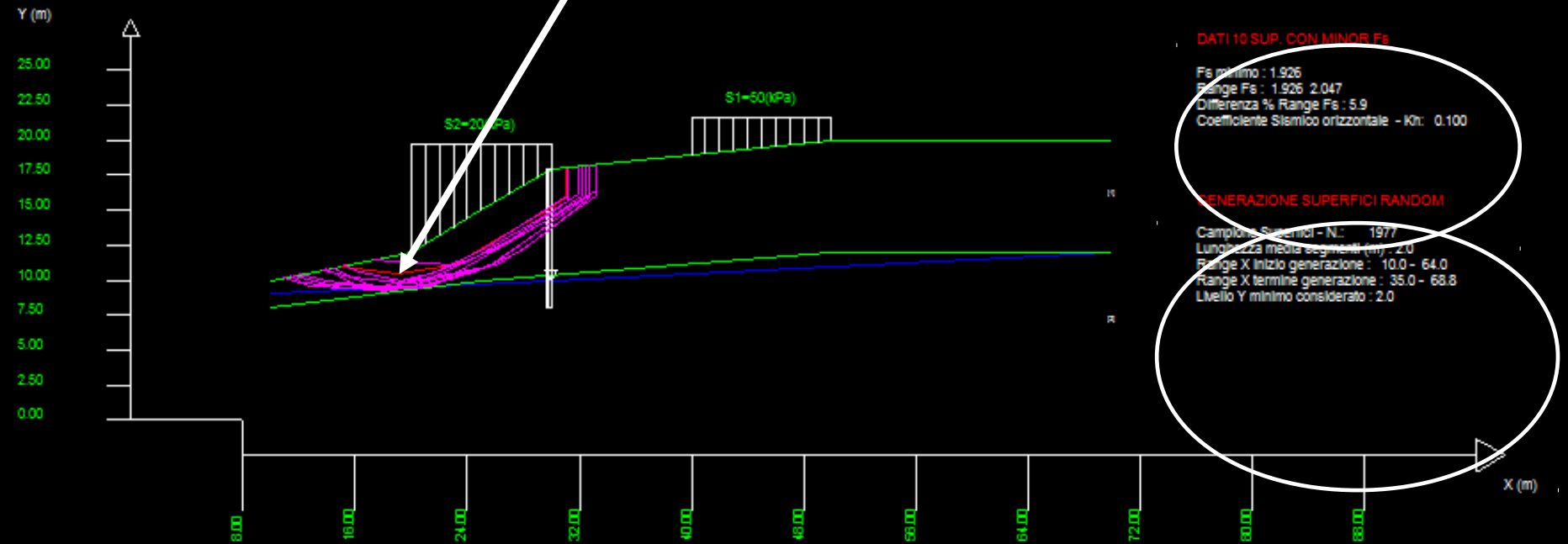
SSAP 4.0 (2010) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - CNR IRPI (FI)
SSAPIDXF generator rel. 1.0 (2010)

Data : 6/12/2010
Localita' :
Descrizione :
n = No. strato o lente

Sn → Sovraccarico

Presenza Pallificate (Per i dati vedi il report)

Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)



Interruzione temporanea verifica - visualizzazione risultati parziali - superficie con minor F_s



Motori di generazione e ricerca delle superfici – generalità.

Random Search : forme generiche con cambio locale di curvatura
E concavità/convessità. Adatto a pendii con disomogeneità
Algoritmo di siegel(1980) però ottimizzato dall'autore

Convex Random Search: random search modificato secondo le
Indicazioni di Chen(1992) - forzata convessità verso il basso.

Sniff Random Search: sviluppato in modo originale dall'autore per
massimizzare il passaggio nelle aree con peggiori caratteristiche
geomeccaniche

Note importanti:

Ogni superficie è costituita da segmenti rettilinei.

Tradizionalmente la lunghezza dei segmenti è COSTANTE

In SSAP la lunghezza dei segmenti varia in modo random intorno
una lunghezza media indicata dall'utente.

In questo modo aumenta la generalizzazione delle forme prodotte !!

Opzioni generali per la verifica - motori di generazione e ricerca superfici

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP 4.2.0

Coefficiente sismico orizzontale - Kh

Fs di Progetto richiesto (analisi deficit)

METODO DI CALCOLO

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

JANBU RIGOROSO - (1973)
 SPENCER - (1973)
 SARMA I - (1973)
 MORGESTERN PRICE - (1965)
 CORREIA - (1988)
 SARMA II - (1979)

Esplora spazio (lambda0, fs0)
Metodo
 A (rapido e accurato)
 B (più accurato)
 C (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

0.0 25 50

% Tolleranza RHO = |Fs/Fv| > 1.0

0.0 50 100

Reimposta Valori Standard

Limita T(x)/E(x)
 LIMITATO
 Non LIMITATO

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

RANDOM SEARCH (RS)
 CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
 SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.0

RANDOM...
 00100101001
 01010010101
 00010101001
 10110101000

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Steps di scansione

Frequenza di attivazione

FILTRAGGIO SUPERFICI

FILTRARE
 NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO

CON OSTACOLO INTERNO
 SENZA OSTACOLO INTERNO

TIRANTI - ANCORAGGI

PASSIVI
 ATTIVI

Distribuzione resistenza
 Rettangolare
 Trapezoidale

PALIFICATE - Metodo calcolo

ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
 KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

PALIFICATE fattore riduttivo NTC2008

Fattore di riduzione (Variare da 1 a 10)

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

EFFETTO ATTIVATO
 EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

EFFETTO DISATTIVATO
 EFFETTO ATTIVATO

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m

Forza Eb (in Testa) - kN/m

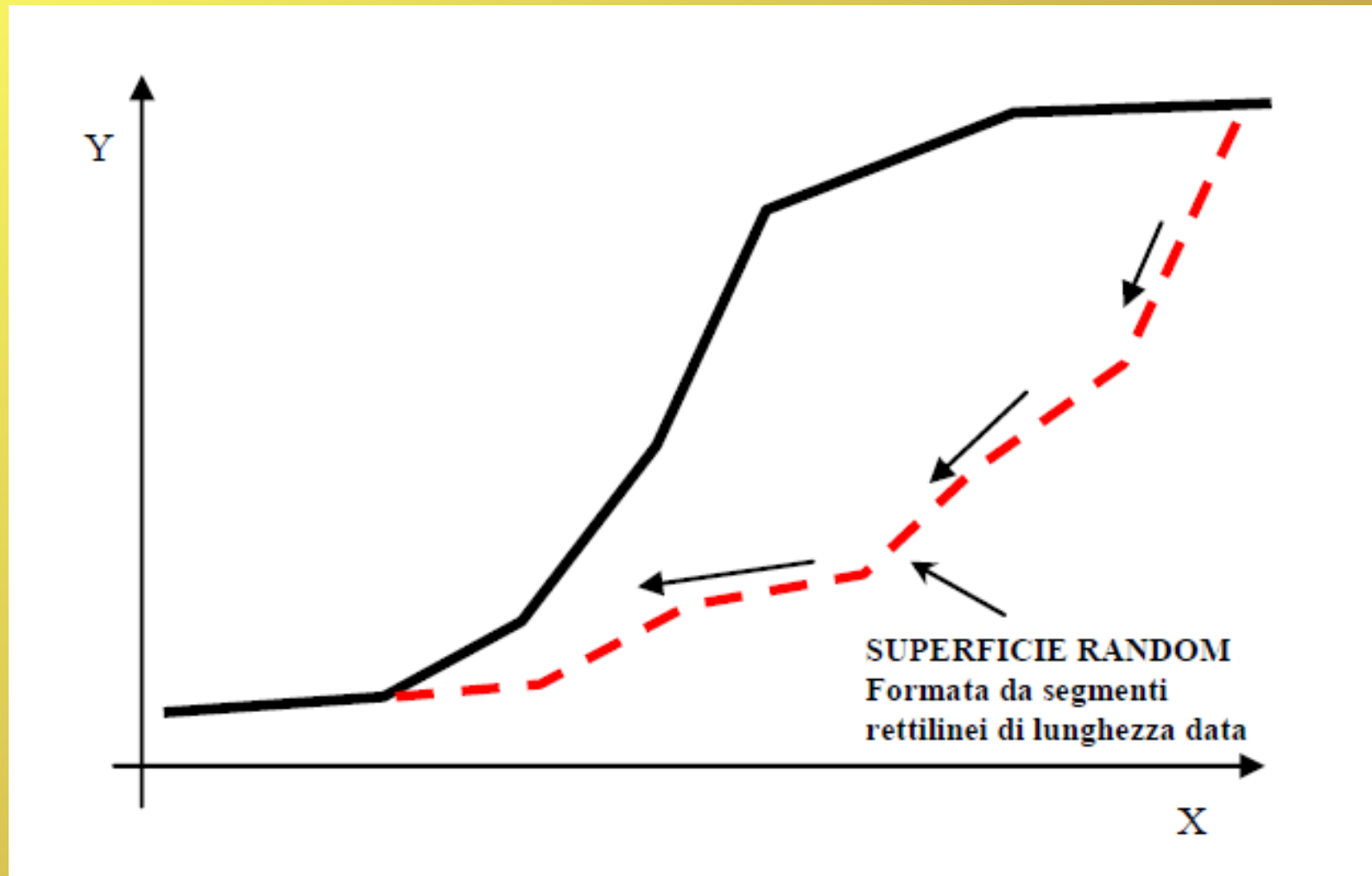
ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

DISATTIVATO
 ATTIVATO

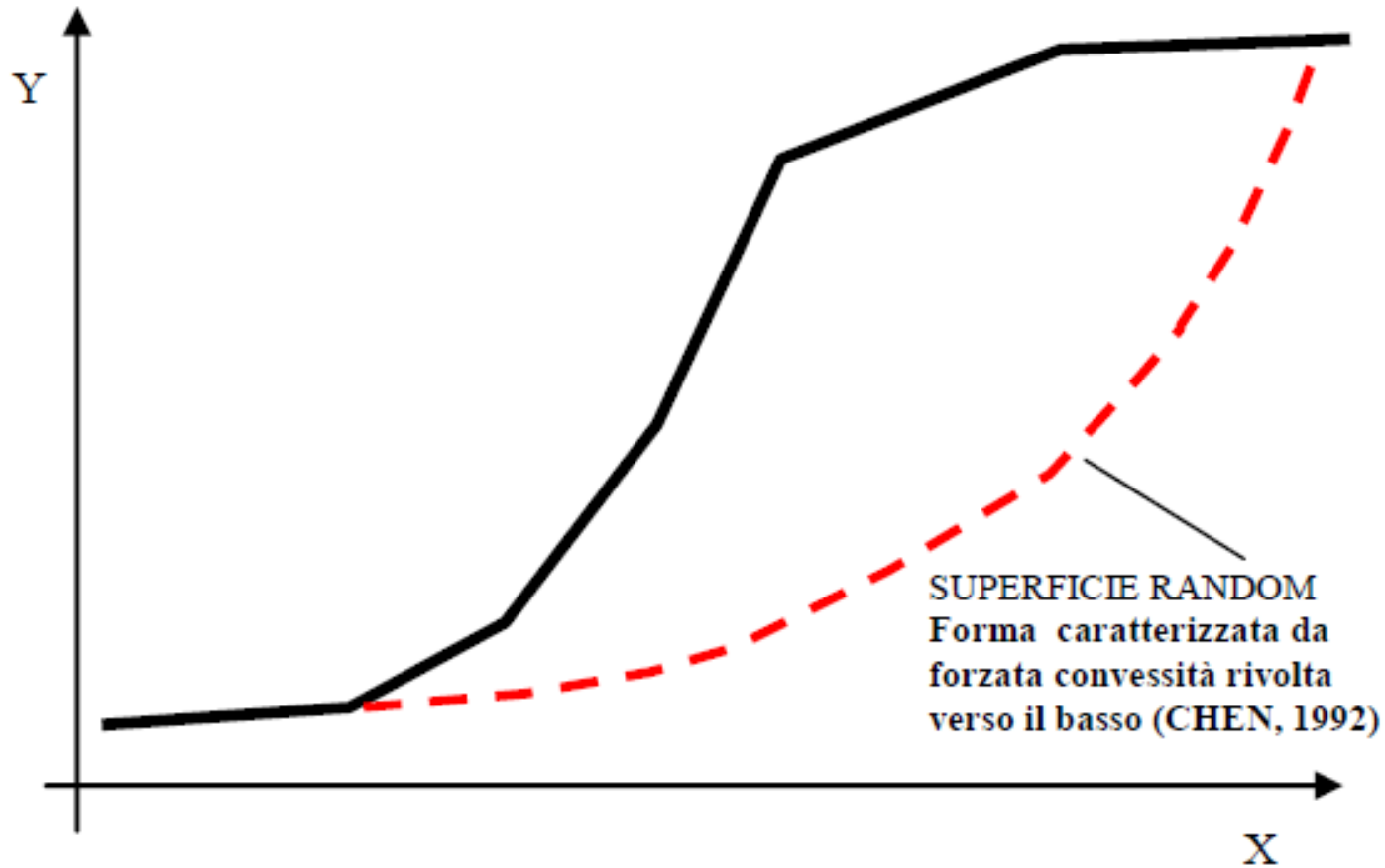
HELP



Random search Seigel (1981)



Convex random search

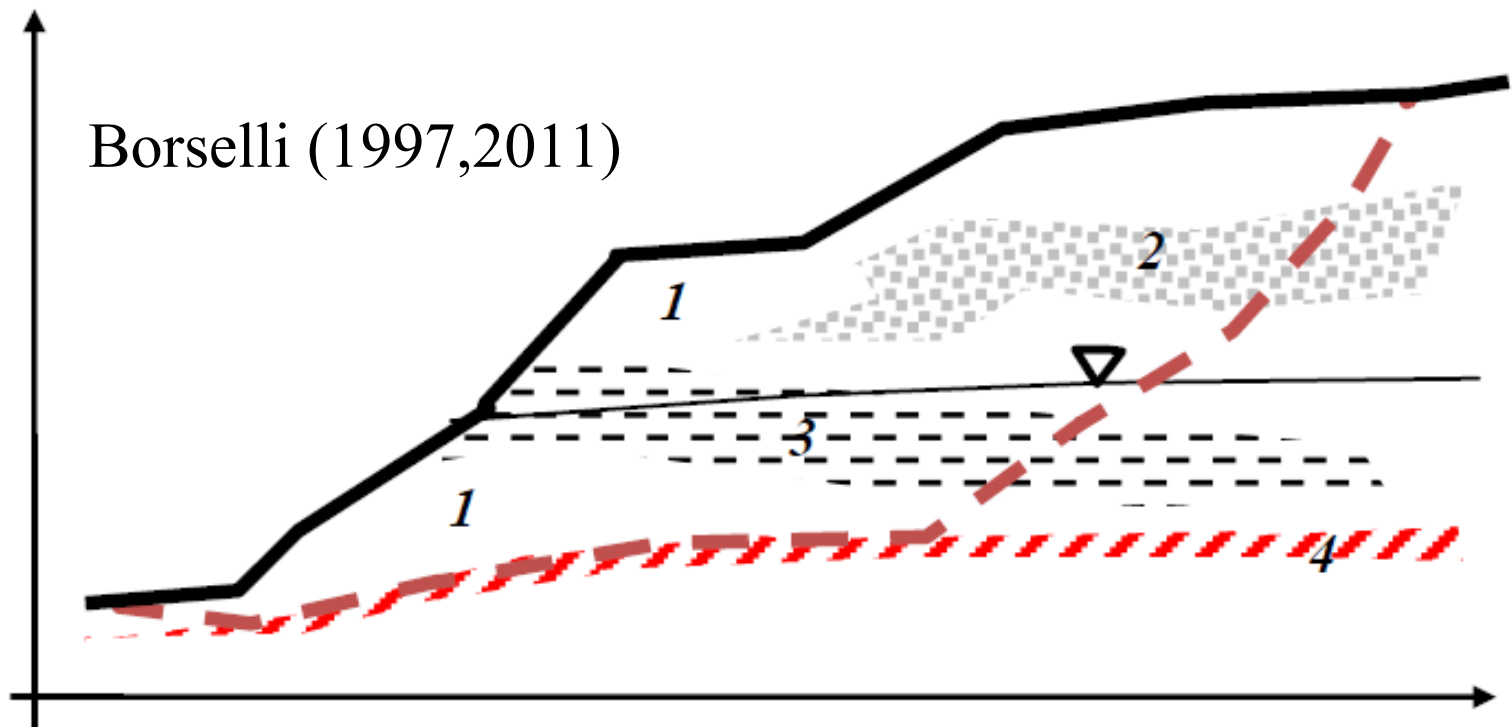


Sniff random search

Sniff Random Search

E' il **metodo più innovativo** ma anche il **più versatile e potente** tra quelli impiegati del programma. L'algoritmo, implementato in un motore di ricerca particolare, nasce dalle esperienze fatte in numerose casistiche particolari e dal tentativo di superare i problemi normalmente incontrati con i precedenti metodi.

Il metodo si basa sulla **strategia che tende a massimizzare, durante la generazione di superfici random, il passaggio negli strati che hanno le caratteristiche di resistenza più scadenti.**



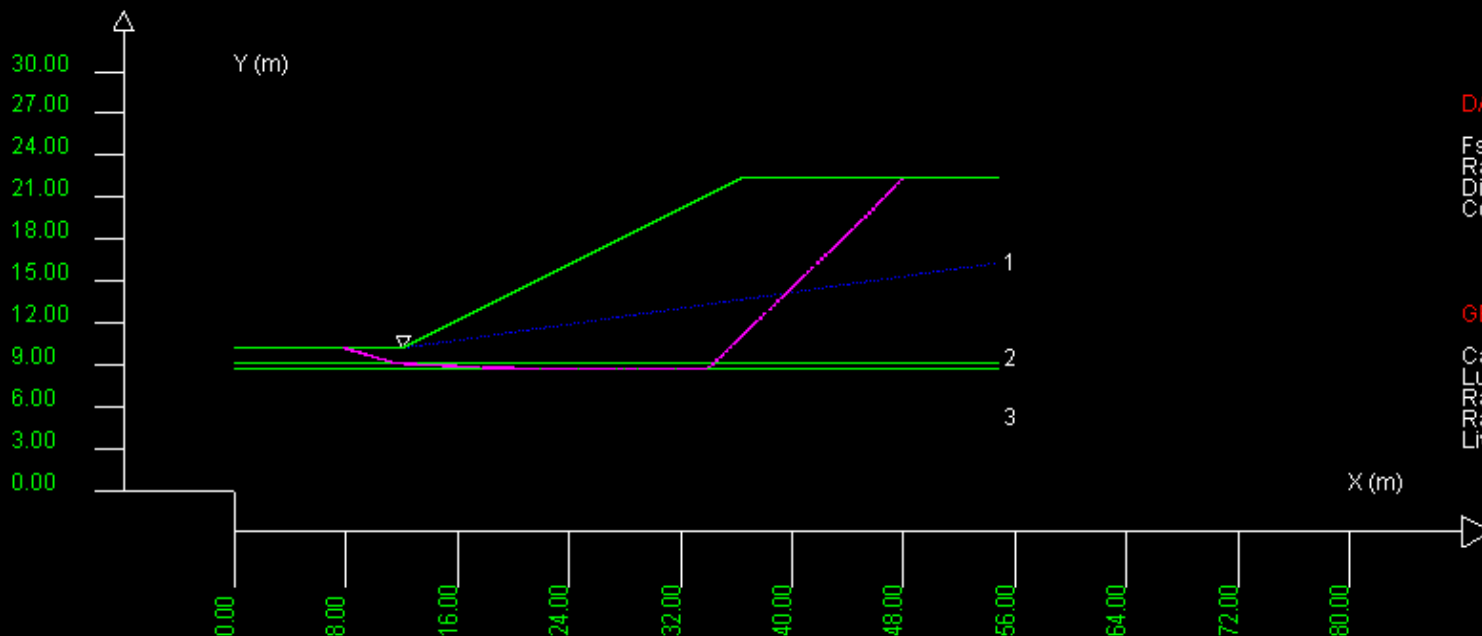
Sniff random search

Sniff Random Search

E' il **metodo più innovativo** ma anche **il più versatile e potente** tra quelli impiegati del programma. L'algoritmo, implementato in un motore di ricerca particolare, nasce dalle esperienze fatte in numerose casistiche particolari e dal tentativo di superare i problemi normalmente incontrati con i precedenti metodi.

Il metodo si basa sulla **strategia che tende a massimizzare, durante la generazione di superfici random, il passaggio negli strati che hanno le caratteristiche di resistenza più scadenti.**

Modello di calcolo : JANBU Rigoroso (1973)

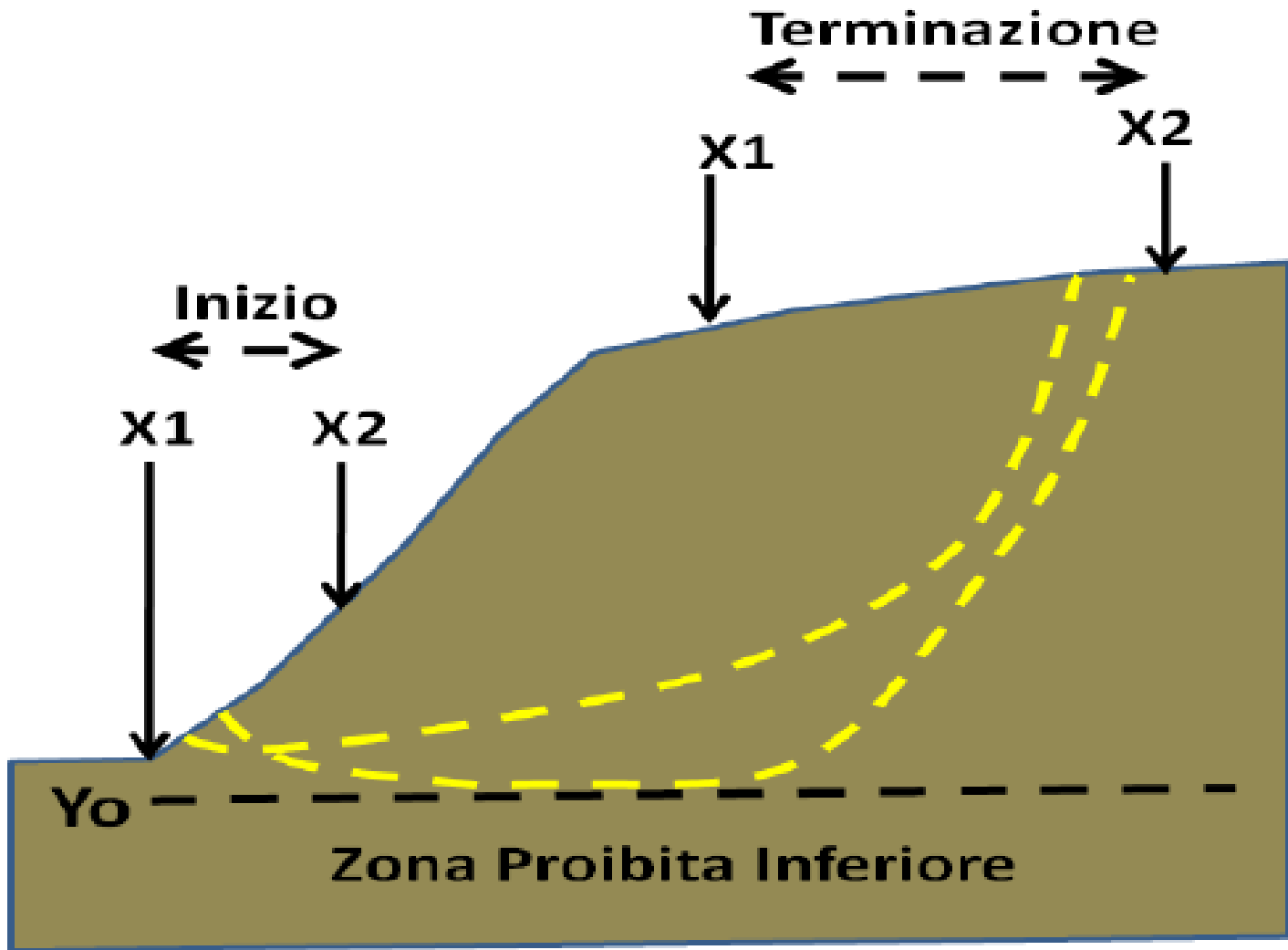


DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.185
Range Fs : 1.185 - 1.271
Diff. % Range Fs : 6.7
Coeff. Sismico : 0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 1433
Lunghezza media segmenti (m) : 3.0
Range X inizio generazione : 0.0 - 49.3
Range X termine generazione : 5.5 - 54.8
Livello Y minimo considerato : 0.4



Input limiti geometrici zona di ricerca e lunghezza media segmenti

PARAMETRI GEOMETRICI VERIFICHE DI STABILITA'

LUNGHEZZA MEDIA (m) SEGMENTI DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO 4.80

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI INIZIO

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) ZONA DI INIZIO (m) 0.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) ZONA DI INIZIO (m) 108.00

QUOTA (Y_o) ZONA PROIBITA INFERIORE (m) 0.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI TERMINAZIONE

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) DI TERMINAZIONE (m) 12.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) DI TERMINAZIONE (m) 117.60

NUMERO MASSIMO SUPERFICI DA GENERARE 10000

COORDINATE OSTACOLO

XL 0.00 Ascissa sinistra (m)

XR 0.00 Ascissa destra(m)

YB 0.00 Quota base ostacolo (m)

NOTA BENE: Tutte le coordinate sono espresse in metri (vedasi manuale per descrizione PARAMETRI)..

HELP OK Cancel



Opzioni generali per la verifica - range dinamico

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP 4.2.0

Coefficiente sismico orizzontale - Kh

Fs di Progetto richiesto (analisi deficit)

METODO DI CALCOLO

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

Esplora spazio (lambda0, fs0)
Metodo

- JANBU RIGOROSO - (1973)
- SPENCER - (1973)
- SARMA I - (1973)
- MORGESTERN PRICE - (1965)
- CORREIA - (1988)
- SARMA II - (1979)

A (rapido e accurato)

B (più accurato)

C (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

% Tolleranza RHO=|Fs/Fv| > 1.0

Limita T(x)/E(x)

LIMITATO

Non LIMITATO

Reimposta Valori Standard

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

- RANDOM SEARCH (RS)
- CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
- SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.0

RANDOM...
00100101001
01010010101
00010101001
10110101000

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Steps di scansione

Frequenza di attivazione

FILTRAGGIO SUPERFICI

FILTRARE

NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO

CON OSTACOLO INTERNO

SENZA OSTACOLO INTERNO

TIRANTI - ANCORAGGI

PASSIVI

ATTIVI

Distribuzione resistenza

Rettangolare

Trapezoidale

PALIFICATE - Metodo calcolo

ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)

KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

PALIFICATE fattore riduttivo NTC2008

Fattore di riduzione (Variare da 1 a 10)

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

EFFETTO ATTIVATO

EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

EFFETTO DISATTIVATO

EFFETTO ATTIVATO

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m

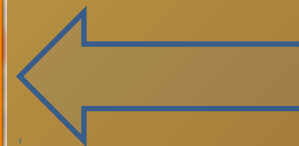
Forza Eb (in Testa) - kN/m

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

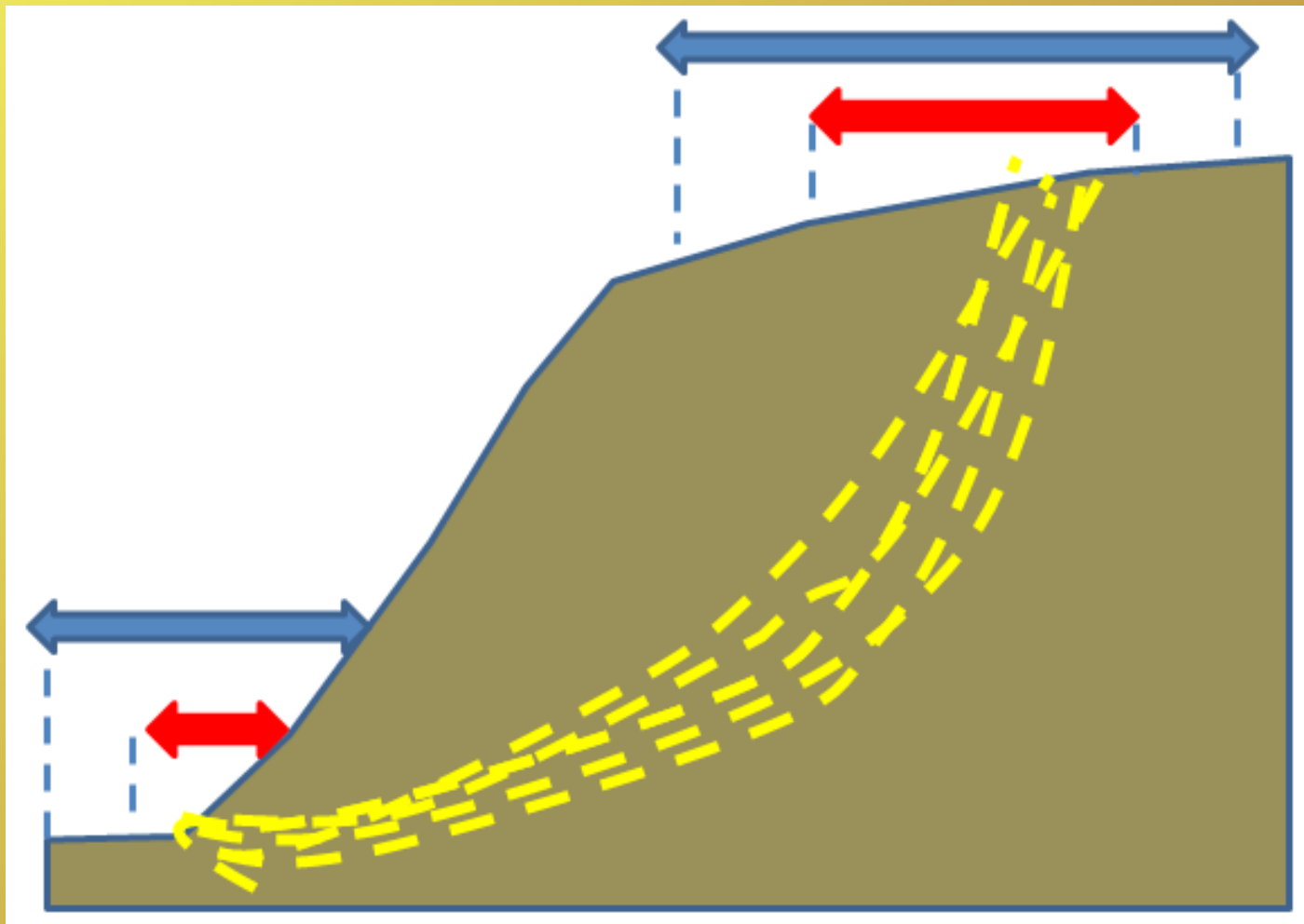
DISATTIVATO

ATTIVATO

HELP

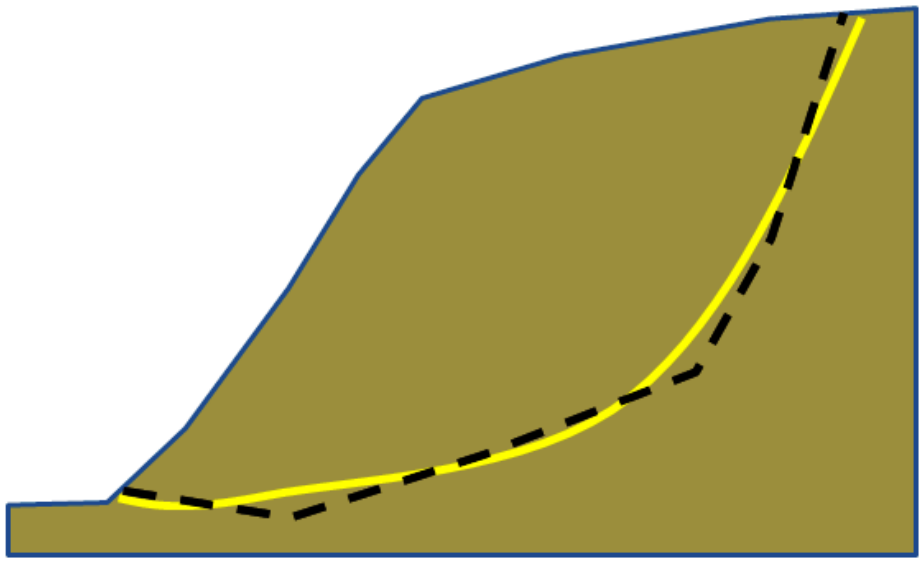


Range dinamico .. Algoritmo che restringe progressivamente l'area di ricerca durante l'analisi.

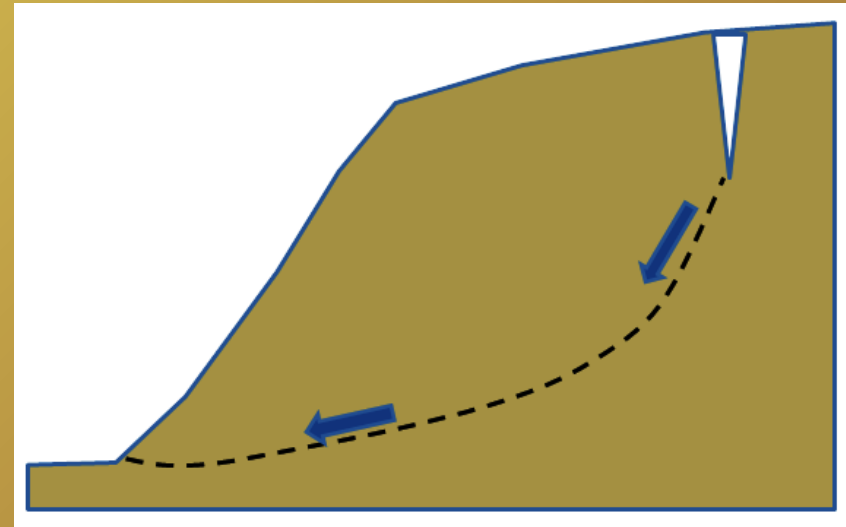


Inoltre

Generatore superficie random
Smussate.. (ssap 2010)



Ricerca automatica superfici
con max profondità Tension cracks



Opzioni generali per la verifica - altre varianti generazione superficie

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP 4.2.0

Coefficiente sismico orizzontale - Kh

Fs di Progetto richiesto (analisi deficit)

METODO DI CALCOLO

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

Esplora spazio (lambda0, fs0)

Metodo

- JANBU RIGOROSO - (1973)
- SPENCER - (1973)
- SARMA I - (1973)
- MORGESTERN PRICE - (1965)
- CORREIA - (1988)
- SARMA II - (1979)

- A (rapido e accurato)
- B (più accurato)
- C (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

% Tolleranza RHO=|Fs/Fv| > 1.0

Limita T(x)/E(x)

- LIMITATO
- Non LIMITATO

Reimposta Valori Standard

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

- RANDOM SEARCH (RS)
- CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
- SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.0

RANDOM...

```
00100101001
01010010101
00010101001
10110101000
```

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Steps di scansione

Frequenza di attivazione

FILTRAGGIO SUPERFICI

- FILTRARE
- NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO

- CON OSTACOLO INTERNO
- SENZA OSTACOLO INTERNO

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

- DISATTIVATO
- ATTIVATO

TIRANTI - ANCORAGGI

- PASSIVI
- ATTIVI

Distribuzione resistenza

- Rettangolare
- Trapezoidale

PALIFICATE - Metodo calcolo

- ITO - MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
- KUMAR - HALL (2006) (+ conservativo)

PALIFICATE fattore riduttivo NTC2008

Fattore di riduzione (Variare da 1 a 10)

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

- EFFETTO ATTIVATO
- EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

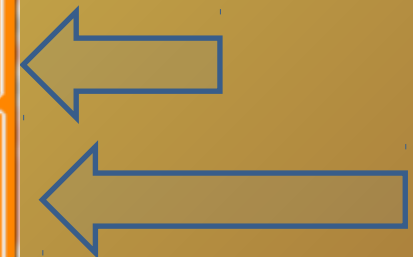
- EFFETTO DISATTIVATO
- EFFETTO ATTIVATO

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m

Forza Eb (in Testa) - kN/m

HELP



Numero di superfici da analizzare

Numero massimo superfici da generare

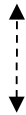
Il numero di superfici da generare deve essere compreso tra **10 e 99.000.000**. Tale numero indica il numero di superfici che verranno generate prima che il processo di verifica possa terminare automaticamente. Il processo può essere interrotto prima a discrezione dell'operatore. Il numero da indicare è a scelta dell'operatore e dipenderà sia dalla rappresentatività che si vuole ottenere, nonché dalla velocità del sistema che si dispone.

Tuttavia ...

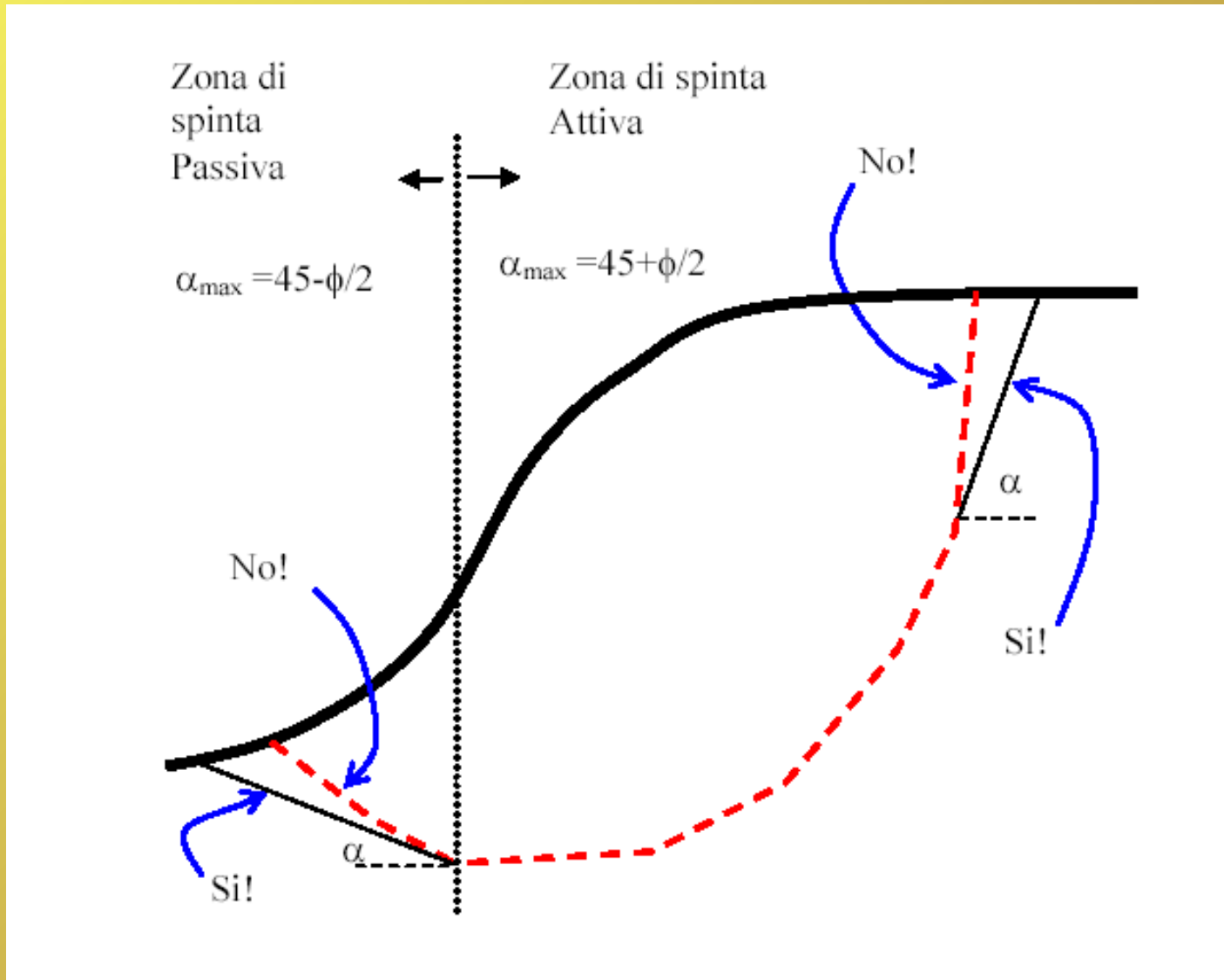
Nella maggior parte dei casi sono sufficienti 5000- 10000 superfici per una analisi preliminare.

10000 superfici permettono già una analisi approfondita.

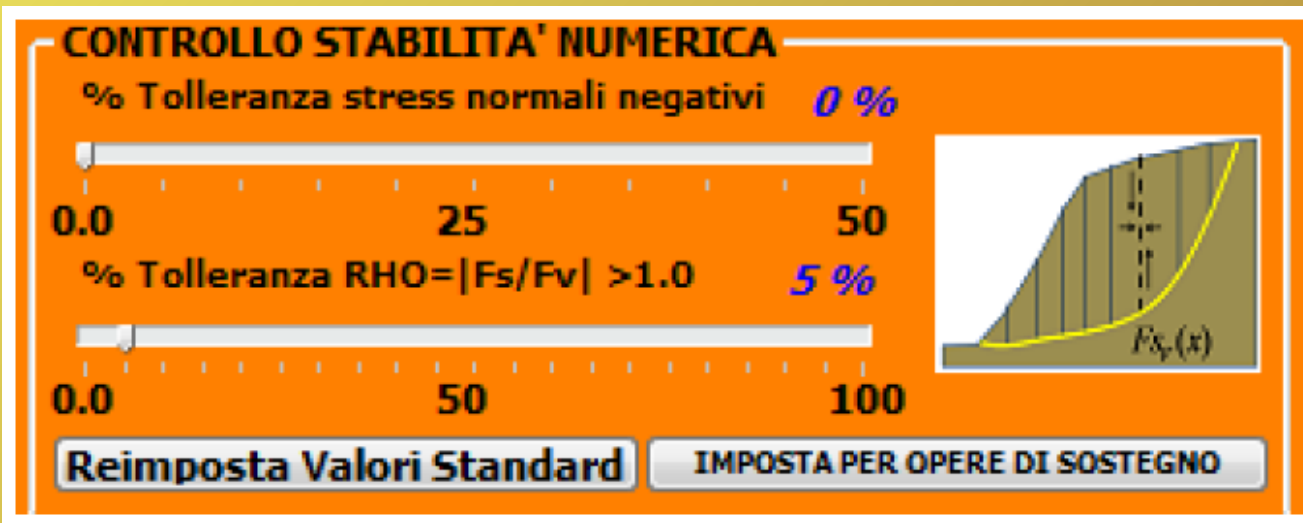
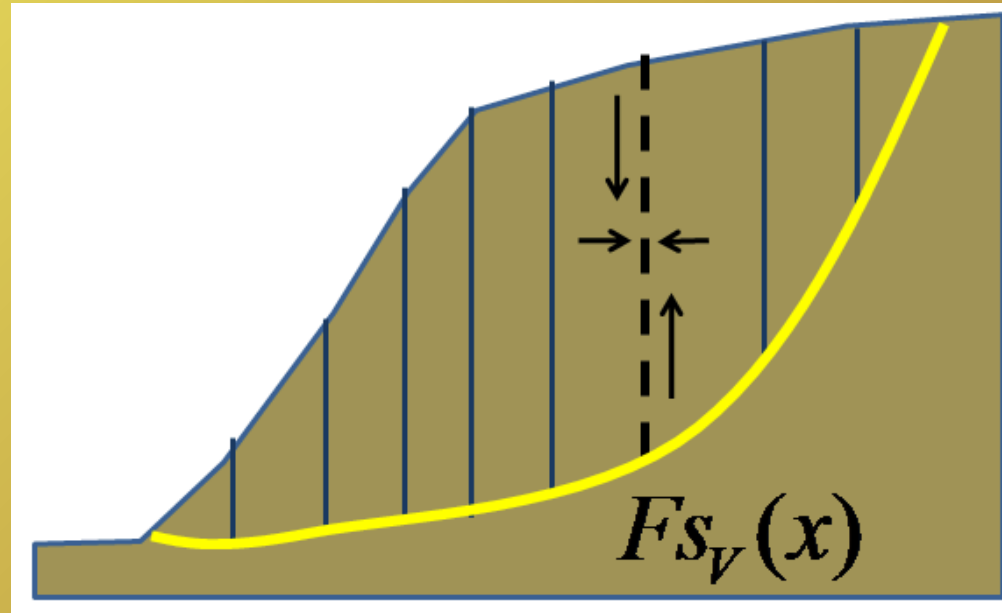
Con Sniff random search è sufficiente un minor numero di superfici (generalmente 3000-4000 son sufficienti)!!



Criterio di controllo delle superfici POST GENERAZIONE



Filtro di post generazione: esclude superfici per le quali sulle superfici Verticali interconco il fattore di sicurezza locale F_{sv} è inferiore Al fattore di sicurezza globale... (Sarma 1973, Zhu 2003)
 Ma In SSAP2010 è prevista una Tolleranza Massima (come % di volume) dove questo può Avvenire...



$$Rho(x) = \left| \frac{F_s}{F_{sv}(x)} \right|$$

Metodi di calcolo di FS - confronto

I metodi di calcolo utilizzati differiscono per le assunzioni
che vengono fatte per determinare le forze tangenziali T
tra i conci

Metodi di calcolo di FS - confronto
Metodi che garantiscono



$$\sum V_i = 0 \quad \sum M_i = 0$$
$$\sum H_i = 0$$

$$T(x) = E(x) \tan \alpha_t + h_t \frac{dE(x)}{dx} + \dots$$

Janbu Rigoroso (1973)

$$T(x) = \lambda E(x) \quad \text{Spencer (1967)}$$

$$T(x) = \lambda f(x) E(x) \quad \text{Morgestern \& Price (1965)}$$

$$T(x) = \lambda \left[\bar{c}' H(x) + \left((E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right) \right] \frac{1}{F_s}$$

Sarma I (1973)

$$T(x) = \lambda f(x) \left[\bar{c}' H(x) + \left((E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right) \right] \frac{1}{F_s}$$

Sarma II (1979)

$$T(x) = \lambda f(x) \quad \text{Correia (1988)}$$

In SSAP 2010..

Si usa un algoritmo di calcolo innovativo che è una evoluzione di quello proposta da Zhu (2005) per metodo di Morgenstern & Price (1965).
La parte nuova è :

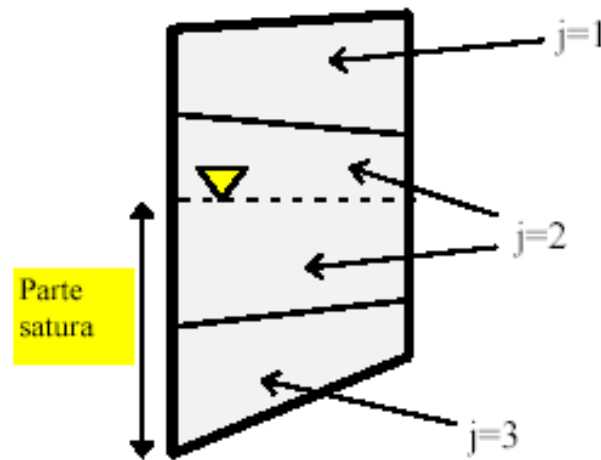
1) ulteriore generalizzazione del metodo di Zhu(2005) consentendo di usare l'algoritmo anche con i vari metodi di calcolo rigorosi adottati nelle verifiche di stabilità: (janbu rigoroso, spencer, sarma, morgestern, correia ..)

2) inclusione delle interazioni delle strutture di rinforzo (assenti nel metodo di Zhu(2005) originale)

Fs (generale per equilibrio momenti e forze) e fattore di scala λ Sono calcolati mediante un procedimento numerico generalmente più efficiente di quelli tradizionali comunemente impiegati nella maggior parte dei software commerciali

Pressioni idrostatiche - pressioni dei pori - pendii sommersi

La pressione interstiziale alla base di ogni concio viene calcolata attraverso il coefficiente della pressione interstiziale alla base di ogni concio, r_{u_i} che viene determinato, nel caso generico di un concio costituito da strati di materiali diversi (fig. 2.3):

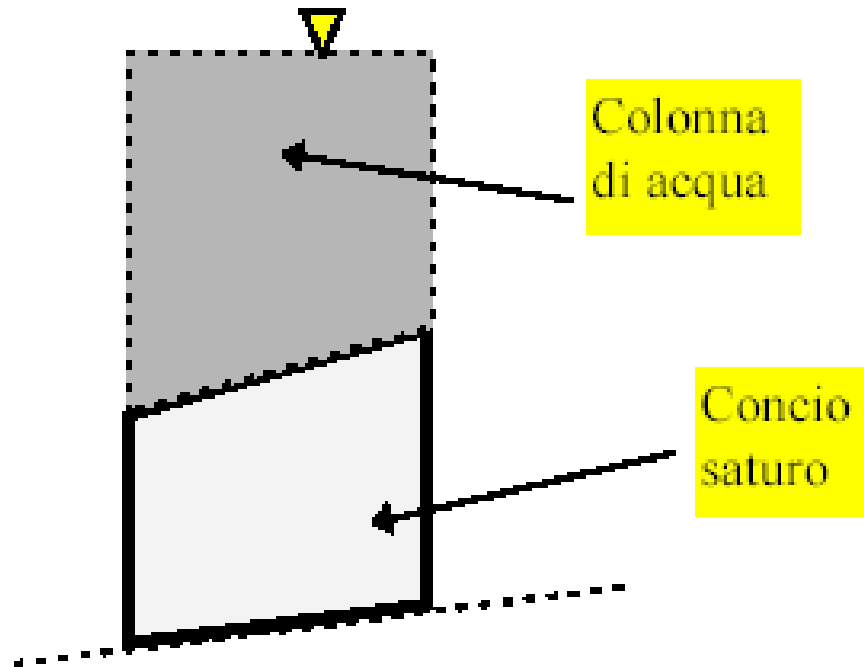


$$r_{u_i} = \frac{V_w \gamma_w}{\sum_j V_j \gamma_j} \quad (2.5)$$

dove:

- J indice dello strato che fa parte del concio i-esimo
- V_w Volume della parte di concio satura
- γ_w Peso unitario dell'acqua
- V_j Volume dello strato j che fa parte del concio i -esimo
- γ_j Peso unitario dello strato j (peso unitario sopra falda o peso unitario saturo, se in falda)

Pressioni idrostatiche - pressioni dei pori - pendii sommersi



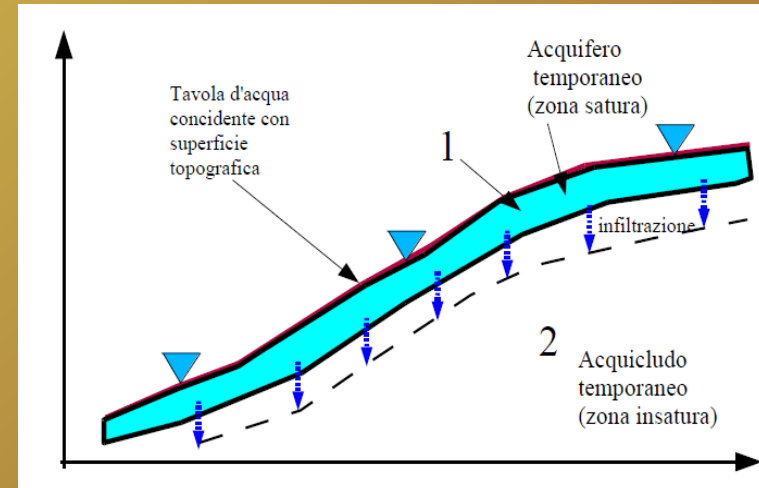
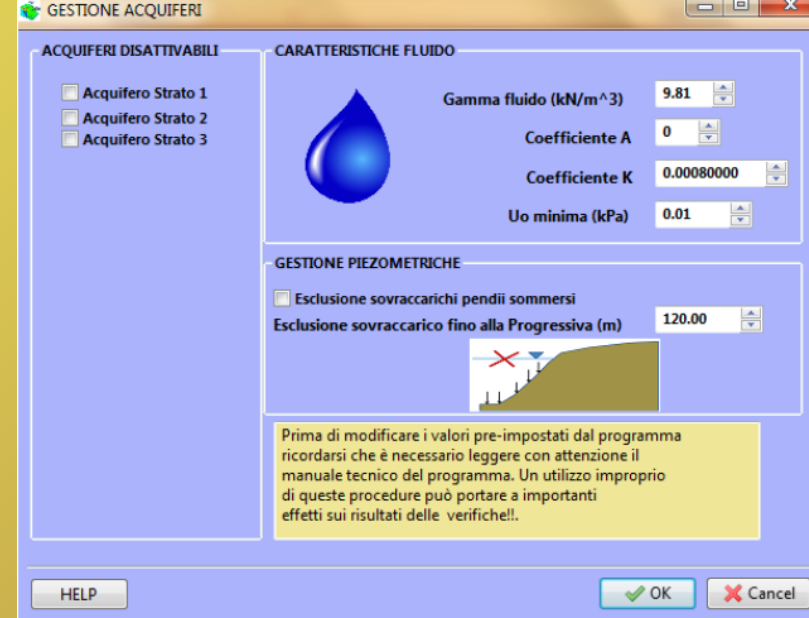
$$S_{w_i} = V_{sw_i} \gamma_w$$

Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

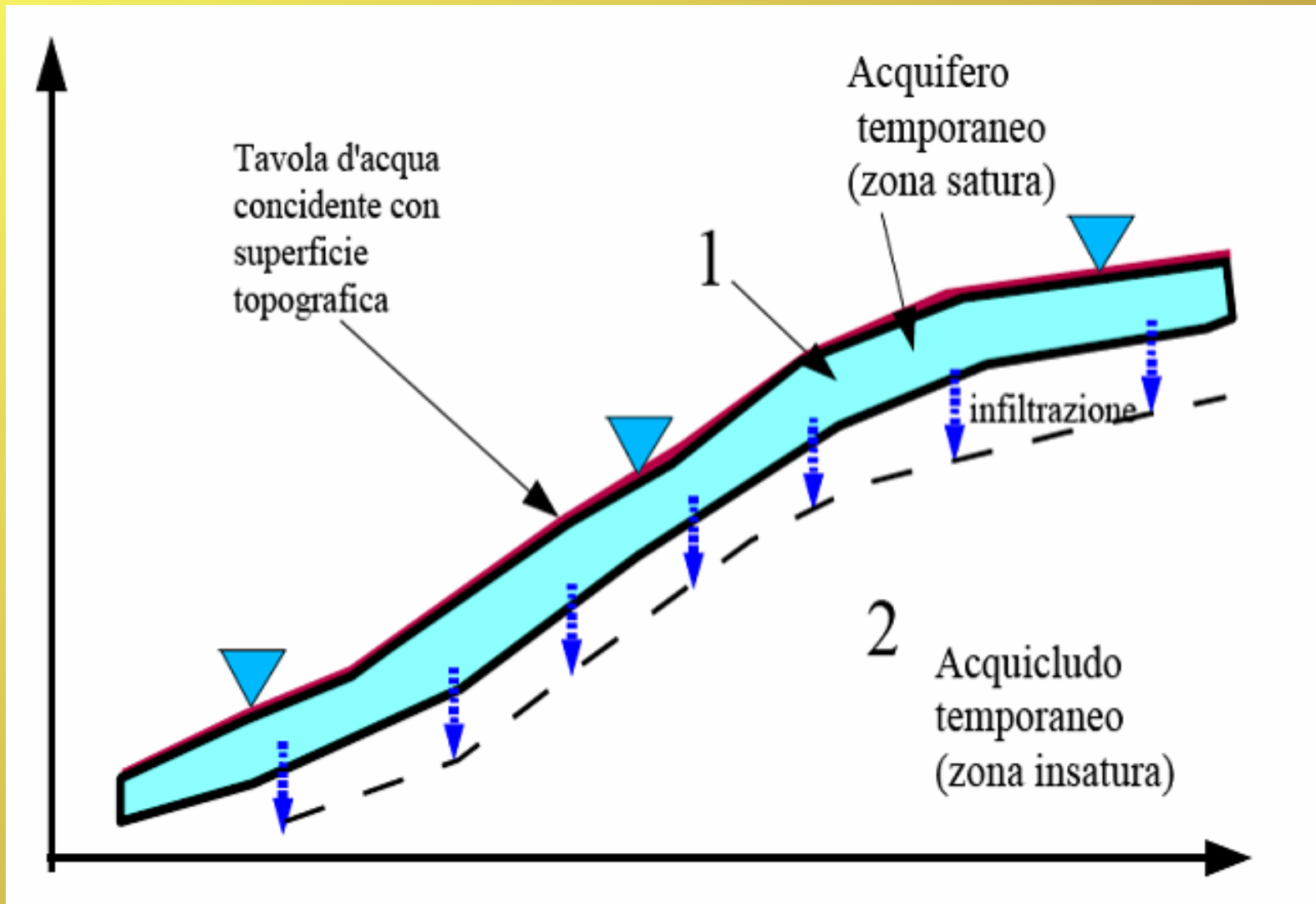
Inoltre...

Modulo gestione acquiferi

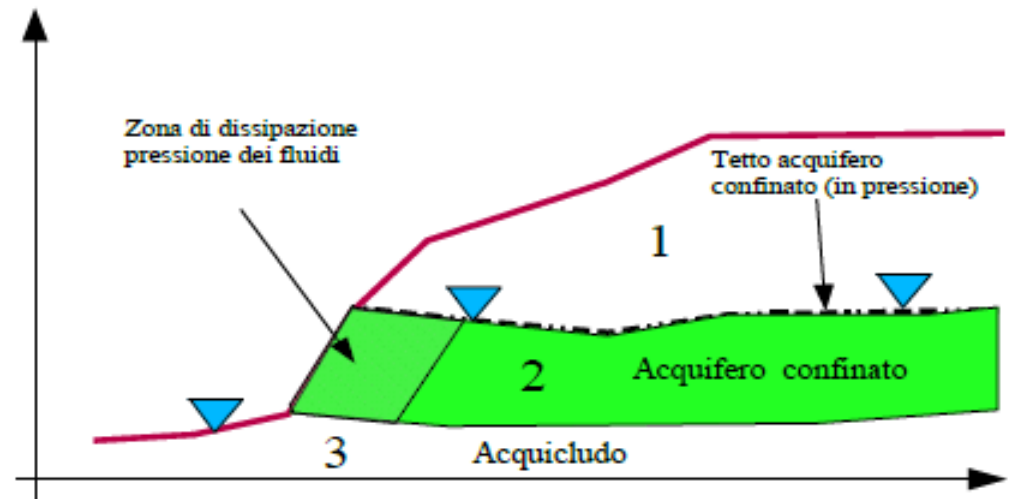
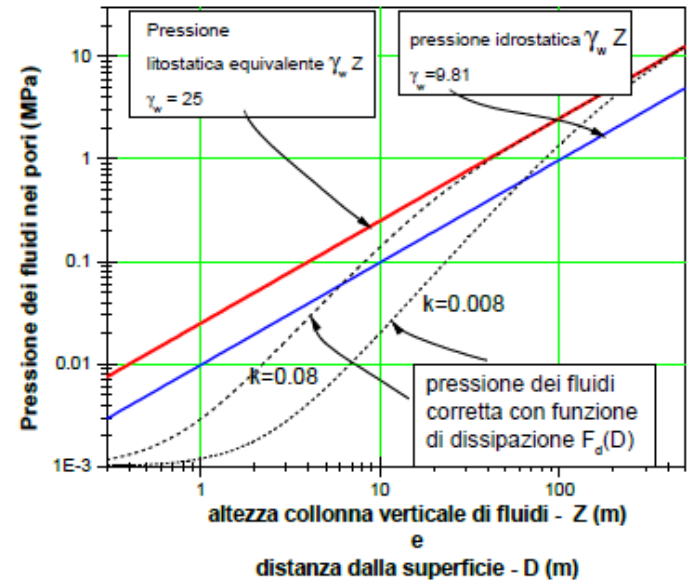
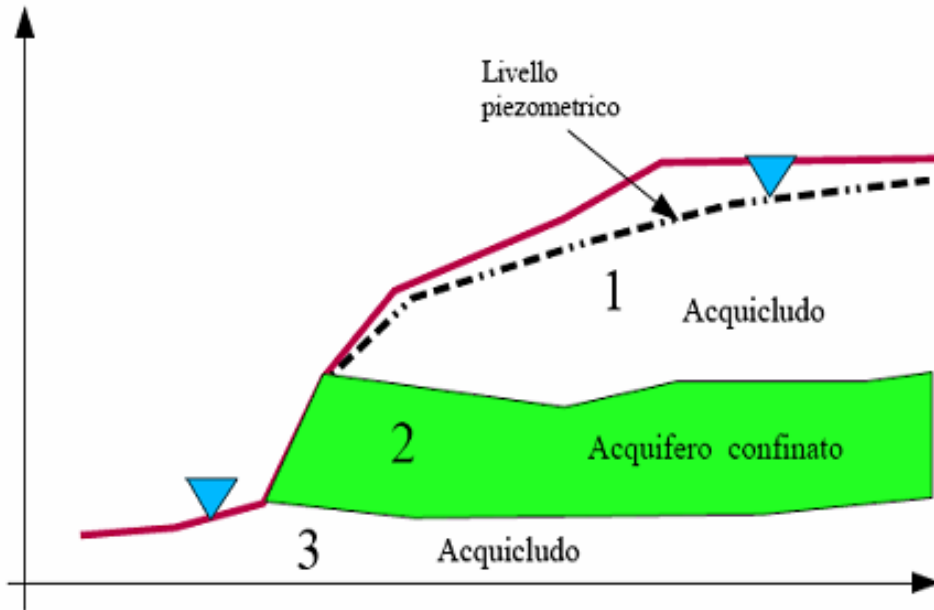
- falde in pressione
- acquicludi; falde sospese e stati temporaneamente saturi sopra porzioni insature;
- Nel caso di falde in pressione algoritmo, sviluppato in modo originale dall'autore, per simulare la dissipazione progressiva della pressione di pori in prossimità della superficie;
- escludere il calcolo del sovraccarico esterno di masse d'acqua nel caso di porzioni di pendio sommerso. (simulazione di un effetto di svaso rapido in un bacino artificiale);



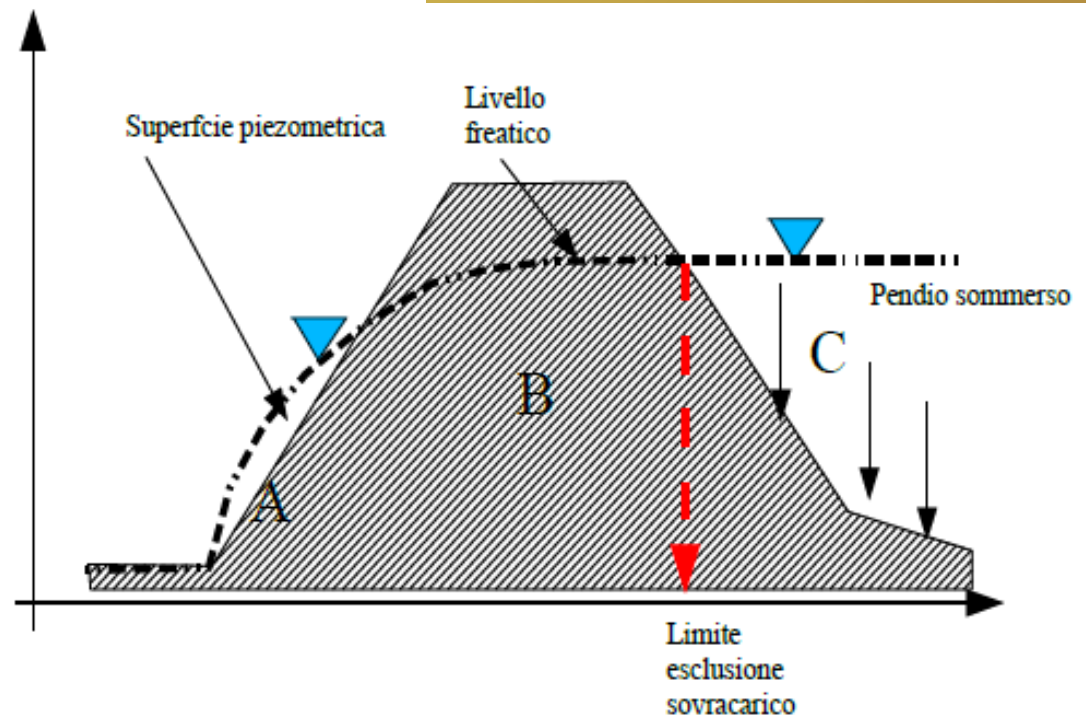
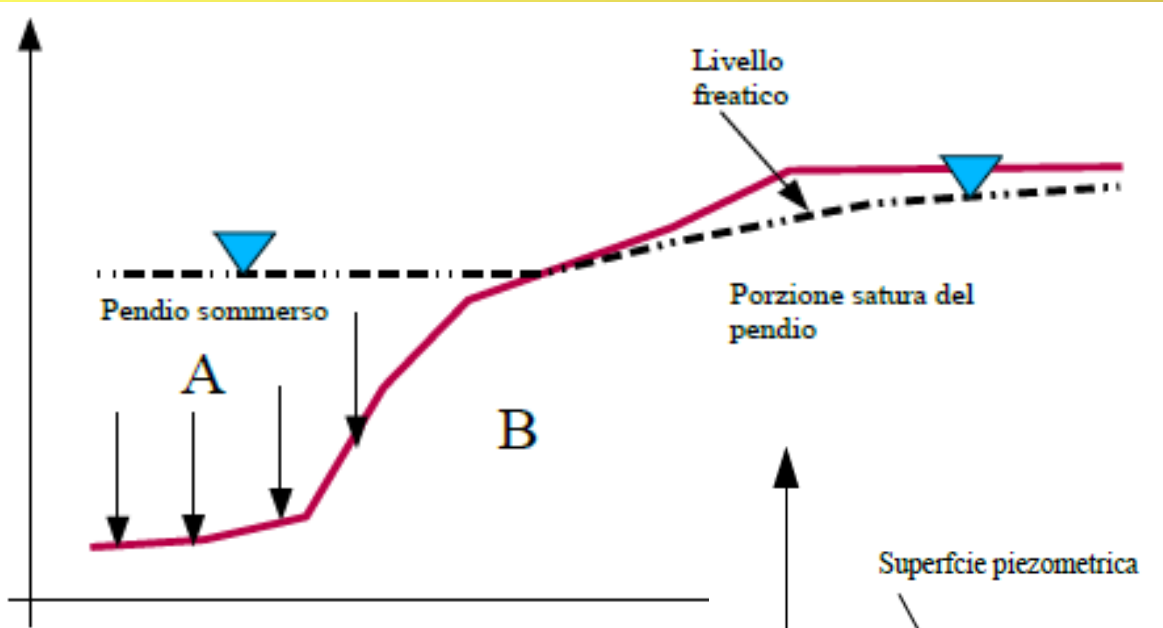
Gestione acquiferi



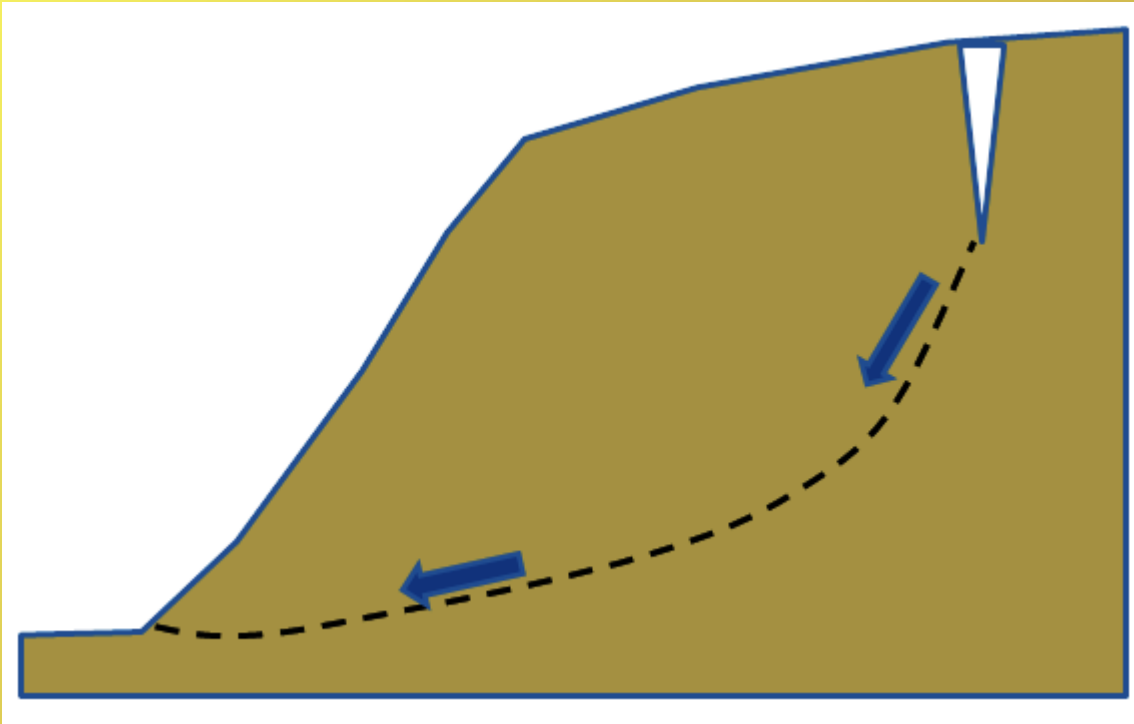
Gestione acquiferi



Gestione acquiferi



Verifiche di stabilità dei pendii (metodo dell'equilibrio limite) con tension cracks in testa al pendio



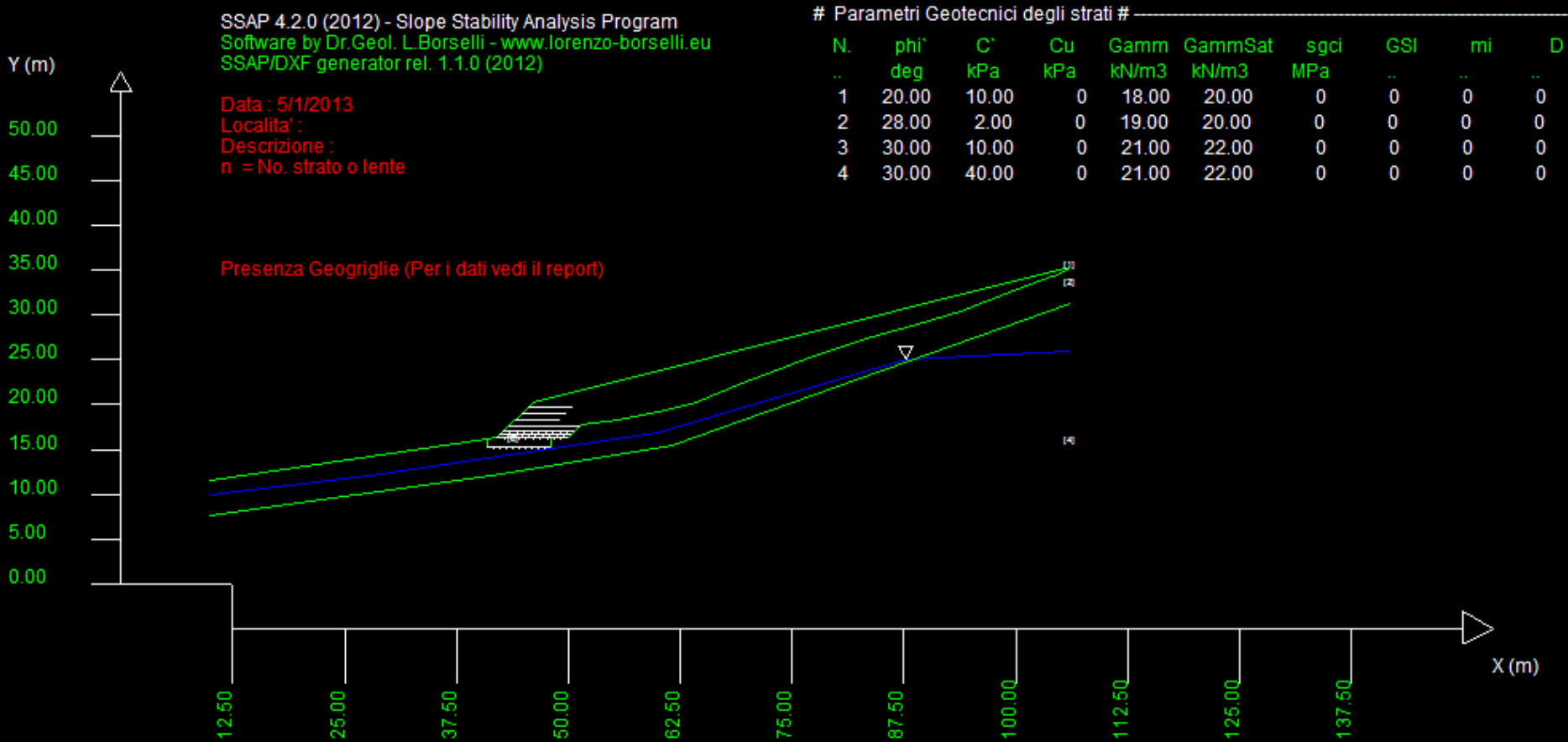
Per suoli con coesione
e attrito

Una stima della profondità
Massima di un tension cracks
Può essere (Craig 1997):

$$H_c = \frac{\lambda c'}{\gamma_s \sqrt{\frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'}}$$

Con $2 < \lambda < 3$

Esempio di verifica di stabilità dei pendii – effetto tension cracks



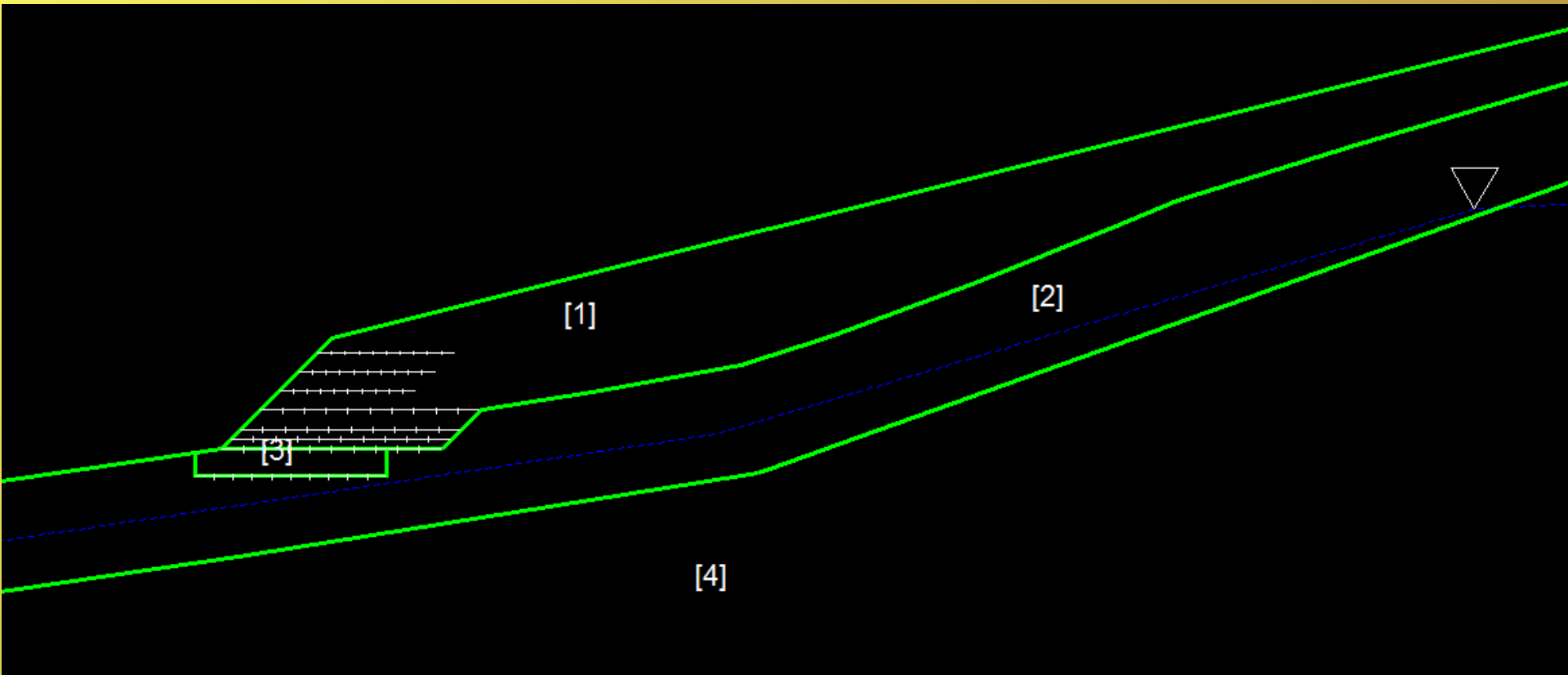
Modello pendio: 4 strati – lenti; sistema di geogriglie e
 Strato 1: terreno di riporto con coesione e attrito

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Esempio di verifica di stabilità dei pendii – effetto tension cracks

(dettaglio modello pendio)



Modello pendio: 4 strati – lenti; sistema di geogriglie e Strato 1 terreno di riporto con coesione e attrito

Esempio di verifica – morgestern e price (1965) , le 10 superfici con minor FS

Su un campione di 10.000 generate con motore di ricerca convex random search

Con smussatore superficie, con attrattore dinamico e senza effetto tension crack in testa al pendio

SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	20.00	10.00	0	18.00	20.00	0	0	0	0
2	28.00	2.00	0	19.00	20.00	0	0	0	0
3	30.00	10.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0
4	30.00	40.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0

Data : 5/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Presenza Geogriglie (Per i dati vedi il report)

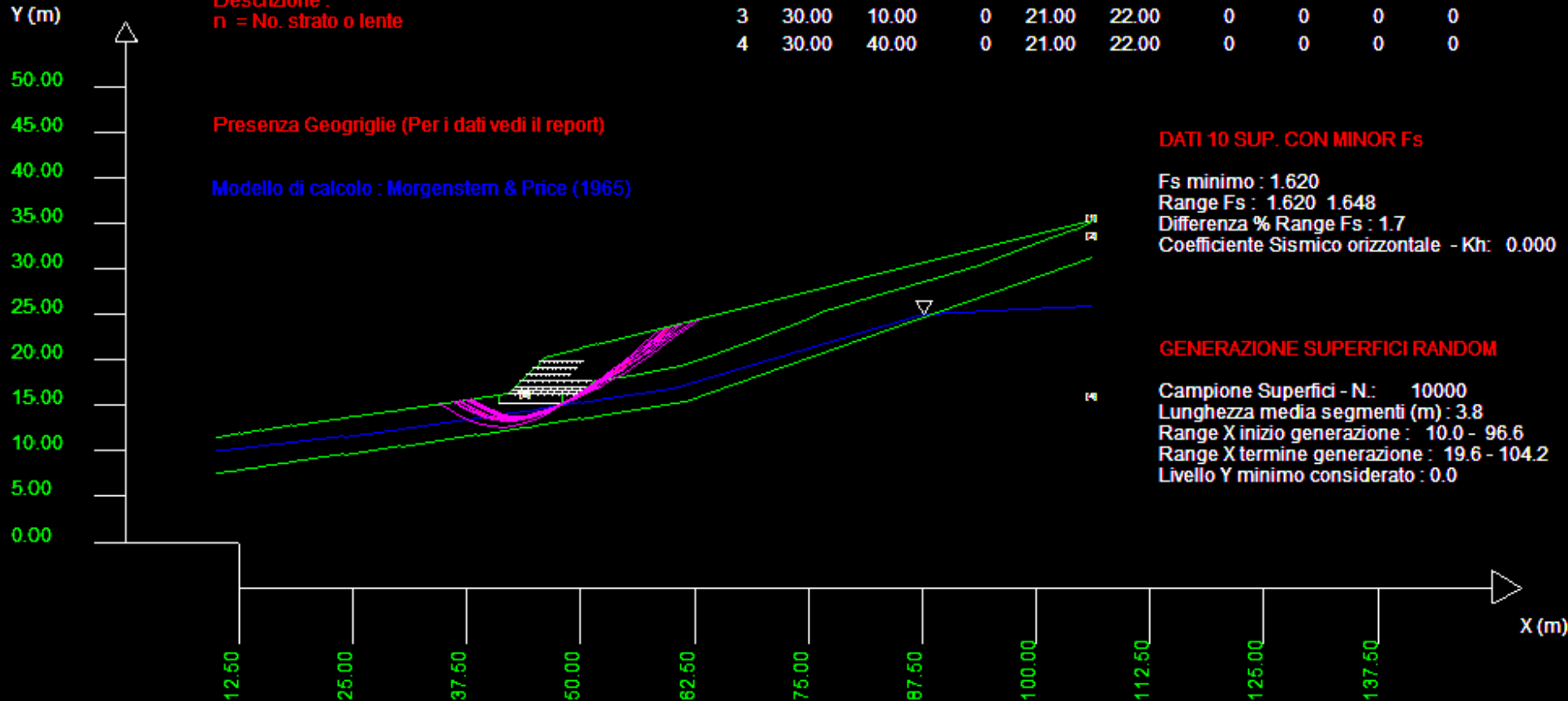
Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

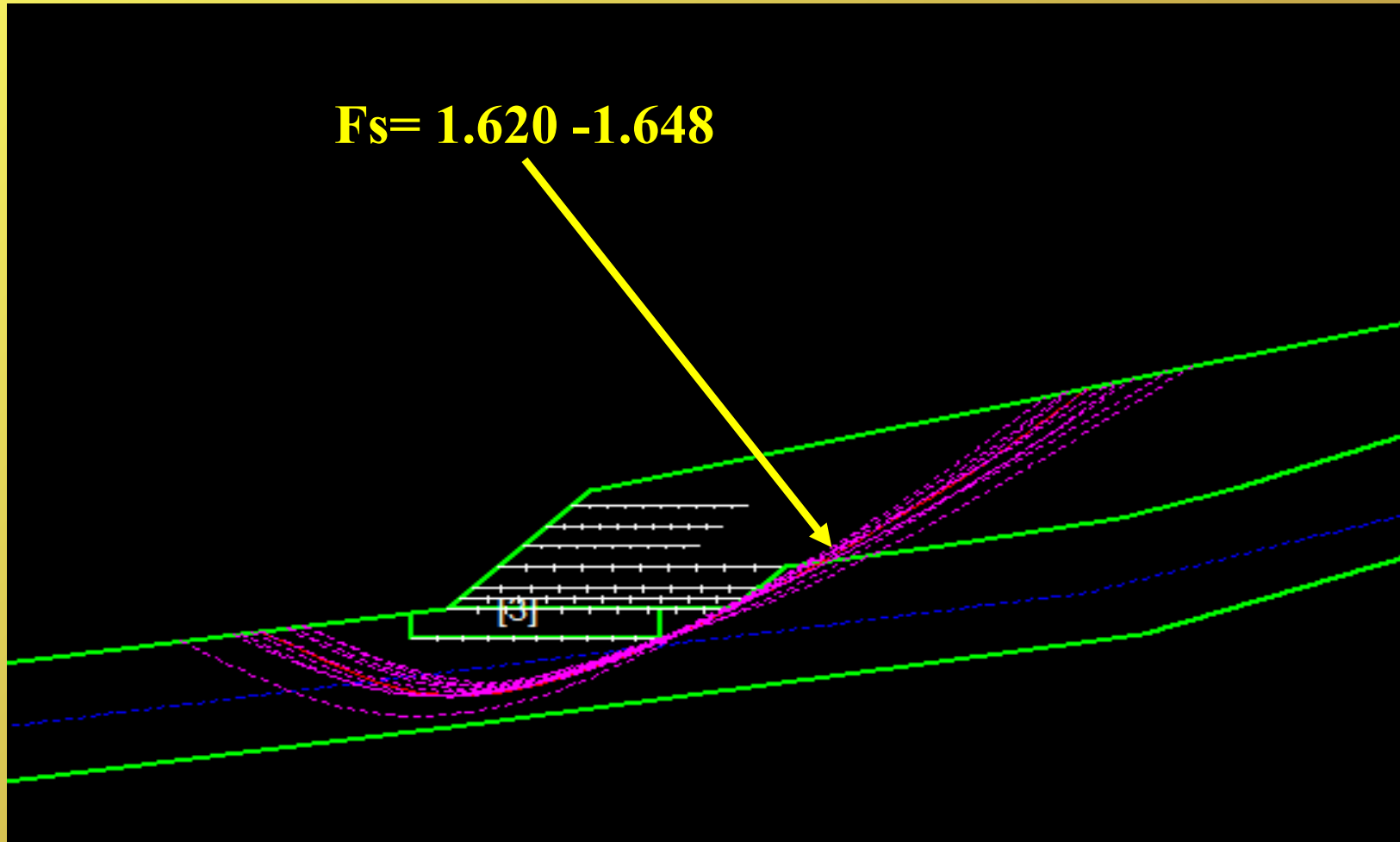
Fs minimo : 1.620
 Range Fs : 1.620 1.648
 Differenza % Range Fs : 1.7
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

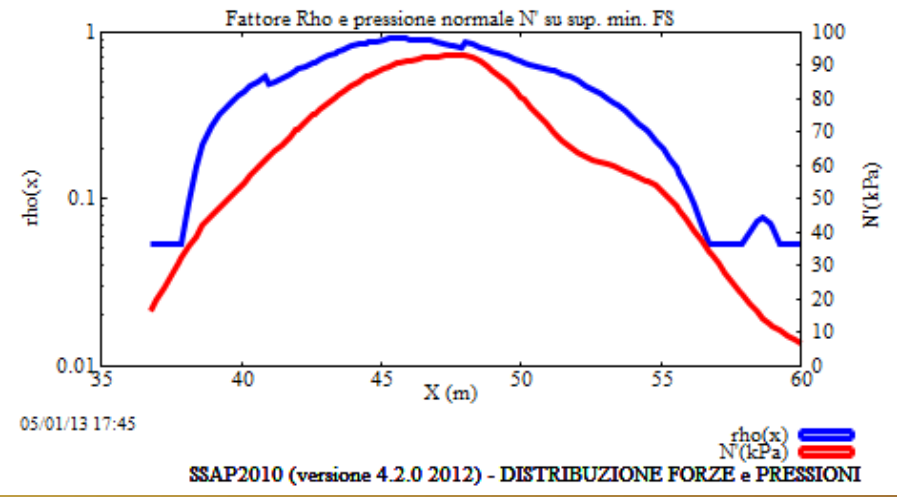
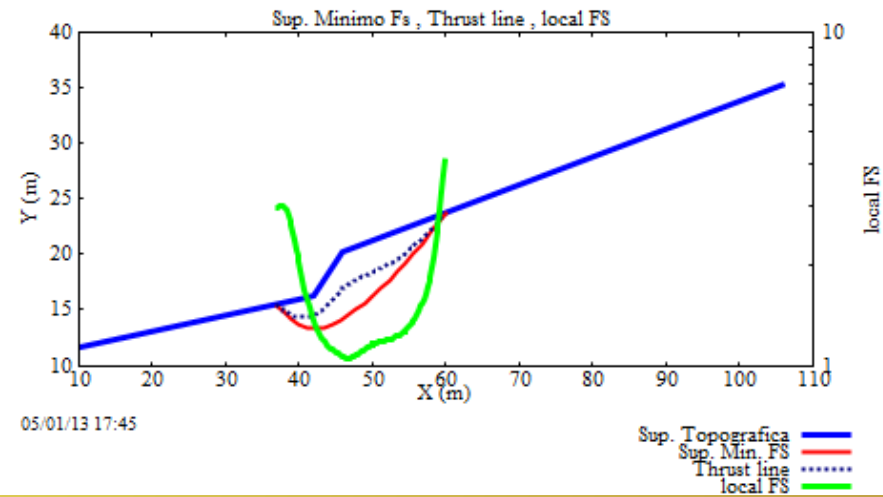
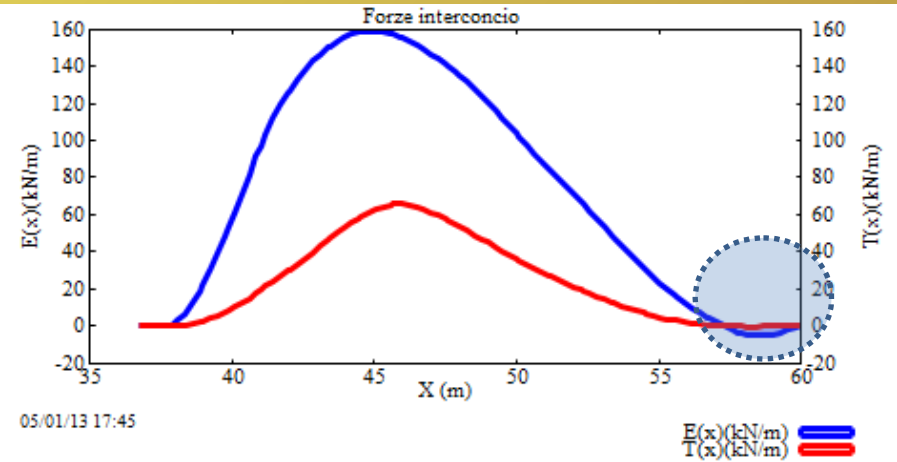
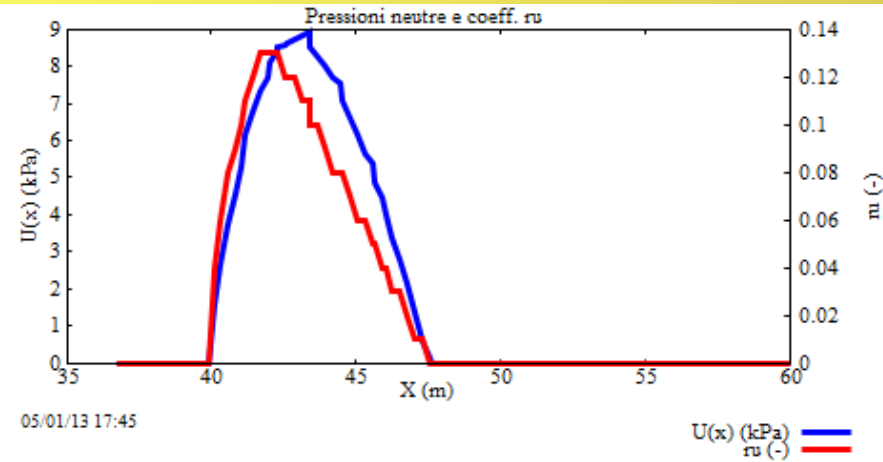
Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.8
 Range X inizio generazione : 10.0 - 96.6
 Range X termine generazione : 19.6 - 104.2
 Livello Y minimo considerato : 0.0



Esempio di verifica – morgestern e price (1965) , le 10 superfici con minor FS
Su un campione di 10.000 generate con motore di ricerca convex random search
Con smussatore superficie, con attrattore dinamico e senza effetto tension crack
in testa al pendio (dettaglio)

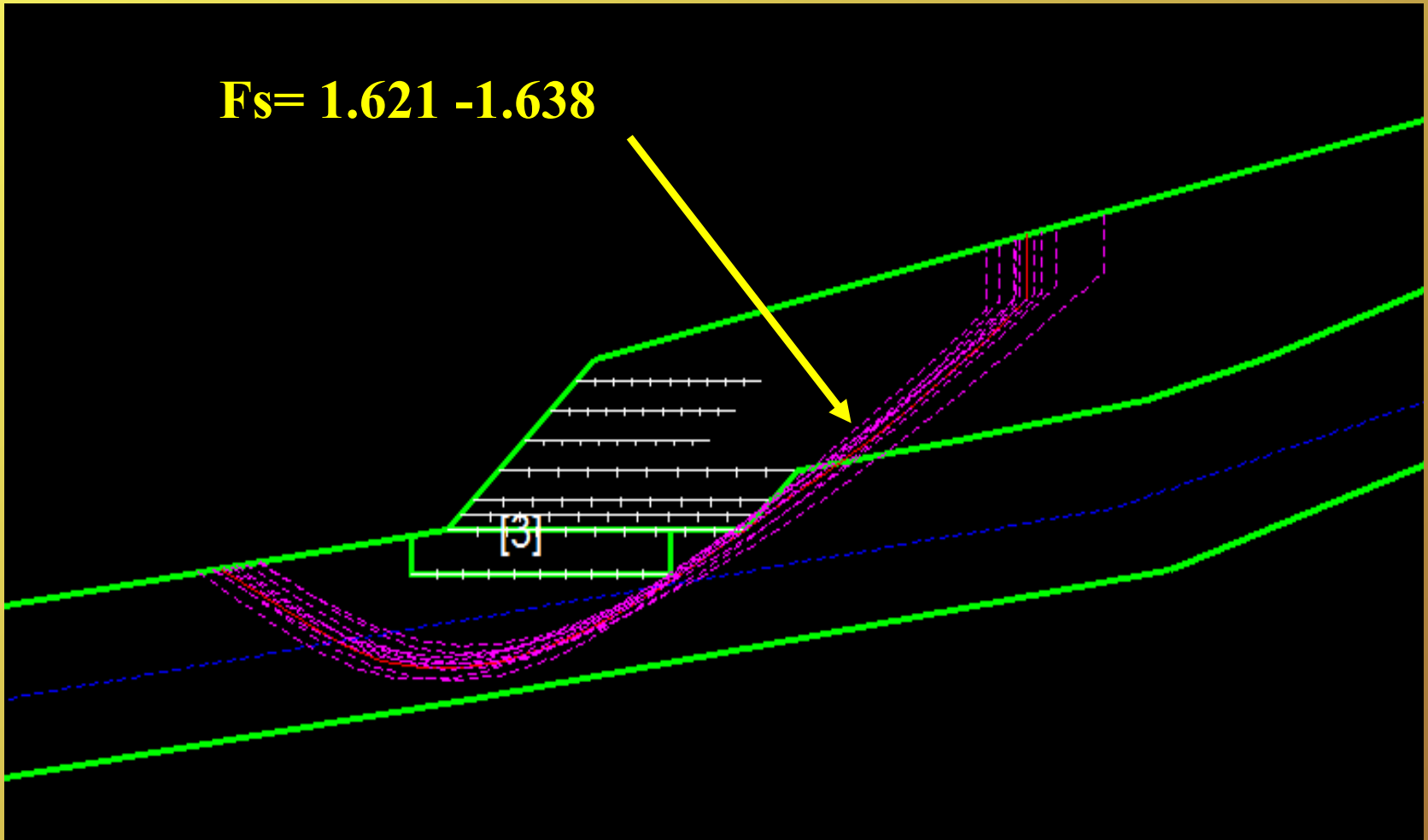


Presenza forze interconco orizzontali E(x) Negative in testa al pendio

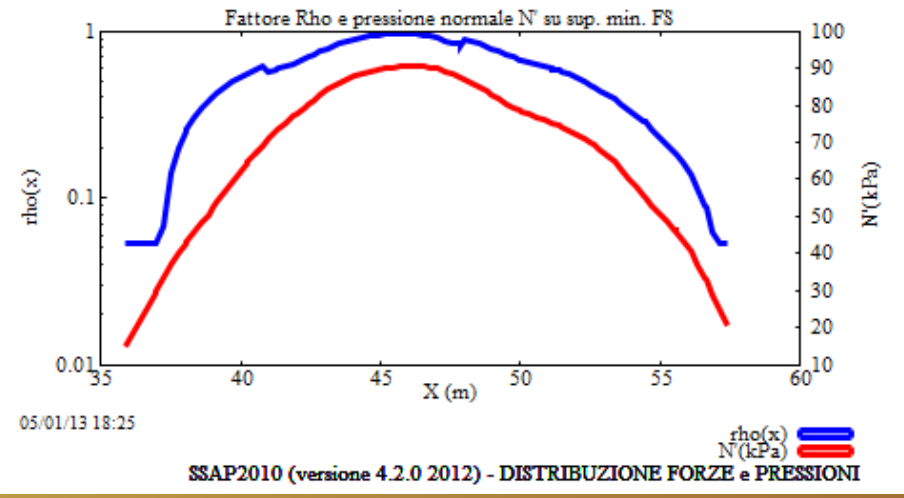
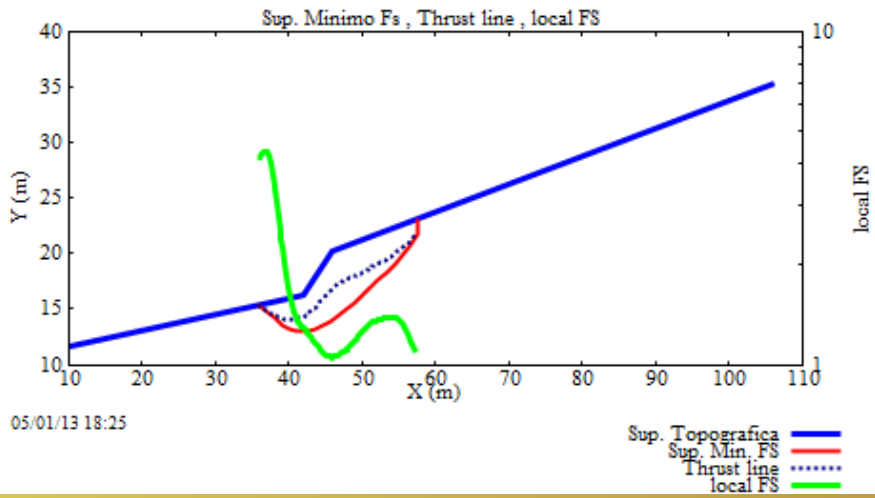
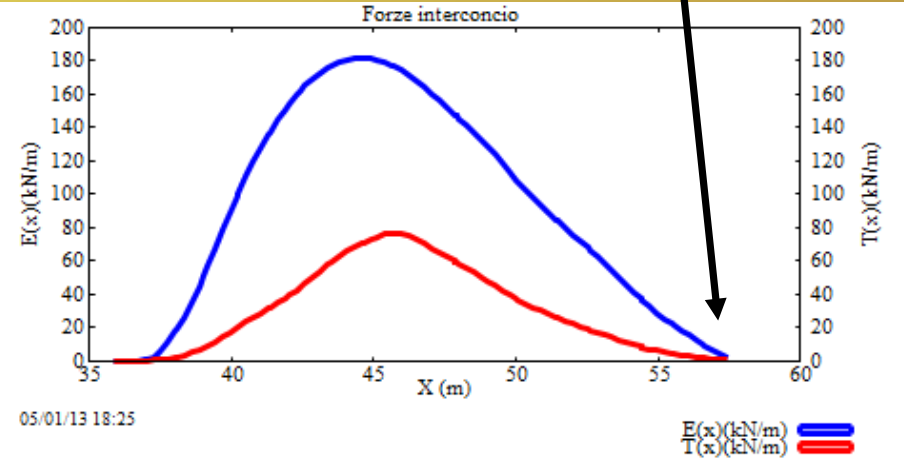
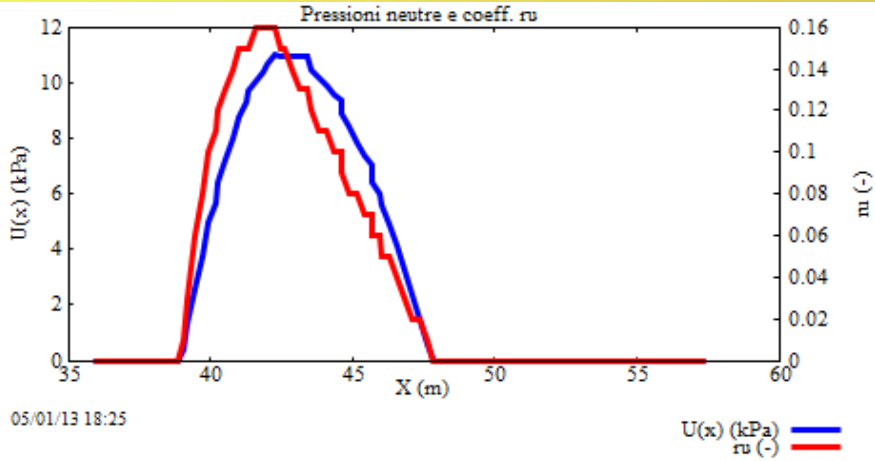


SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

**L'effetto dei tension cracks genera un gruppo di superfici diverse
E la differenza con le verifiche senza fessura di trazione può arrivare fino al 10%
È sempre utile incorporare nella ricerca l'effetto tension crack
(Chowdhury 2009).**



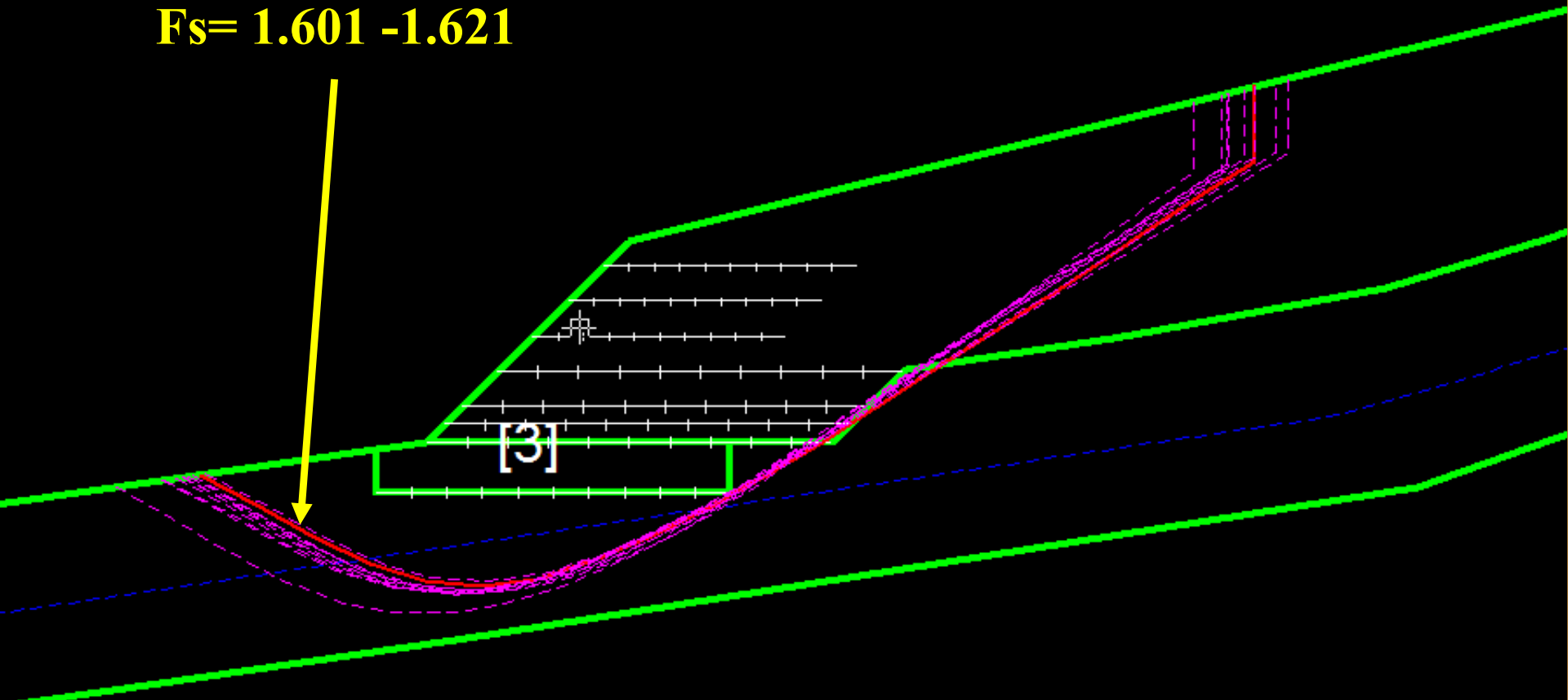
facendo la analisi con tension cracks spariscono le forze interconco orizzontali negative in testa al pendio



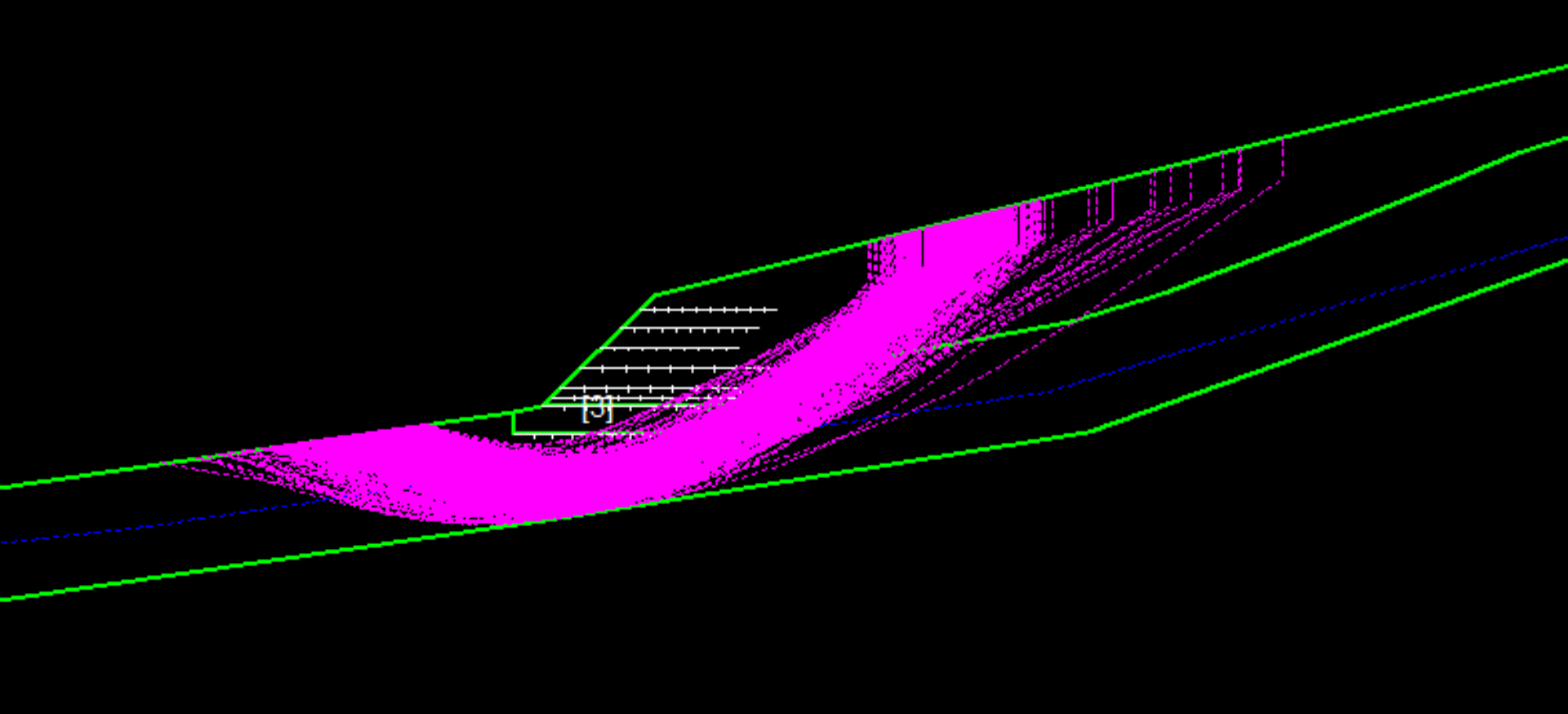
SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

Esempio di verifica – morgestern e price (1965) , le 10 superfici con minor FS
Su un campione di 5.000 generate con motore di ricerca SNIFF RANDOM SEARCH Con smussatore superficie, con attrattore dinamico con effetto tension crack in testa al pendio (dettaglio)

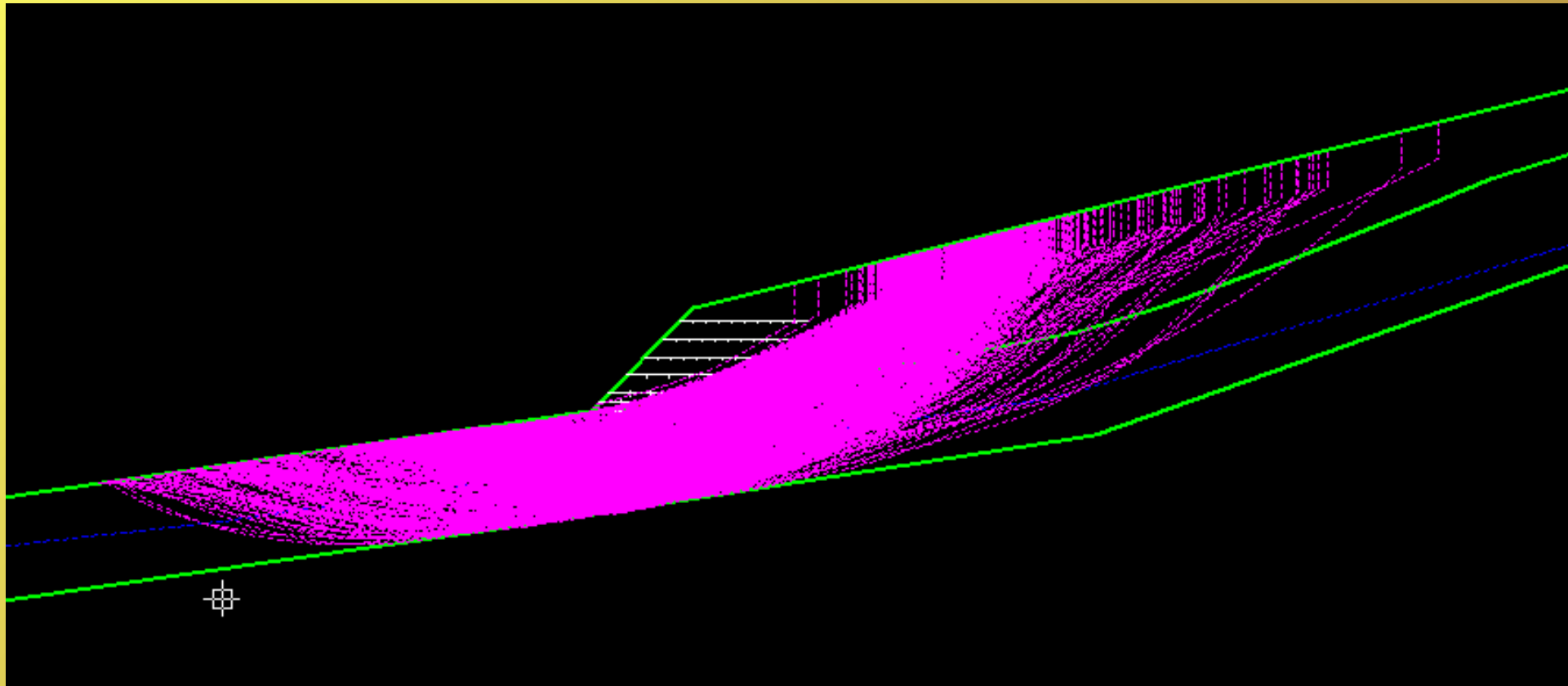
Fs= 1.601 -1.621



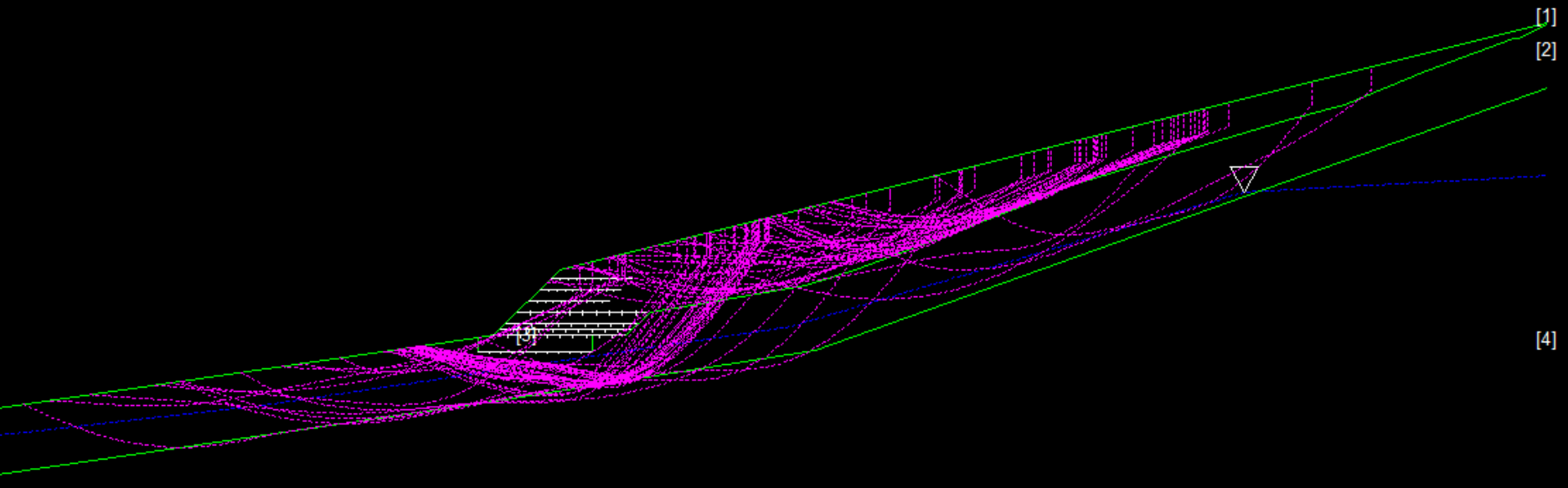
Plottaggio superficie registrate – es. intervallo di F_s 1.6 -1.8
(nuova funzionalità in SSAP2010 rel. 4.2.0 (2012))
Plottaggio di 1530 superfici..



Plottaggio superficie registrate – es. intervallo di F_s 1.8 -2.0
(nuova funzionalità in SSAP2010 rel. 4.2.0 (2012))
Plottaggio di 1900 superfici..



**Plottaggio superficie registrate – es. intervallo di Fs 2.8 -3.0
(nuova funzionalità in SSAP2010 rel. 4.2.0 (2012))
Plottaggio di 78 superfici..**



Reporting e analisi dei risultati – alcuni moduli presenti nel file di report

- SSAP 4.0 - Slope St

by Dr. Geol. L.Borselli

File report: D:\ssap2010\p

Data: 7/12/2010

Localita' :

Descrizione:

PARAMETRI DEL

PARAMETRI GEOM

SUP T. S

X	Y	X
10.00	10.00	10.00
20.00	12.00	25.00
25.00	15.00	50.00
30.00	18.00	70.00
50.00	20.00	-
70.00	20.00	-
-	-	-

SUP FALDA

X	Y (in m)
10.00	9.00
30.00	10.00
70.00	12.00

* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Fattore di sicurezza (FS)	2.055	- Min. -	X	Y	Lambda=	0.254
			16.52	11.30		
			17.56	10.88		
			18.59	10.53		
			19.63	10.37		
			20.67	10.47		
			21.70	10.81		
			22.74	11.32		
			23.78	11.86		
			24.81	12.43		
			25.85	13.03		
			26.89	13.66		
			27.92	14.32		
			28.96	15.00		
			29.99	15.68		
			31.03	16.37		
			32.07	17.05		
			33.10	17.73		
			34.14	18.41		
Fattore di sicurezza (FS)	2.061	- N.2 --	X	Y	Lambda=	0.291
			15.32	11.06		
			16.37	10.55		
			17.42	10.09		
			18.46	9.80		
			19.51	9.78		
			20.56	10.03		
			21.60	10.48		
			22.65	10.97		
			23.70	11.46		
			24.75	11.93		
			25.79	12.45		

---- Per ammassi Rocciosi - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
 sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Reporting e analisi dei risultati – alcuni moduli presenti nel file di report

FORZE APPLICATE/RESISTENTI SUI PALIFICATE

CRITERIO DI ROTTURA secondo Hoek (1998,2002)

Strato 2 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso

(2006)

Sigma' (kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
20.00	57.39	25.96
40.00	53.92	30.64
60.00	51.59	35.03
80.00	49.82	39.15
100.00	48.39	43.04
120.00	47.18	46.74
140.00	46.14	50.27
160.00	45.23	53.66
180.00	44.41	56.93
200.00	43.67	60.10
220.00	43.00	63.16
240.00	42.38	66.14
260.00	41.80	69.04
280.00	41.27	71.86
300.00	40.77	74.63
320.00	40.31	77.33
340.00	39.87	79.97
360.00	39.45	82.56
380.00	39.06	85.10
400.00	38.68	87.60
420.00	38.32	90.05
440.00	37.98	92.46
460.00	37.66	94.83
480.00	37.35	97.17
500.00	37.05	99.47
520.00	36.76	101.74
540.00	36.48	103.97
560.00	36.22	106.18
580.00	35.96	108.36
600.00	35.71	110.51

qz0(kN)	:	0.00
qzmax(kN)	:	47.23
Fp(kN/m)	:	10.92
H(m)	:	2.31

TABELLA PARAMETRI CONCII E

X (m)	dxc (m)
16.520	1.037
17.557	1.037
18.593	1.037
19.630	0.370
20.000	0.666
20.666	1.037
21.703	1.037
22.739	1.037
23.776	0.252
24.028	0.784
24.812	0.114
24.927	0.073
25.000	0.849
25.849	1.037
26.895	1.037
27.922	1.037
28.958	1.037
29.995	0.005
30.000	1.031
31.031	0.511
31.542	0.525
32.068	1.037
33.104	1.037

LEGENDA SIMBOLI

X(m)	: Anclissa al
dxc(m)	: Lunghezza
alpha(A°)	: Angolo pa
W(kN/m)	: Forza peso
cu(-)	: Coefficient
U(kPa)	: Pressione
phi'(A°)	: Angolo di
c'/Cu (kPa)	: Coesione e
ht(m)	: Altezza li
yc(m)	: coordinata Y linea di trust
yc'(--)	: gradiente pendenza locale linea di trust
E(x) (kN/m)	: Forza Normale interconcio
T(x) (kN/m)	: Forza Tangenziale interconcio
E' (kN)	: derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (--)	: fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio Zhu et al. (2003)

T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	local_FS
0.000	9.586	0.069	3.406
0.430	13.296	0.069	11.358
2.014	14.114	0.153	2.409
4.733	13.802	0.249	1.086
5.956	13.380	0.289	1.219
8.279	9.864	0.338	3.889
11.104	0.439	0.406	4.145
11.731	-8.816	0.442	3.111
10.700	-7.490	0.440	3.224
10.454	-6.685	0.438	3.159
9.793	-3.883	0.428	2.781
9.725	-3.529	0.427	2.704
9.689	-3.355	0.427	2.652
9.014	-5.124	0.411	2.047
6.686	-11.115	0.344	1.610
2.976	-14.777	0.194	1.486
-0.197	-10.211	0.069	1.625
-1.638	-5.082	0.187	1.682
-1.641	-5.055	0.188	1.679
-1.709	-0.759	0.333	1.283
-1.452	0.906	0.387	1.483
-1.079	2.938	0.414	1.781
-0.306	5.739	0.266	1.871

Diametro pali D1(m):	0.40
Interasse tra pali D1(m):	1.20
Distanza tra pali D2(m):	0.80
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2008):	1.00

Altre funzioni importanti:

- Integrazione strutture (pali, geogriglie, tiranti..)
- Generazione files DXF (creazione file DXF) :
 - a. Plottaggio modello pendio
 - b. Fascia critica 10 sup con minor Fs
 - c. Superfici di minor FS in assoluto
 - d. Plottaggio di superfici entro uno specifico intervallo di FS
- Esportazione superficie con minor Fs in file .SIN coordinate superficie singola critica Con minor Fs
- Verifiche su superfici singole definite dall'utente, con ricerca Kh critico (come il metodo Sarma(1973) classico ma esteso a tutti i metodi di calcolo..)
- Generazione mappe 2D (raster)FS medio locale. (funzione sperimentale)

Applicazione di SSAP 2010 in ammassi rocciosi fratturati e rocce tenere: uso del criterio di rottura Hoek & Brown 2002,2006

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autonoma de San Luis Potosi -UASLP
Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx
<http://www.lorenzo-borselli.eu>



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013






Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Nella versione 2.9 del codice SSAP è stato introdotto il criterio di rottura pubblicato da Hoek et al. (2002) per la caratterizzazione della resistenza al taglio degli ammassi rocciosi fratturati.

Questo criterio di rottura estende quello tradizionalmente utilizzato per i terreni sciolti (Mohr-Coulomb) e permette di utilizzare il metodo di verifica della stabilità mediante l'equilibrio limite anche in presenza di ammassi rocciosi fratturati, dove è necessario una metodologia che permetta di definire la resistenza al taglio dell'ammasso in termini dei parametri ϕ' e c' .

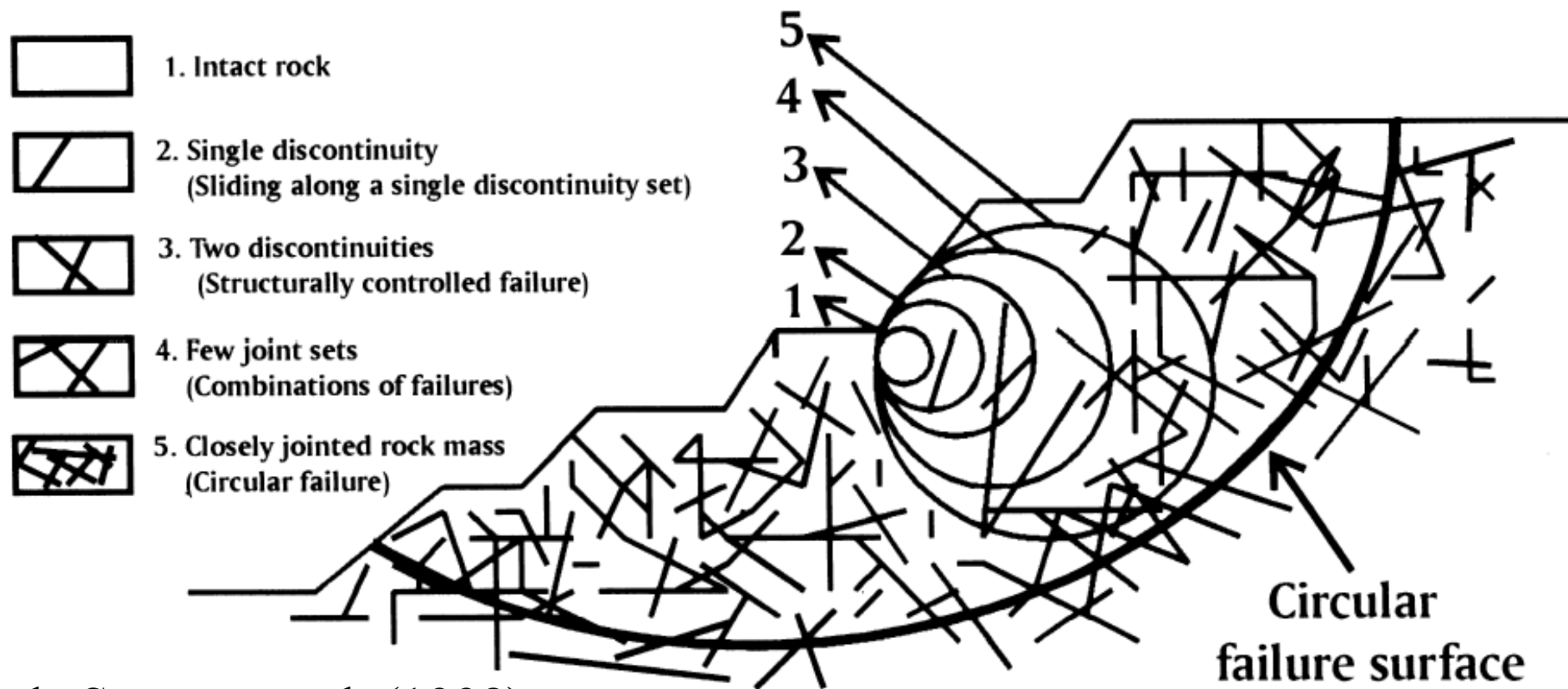
La metodologia di Hoek che si è evoluta in oltre 25 anni di studi di meccanica e ingegneria delle rocce (Hoek & Bray, 1997; Marinos & Hoek, 2001, Hoek et al.; 2002) permette attraverso una caratterizzazione delle qualità meccaniche e strutturali dell'ammasso una percorso non ambiguo che porta alla valutazione dei parametri necessari per effettuare una verifica di stabilità dei pendii.

Il campo di applicazione della metodologia è limitato ai pendii in roccia dove non sono presenti instabilità e distacchi di natura strutturale:(scivolamenti di cunei o poliedri di roccia , toppling /ribaltamenti, e caduta di massi).

STRUCTURE	TYPICAL PROBLEMS	CRITICAL PARAMETERS	ANALYSIS METHODS	ACCEPTABILITY CRITERIA
 <p>Landslides.</p>	Complex failure along a circular or near circular failure surface involving sliding on faults and other structural features as well as failure of intact materials.	<ul style="list-style-type: none"> • Presence of regional faults. • Shear strength of materials along failure surface. • Groundwater distribution in slope, particularly in response to rainfall or to submergence of slope toe. • Potential earthquake loading. 	Limit equilibrium methods which allow for non-circular failure surfaces can be used to estimate changes in factor of safety as a result of drainage or slope profile changes. Numerical methods such as finite element or discrete element analysis can be used to investigate failure mechanisms and history of slope displacement.	Absolute value of factor of safety has little meaning but rate of change of factor of safety can be used to judge effectiveness of remedial measures. Long term monitoring of surface and subsurface displacements in slope is the only practical means of evaluating slope behaviour and effectiveness of remedial action.
 <p>Soil or heavily jointed rock slopes.</p>	Circular failure along a spoon-shaped surface through soil or heavily jointed rock masses.	<ul style="list-style-type: none"> • Height and angle of slope face. • Shear strength of materials along failure surface. • Groundwater distribution in slope. • Potential surcharge or earthquake loading. 	Two-dimensional limit equilibrium methods which include automatic searching for the critical failure surface are used for parametric studies of factor of safety. Probability analyses, three-dimensional limit equilibrium analyses or numerical stress analyses are occasionally used to investigate unusual slope problems.	Factor of safety > 1.3 for "temporary" slopes with minimal risk of damage. Factor of safety > 1.5 for "permanent" slopes with significant risk of damage. Where displacements are critical, numerical analyses of slope deformation may be required and higher factors of safety will generally apply in these cases.
 <p>Jointed rock slopes.</p>	Planar or wedge sliding on one structural feature or along the line of intersection of two structural features.	<ul style="list-style-type: none"> • Slope height, angle and orientation. • Dip and strike of structural features. • Groundwater distribution in slope. • Potential earthquake loading. • Sequence of excavation and support installation. 	Limit equilibrium analyses which determine three-dimensional sliding modes are used for parametric studies on factor of safety. Failure probability analyses, based upon distribution of structural orientations and shear strengths, are useful for some applications.	Factor of safety > 1.3 for "temporary" slopes with minimal risk of damage. Factor of safety > 1.5 for "permanent" slopes with significant risk of damage. Probability of failure of 10 to 15% may be acceptable for open pit mine slopes where cost of clean up is less than cost of stabilization.
 <p>Vertically jointed rock slopes.</p>	Toppling of columns separated from the rock mass by steeply dipping structural features which are parallel or nearly parallel to the slope face.	<ul style="list-style-type: none"> • Slope height, angle and orientation. • Dip and strike of structural features. • Groundwater distribution in slope. • Potential earthquake loading. 	Crude limit equilibrium analyses of simplified block models are useful for estimating potential for toppling and sliding. Discrete element models of simplified slope geometry can be used for exploring toppling failure mechanisms.	No generally acceptable criterion for toppling failure is available although potential for toppling is usually obvious. Monitoring of slope displacements is the only practical means of determining slope behaviour and effectiveness of remedial measures.
 <p>Loose boulders on rock slopes.</p>	Sliding, rolling, falling and bouncing of loose rocks and boulders on the slope.	<ul style="list-style-type: none"> • Geometry of slope. • Presence of loose boulders. • Coefficients of restitution of materials forming slope. • Presence of structures to arrest falling and bouncing rocks. 	Calculation of trajectories of falling or bouncing rocks based upon velocity changes at each impact is generally adequate. Monte Carlo analyses of many trajectories based upon variation of slope geometry and surface properties give useful information on distribution of fallen rocks.	Location of fallen rock or distribution of a large number of fallen rocks will give an indication of the magnitude of the potential rockfall problem and of the effectiveness of remedial measures such as draped mesh, catch fences and ditches at the toe of the slope.

Uno dei principi base della meccanica delle rocce è che la resistenza meccanica di un ammasso roccioso nel suo insieme è generalmente più bassa rispetto a quello degli elementi di roccia intatta che lo compongono.

La resistenza meccanica complessiva è infatti funzione della resistenza meccanica degli elementi di roccia intatta e di una serie di caratteristiche dell'ammasso: presenza e distribuzione di **fessure e giunti**; **effetti di disturbo esterni** quali scavi, trivellazione e uso di esplosivi; variabilità delle caratteristiche dell'ammasso alla scala dell'affioramento, indotta da **discontinuità litologiche e strutturali**: **bande di alterazione e fasce milonitiche/catacaclastiche**, **sistemi di faglie**, alternanze con litologie diverse in formazioni in **facies di flysch**.



da Sonmez et al. (1998)

prendendo in esame una dimensione di ammasso preogressivamente maggiore le singole discontinuità diventano meno importanti per la stabilità locale e diventano prevalenti la loro distribuzione e densità nell'indebolire le caratteristiche meccaniche generali. In questo caso eventuali superfici di scivolamento potranno realizzarsi parzialmente, e localmente, anche in modo parallelo a discontinuità presenti ma in generale tagliando eventuali ponti di roccia

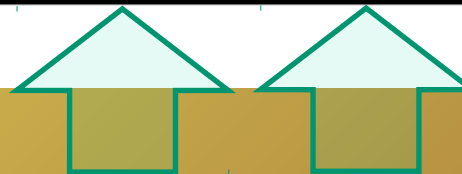
RMR (Bieniawski 1989)

Categorías de la clasificación

R.M.R.	Descripción del macizo rocoso	Clase
Suma de los puntajes obtenidos de las tablas anteriores		
81 - 100	Muy bueno	I
61 - 80	Bueno	II
41 - 60	Medio	III
21 - 40	Malo	IV
0 - 20	Muy malo	V

Características resistentes del macizo rocoso

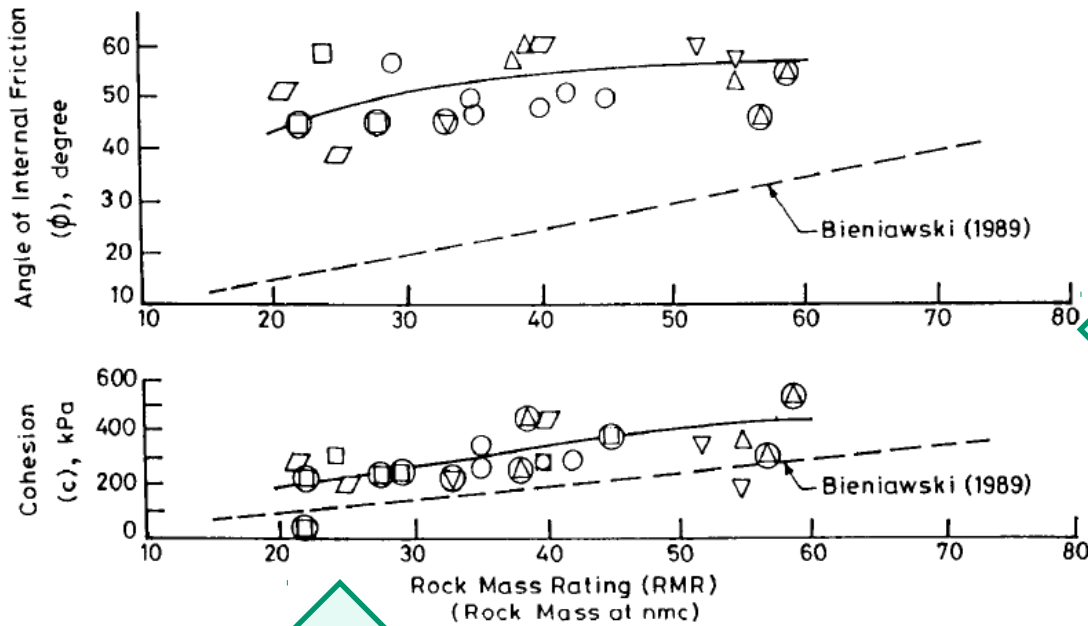
Clase (R.M.R.)	c [Kpa]	ϕ°	t sin soporte
I (81 - 100)	> 400	> 45	20 años, luz de 15m
II (61 - 80)	300 - 400	35 - 45	1 año, luz de 10m
III (41 - 60)	200 - 300	25 - 35	1 semana, luz 5 m
IV (21 - 40)	100 - 200	15 - 25	10 hs., luz 2.50 m
V (0 - 20)	< 100	< 15	30 min, luz 1m



c'

ϕ

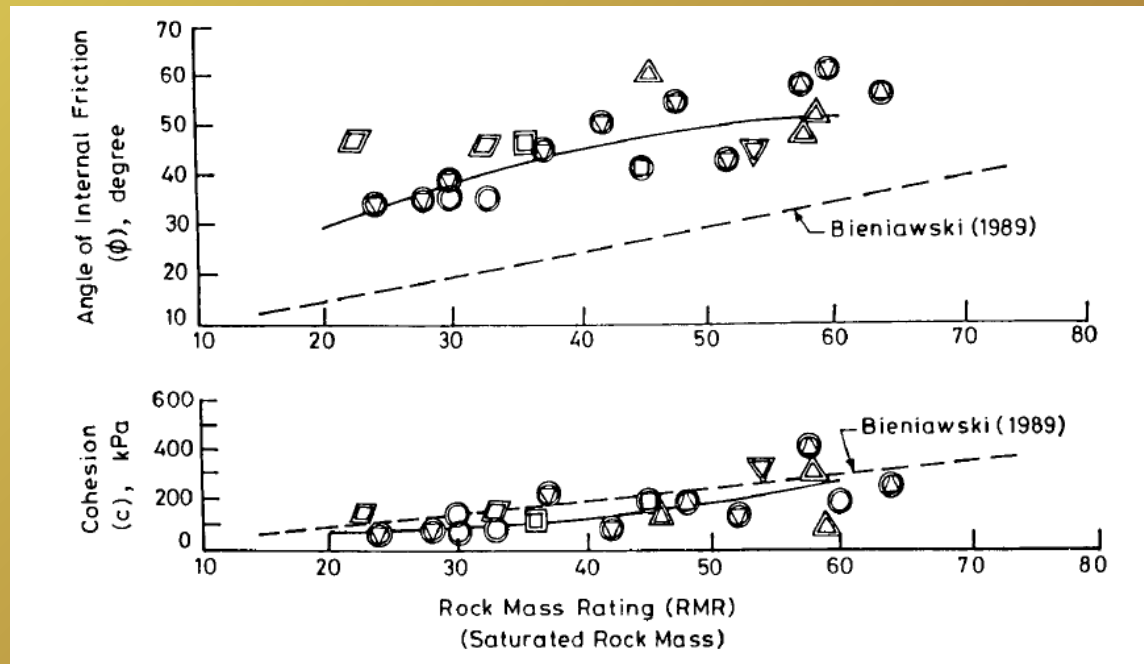
Comparazione valori tavola beniawski (RMR) e E dati sperimentali resistenza a taglio in sito



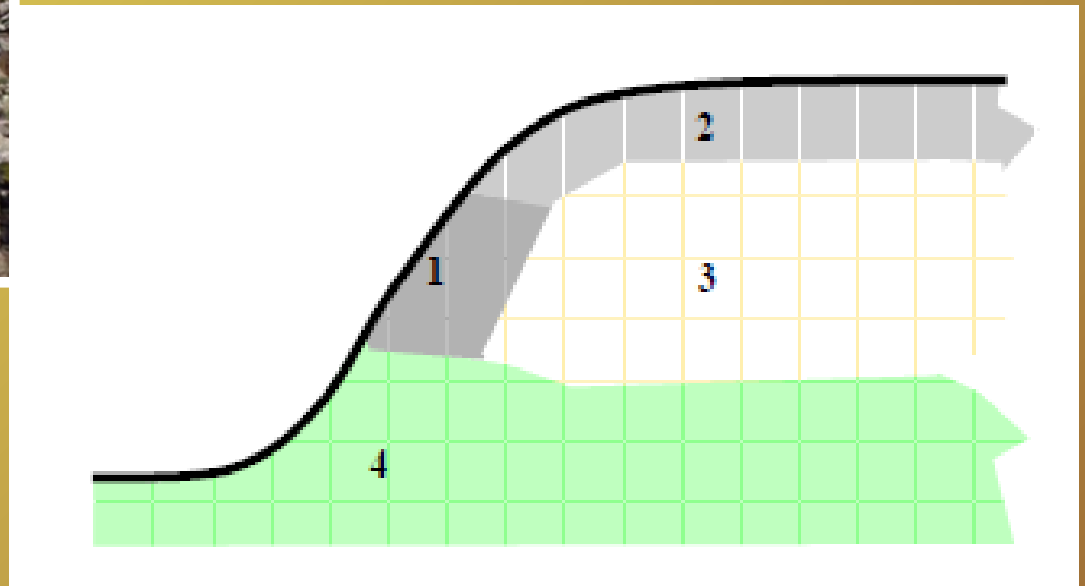
In ammasso ricciosi non saturi e saturi

Mehrotra, 1993

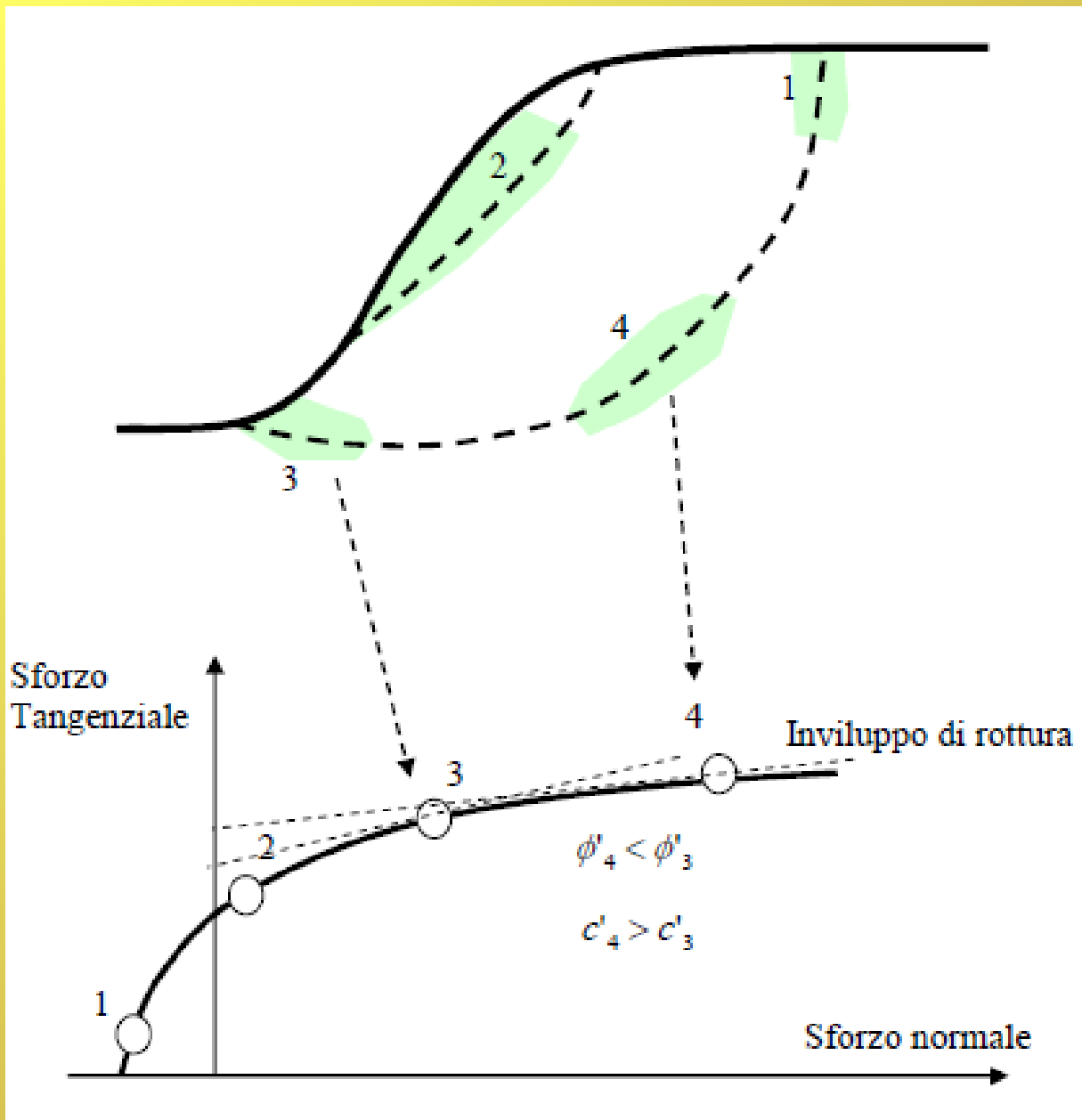
I valori della tavola Beniawski (RMR) sottostimano mdi molto l'angolo di frizione interna E talvolta anche la un poco la coesione



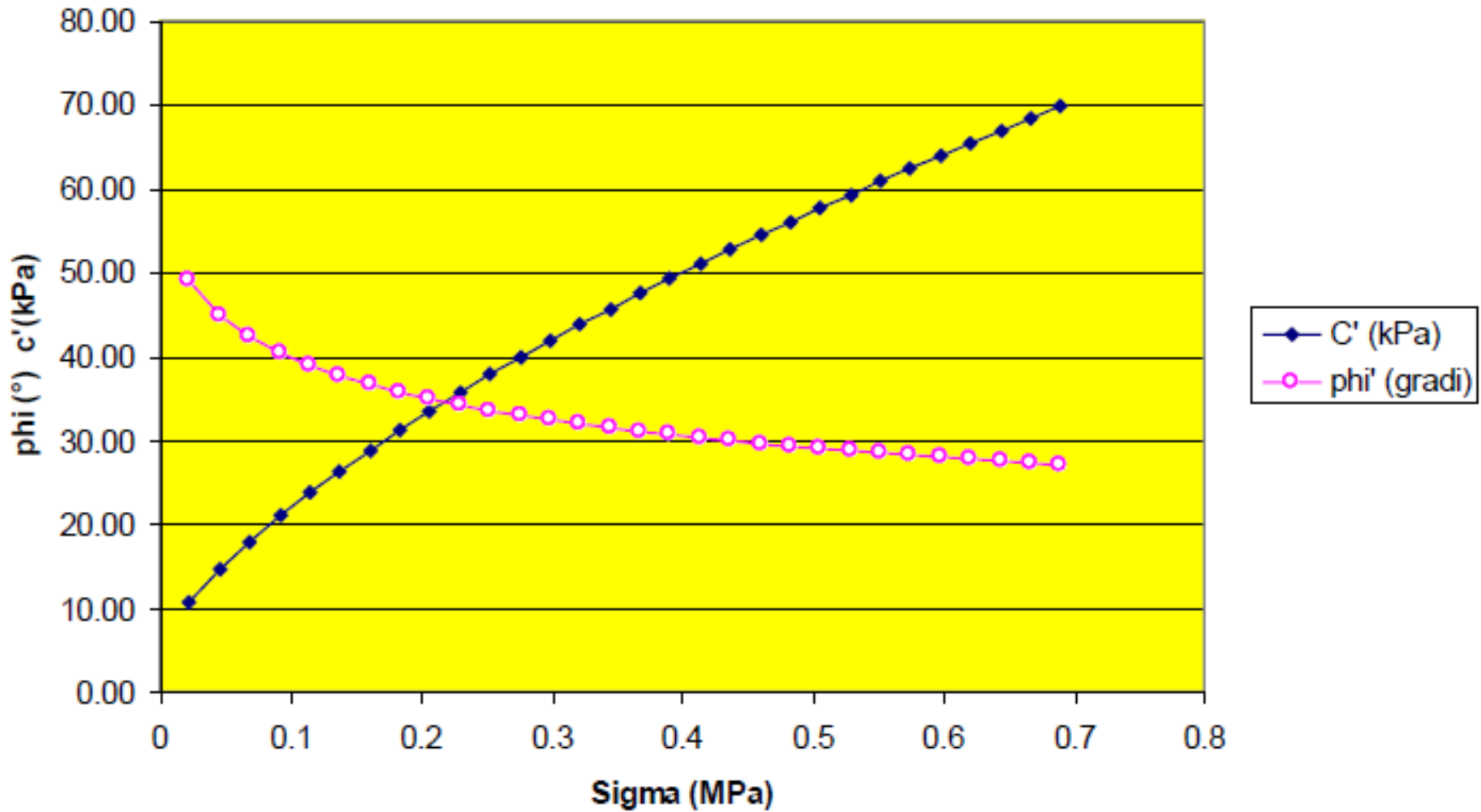
Con la caratterizzazione di un ammasso mediante il metodo di Hoek è implicito assumere che esso venga considerato un mezzo omogeneo e isotropo. Nella realtà in un ammasso, anche se omogeneo dal punto di vista della litologia, possono esistere zone con caratteristiche di alterazione o caratterizzazione delle discontinuità diverse. In questo caso il metodo va applicata dopo aver suddiviso l'ammasso stesso in unità strutturali e meccaniche diverse che vengono poi, al loro interno assunte omogenee.



Una delle caratteristiche del criterio di rottura di Hoek è che esso definisce, per l'ammasso nel suo insieme, un involucro di rottura curvo all'interno del diagramma degli sforzi normali e tangenziali



Criterio di Rottura Hoek et al (2002)



Per l'applicazione del criterio di rottura di Hoek et al (2002), anche detto "sistema/metodo GSI", è necessario determinare o stimare per l'ammasso quattro parametri di base:

1. La resistenza a compressione uniassiale σ_{ci} (Mpa) degli elementi di roccia intatta, valutata solitamente mediante prove Point Load o assimilate.
2. L'indice geologico di resistenza GSI (adimensionale) che sintetizza le caratteristiche strutturali essenziali dell'ammasso.
3. La costante litologica m_i (adimensionale) che dipende dalla litologia dell'ammasso ed è stimabile da apposite tabelle.
4. Il fattore di disturbo D (adimensionale) che variando da 0 a 1 rappresenta il grado di disturbo indotto da operazioni di scavo meccanico o esplosivi.

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left[(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n} \right] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \left(6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1} \right) / ((1+a)(2+a))}}$$

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

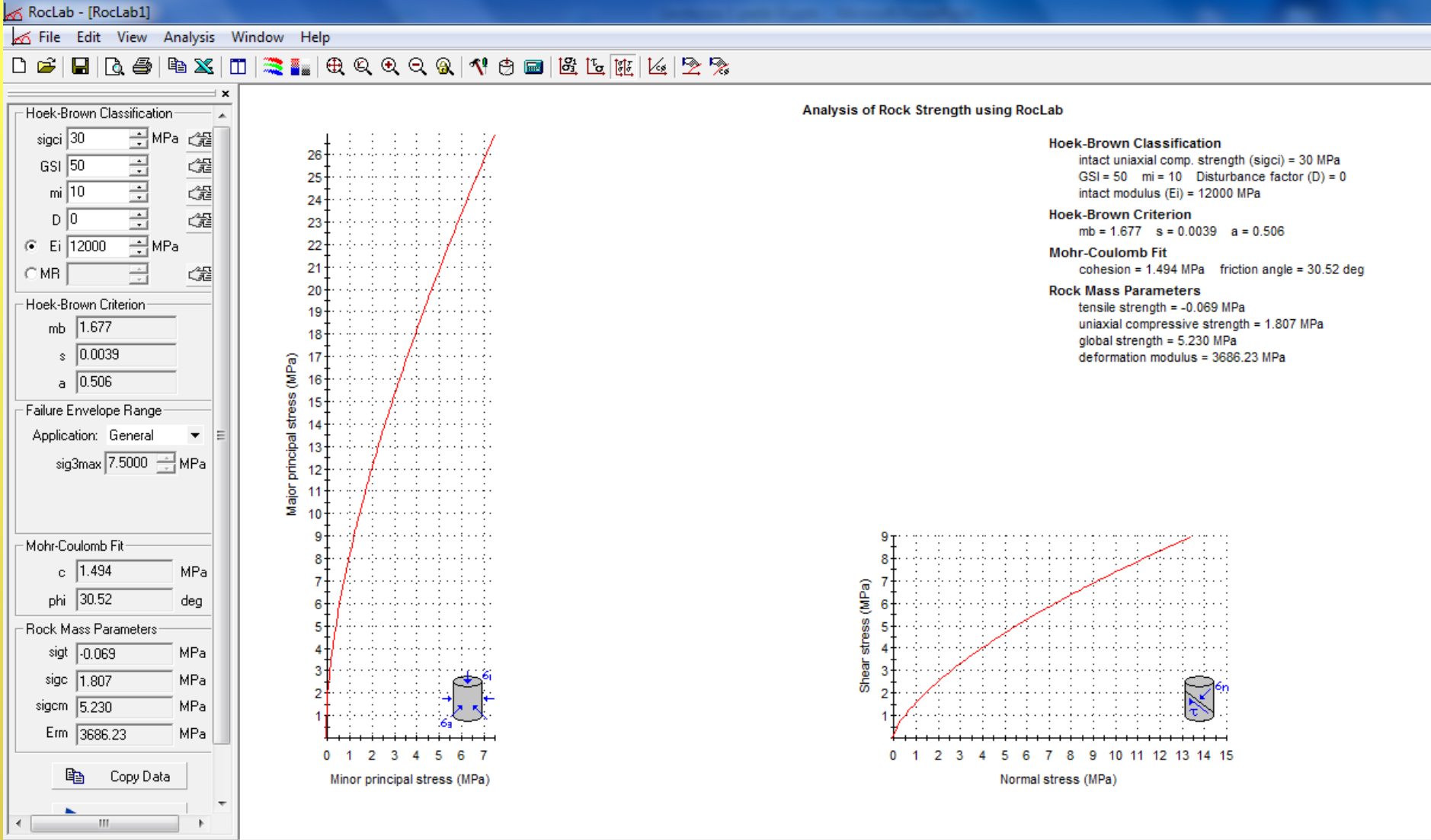
$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

$$\sigma_{3n} = \sigma'_{3\max} / \sigma_{ci}$$

$$\frac{\sigma'_{3\max}}{\sigma'_{cm}} = 0.72 \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0.91}$$

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$



Roclab 1.0 software freeware da:
<http://download.rocscience.com/products/RocLab.asp>

Parametro m_i









Table 2: Values of the constant m_i for intact rock, by rock group⁴. Note that values in parenthesis are estimates. The range of values quoted for each material depends upon the granularity and interlocking of the crystal structure – the higher values being associated with tightly interlocked and more frictional characteristics.

	Rock type	Class	Group	Texture			
				Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic			Conglomerates * Breccias *	Sandstones 17 ± 4	Siltstones 7 ± 2 Greywackes (18 ± 3)	Claystones 4 ± 2 Shales (6 ± 2) Marls (7 ± 2)
		Non-Clastic	Carbonates	Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
	Evaporites		Gypsum 8 ± 2		Anhydrite 12 ± 2		
	Organic					Chalk 7 ± 2	
METAMORPHIC	Non Foliated		Marble 9 ± 3	Hornfels (19 ± 4) Metasandstone (19 ± 3)	Quartzites 20 ± 3		
	Slightly foliated		Migmatite (29 ± 3)	Amphibolites 26 ± 6	Gneiss 28 ± 5		
	Foliated**		Schists 12 ± 3		Phyllites (7 ± 3)	Slates 7 ± 4	
IGNEOUS	Plutonic	Light	Granite 32 ± 3	Diorite 25 ± 5 Granodiorite (29 ± 3)			
		Dark	Gabbro 27 ± 3 Norite 20 ± 5	Dolerite (16 ± 5)			
	Hypabyssal		Porphyries (20 ± 5)		Diabase (15 ± 5)	Peridotite (25 ± 5)	
	Volcanic	Lava	Rhyolite (25 ± 5) Andesite 25 ± 5		Dacite (25 ± 3) Basalt (25 ± 5)		
		Pyroclastic	Agglomerate (19 ± 3)	Breccia (19 ± 5)	Tuff (13 ± 5)		

* Conglomerates and breccias may present a wide range of m_i values depending on the nature of the cementing material and the degree of cementation, so they may range from values similar to sandstone, to values used for fine grained sediments (even under 10).

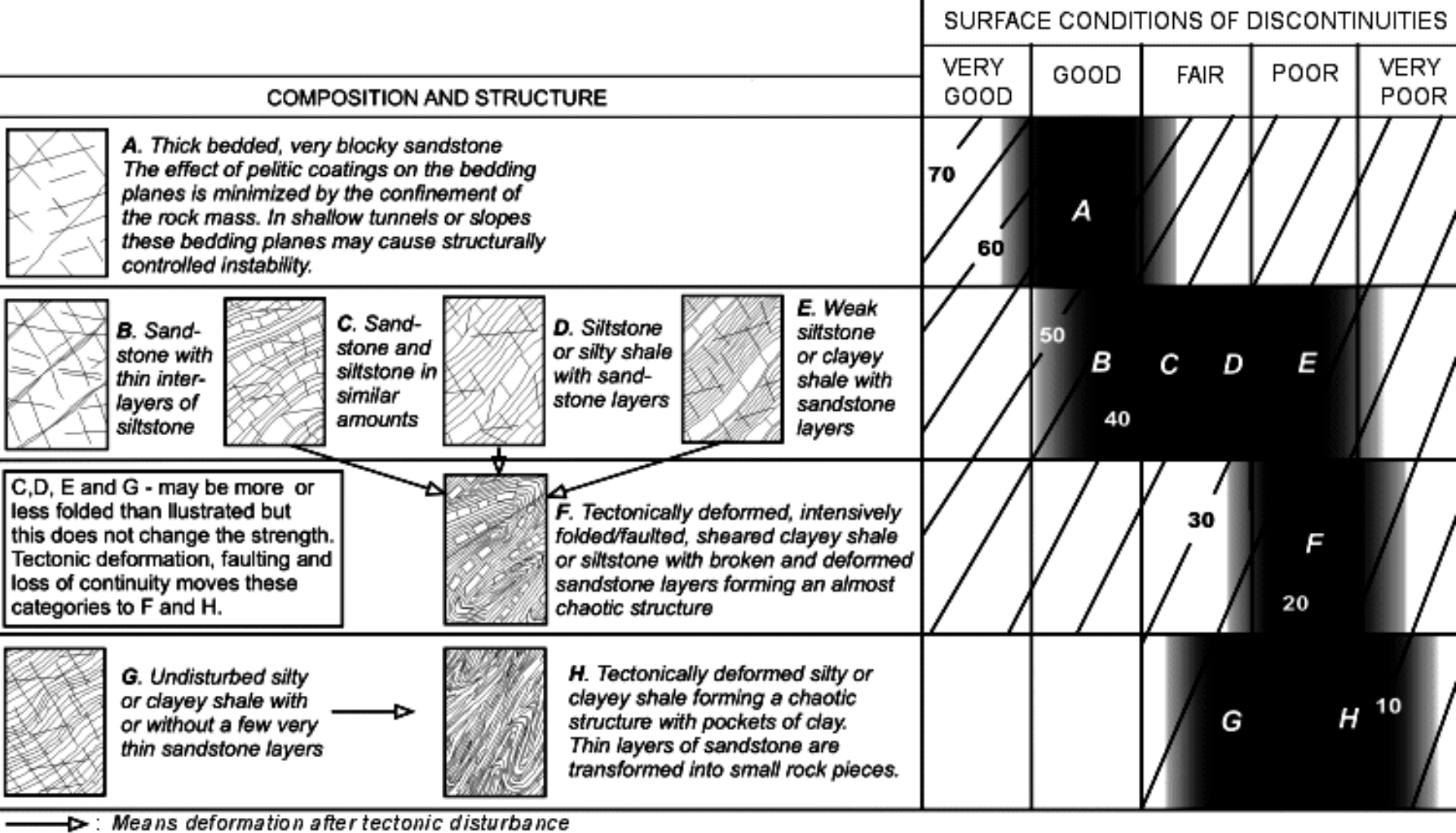
** These values are for intact rock specimens tested normal to bedding or foliation. The value of m_i will be significantly different if failure occurs along a weakness plane.

⁴ Note that this table contains several changes from previously published versions, These changes have been made to reflect data that has been accumulated from laboratory tests and the experience gained from discussions with geologists and engineering geologists.

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

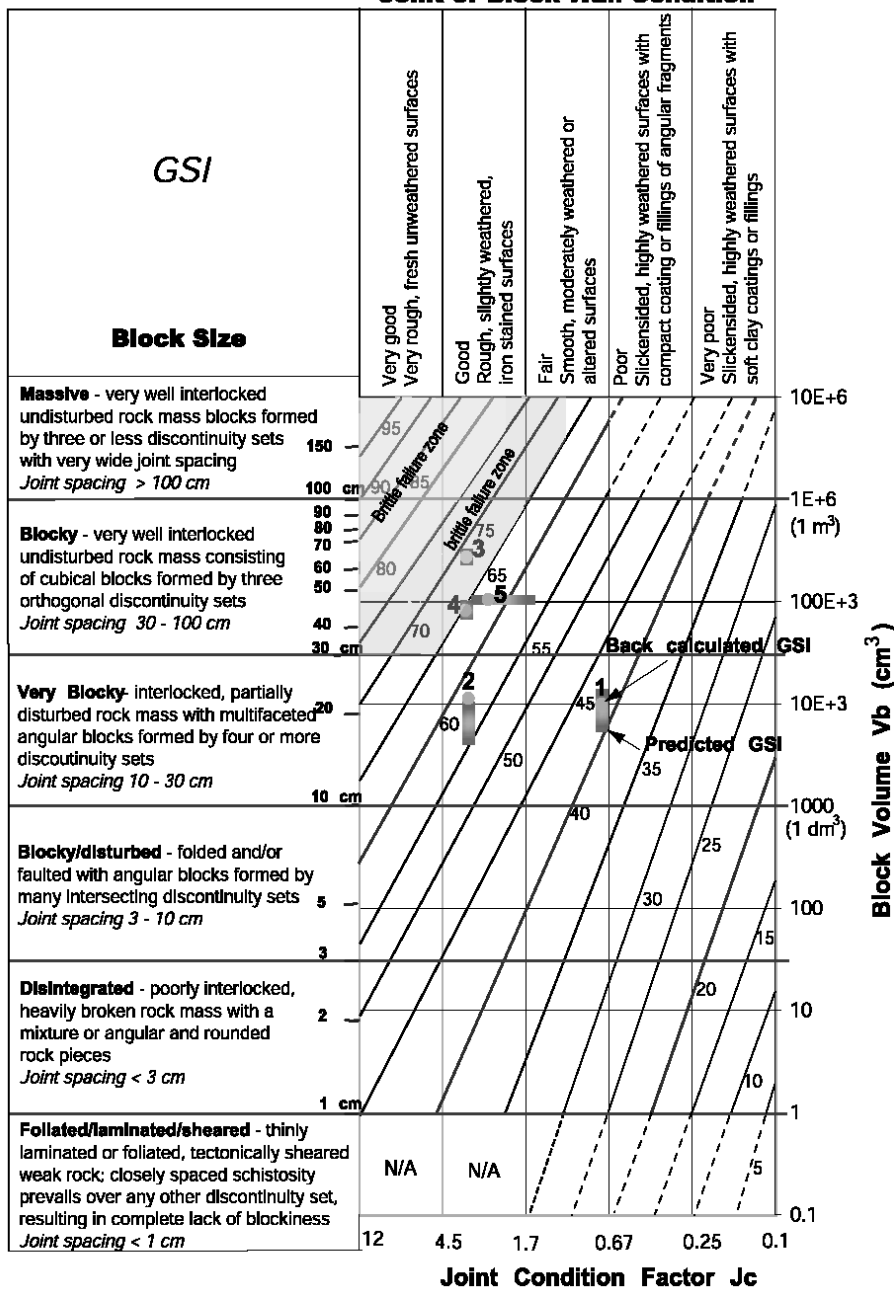
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES

Da software ROCKLAB



Da
software ROCKLAB

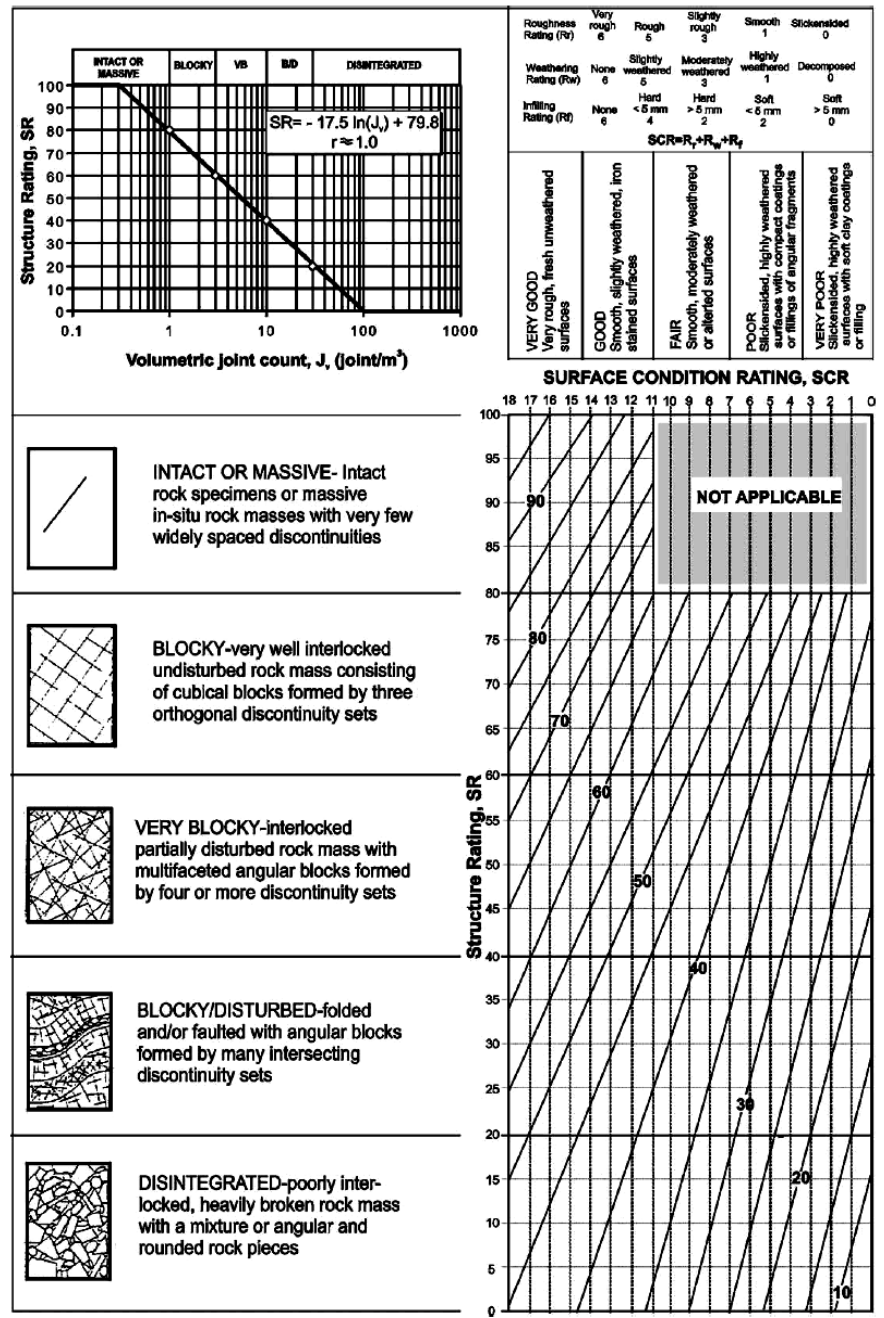
Joint or Block Wall Condition



da Cai et al. (2003)



Sonmez et al. (2003)



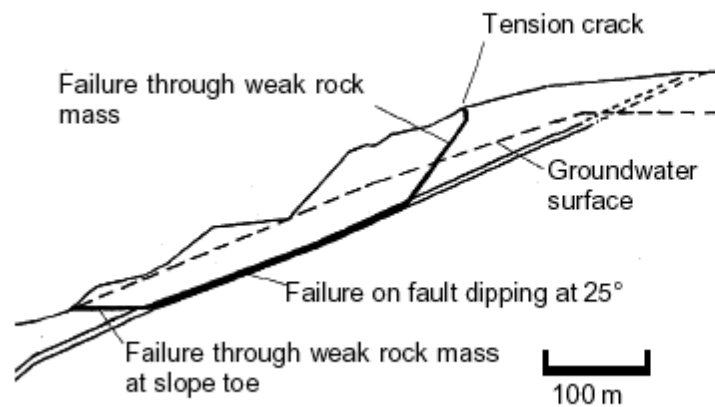
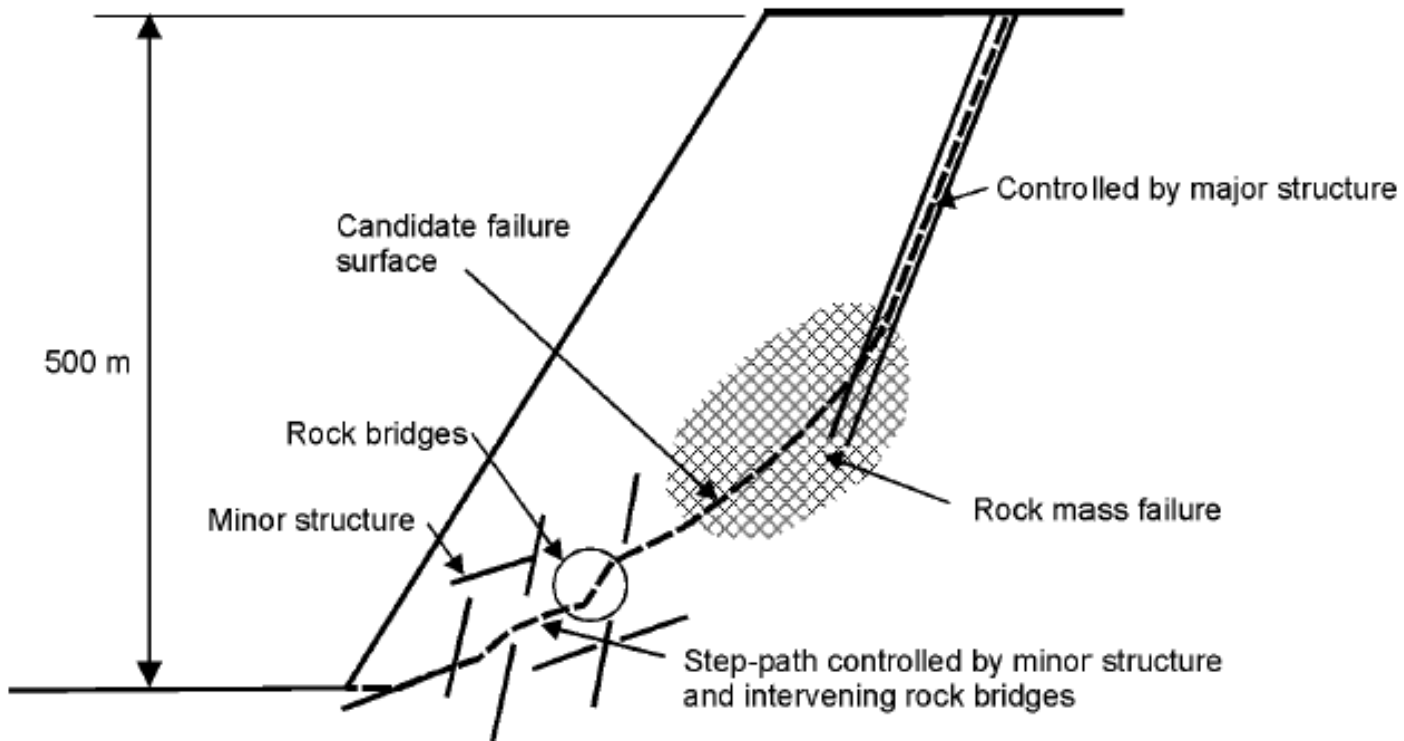


Figure 11.31: Complex slope failure controlled by an outward dipping basal fault and circular failure through the poor quality rock mass overlying the toe of the slope.

Rock	Description	Peak	Peak	Residual	Residual
		c' (MPa)	ϕ^o	c' (MPa)	ϕ^o
Basalt	Clayey basaltic breccia, wide variation from clay to basalt content	0.24	42		
Bentonite	Bentonite seam in chalk	0.015	7.5		
	Thin layers	0.09-0.12	12-17		
	Triaxial tests	0.06-0.1	9-13		
Bentonitic shale	Triaxial tests	0-0.27	8.5-29		
	Direct shear tests			0.03	8.5
Clays	Over-consolidated, slips, joints and minor shears	0-0.18	12-18.5	0-0.003	10.5-16
Clay shale	Triaxial tests	0.06	32		
	Stratification surfaces			0	19-25
Coal measure rocks	Clay mylonite seams, 10 to 25 mm	0.012	16	0	11-11.5
Dolomite	Altered shale bed, \pm 150 mm thick	0.04	14.5	0.02	17
Diorite, granodiorite and porphyry	Clay gouge (2% clay, PI = 17%)	0	26.5		
Granite	Clay filled faults	0-0.1	24-45		
	Sandy loam fault filling	0.05	40		
	Tectonic shear zone, schistose and broken granites, disintegrated rock and gouge	0.24	42		
Greywacke	1-2 mm clay in bedding planes			0	21
Limestone	6 mm clay layer			0	13
	10-20 mm clay fillings	0.1	13-14		
	<1 mm clay filling	0.05-0.2	17-21		
Limestone, marl and lignites	Interbedded lignite layers	0.08	38		
	Lignite/marl contact	0.1	10		
Limestone	Marlaceous joints, 20 mm thick	0	25	0	15-24
Lignite	Layer between lignite and clay	0.014-0.03	15-17.5		
Montmorillonite Bentonite clay	80 mm seams of bentonite (montmorillonite) clay in chalk	0.36	14	0.08	11
		0.016-0.02	7.5-11.5		
Schists, quartzites and siliceous schists	100-15- mm thick clay filling	0.03-0.08	32		
	Stratification with thin clay	0.61-0.74	41		
	Stratification with thick clay	0.38	31		
Slates	Finely laminated and altered	0.05	33		
Quartz / kaolin / pyrolusite	Remoulded triaxial tests	0.042-0.09	36-38		

Da Barton (1974)

Viene di seguito dato un esempio di calcolo dei parametri ϕ' e c' equivalenti per un ammasso secondo il sistema GSI (Hoek et al., 2002).

L'ammasso è caratterizzato da $\sigma_{ci}=30$ (Mpa); GSI =15; $m_i=8$; D=0.5.

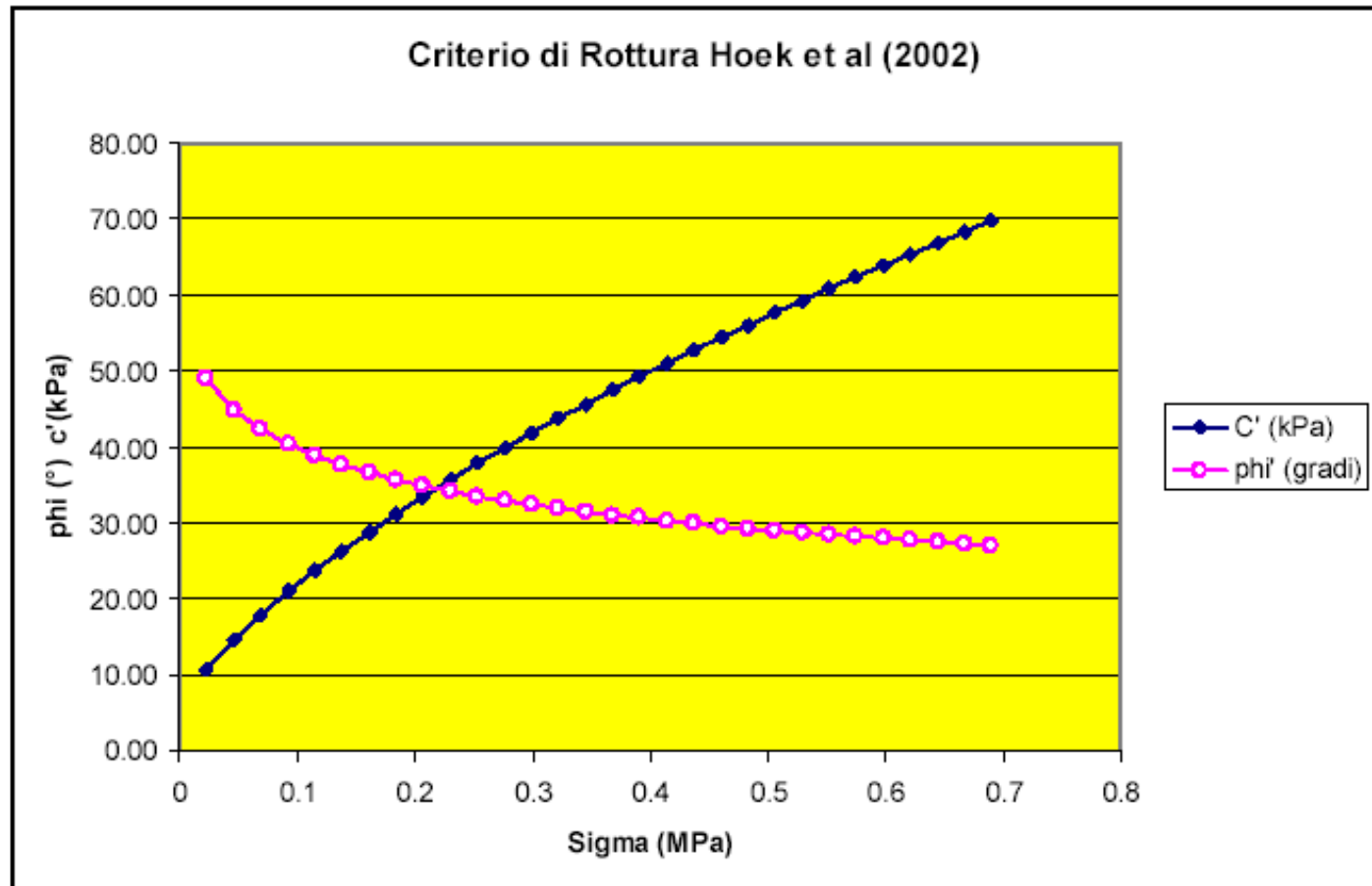


Fig. D.13

Si noti nella figura D.13 la variazione dei parametri ϕ' e c' equivalenti all'aumentare della pressione litostatica verticale.

Parametri geomeccanici in SSAP 2003 - file .GEO

Criterio di rottura Hoek et al. (2002).

Nel caso di strati che vengono caratterizzati geomeccanicamente in base al **criterio di rottura di Hoek(2002)**, da applicarsi a **ammassi rocciosi fratturati e rocce deboli/tenere** viene introdotta

Infatti i **parametri da usare in alternativa** a quelli del **criterio Mohr-Coulomb** per la definizione delle caratteristiche di resistenza al taglio dell'ammasso e che vengono posizionati in **colonne aggiuntive**, sono i seguenti:

6° colonna : **sigci** = Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa);

7° colonna: **GSI** = Geological Strength Index ammasso(adimensionale);

8° colonna: **m_i**= Indice litologico ammasso(adimensionale);

9° colonna: **D**= Fattore di disturbo ammasso(adimensionale);

30.0	0.0	0.0	20.00	22.00
0.0	0.0	60.0	21.00	23.00
20.0	30.0	0.0	19.00	20.00
0.0	0.0	0.0	23.00	25.00
0.0	0.0	0.0	24.00	25.50

20.0	30	12	0.7
35.0	42	12	0.5

Motozintla – Chiapas Messico 2003



Ammasso roccioso
Costituito granodiorite
estremamente alterata

Hoek rock mass strength parameters
(Hoek 1997,2002)

strength parameters
at Z=4m

sgci (MPa)	GSI	mi	D	assumed Unit weigth (kN/m ³)	effective stress at Z=4m (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (degrees)
5	18	15	0.7	24	96	12.0	30.6

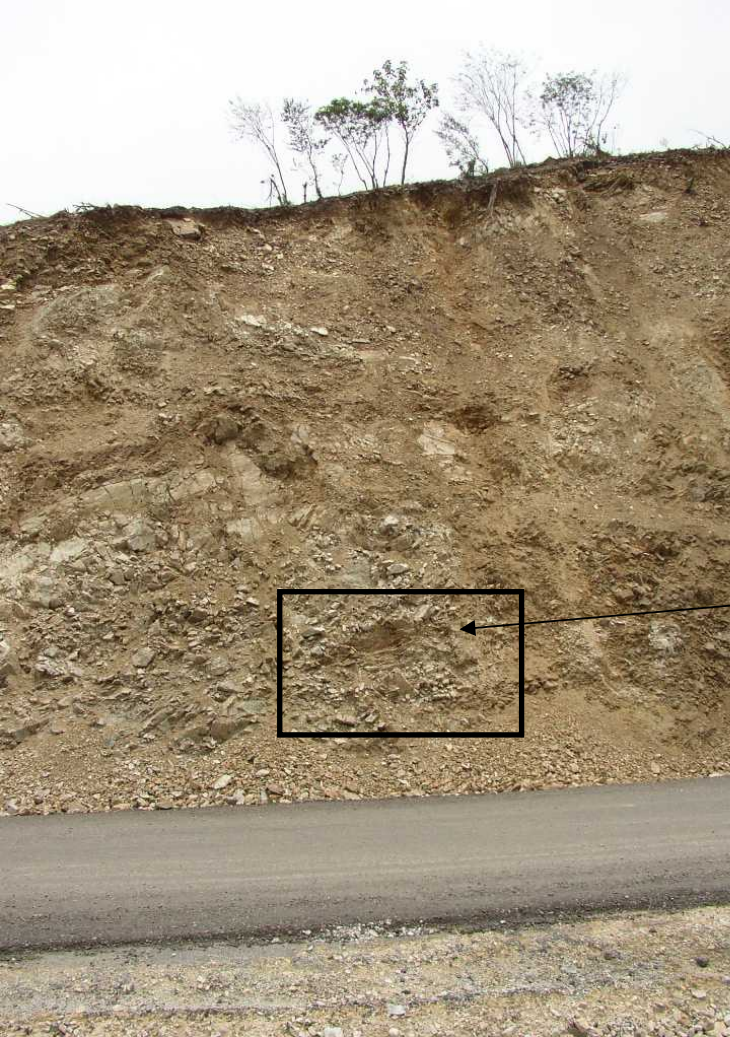


Granito rosa
molto alterato nei
primi 4 metri
(saprolite)

Hoek rock mass strength parameters
(Hoek 1997,2002)

strength parameters
at Z=4m

sgci (MPa)	GSI	mi	D	assumed Unit weighth (kN/m ³)	effective stress at Z=4m (kPa)	c' (kPa)	φ' (degrees)
10	35	32	0.7	23	104	38.0	51.0



Contatto tettonico graniti /micascisti
Breccia di faglia

Hoek rock mass strenght parameters (Hoek 1997,2002)				strength parameters at Z=4m				
sgci (MPa)	GSI	mi	D	assumed Unit weigth (kN/m ³)	effective stress at Z=4m (kPa)	c' (kPa)	φ' (degrees)	
35	20	10	0.7	24	104	26.1	41.5	

Tonalite molto resistente



Hoek rock mass strength parameters
(Hoek 1997,2002)

strength parameters
at Z=4m

sgci (MPa)

GSI

mi

D

assumed Unit weighth
(kN/m³)

effective stress at
Z=4m (kPa)

c'
(kPa)

ϕ'
(degrees)

150

45

29

0.7

26

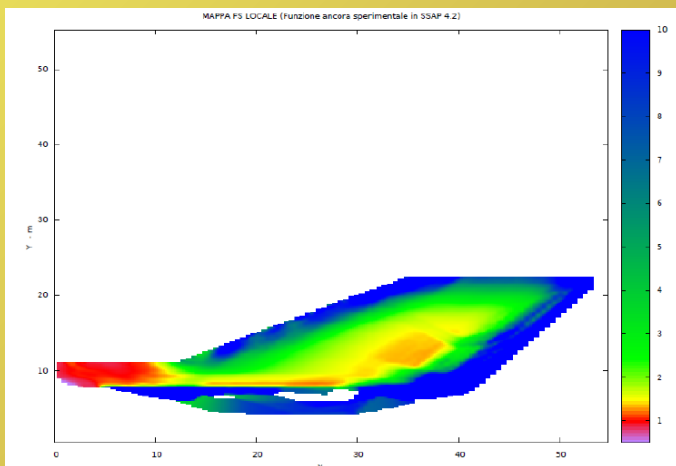
104

228

69

Parte VI - Complessità stratigrafica e gestione acquiferi : scelta di scenari opportuni per la verifica di stabilità dei pendii

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autonoma de San Luis Potosi -UASLP
Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

In questa sezione studieremo e faremo esercizio su alcuni aspetti legati alla complessità stratigrafica e a quella indotta da particolari condizioni di una falda entro pendii naturali e artificiali e la interazione con strutture presenti

Prenderemo in esame 4 esempi di pendio:

Un rilevato poggiate su uno stato orizzontale torboso

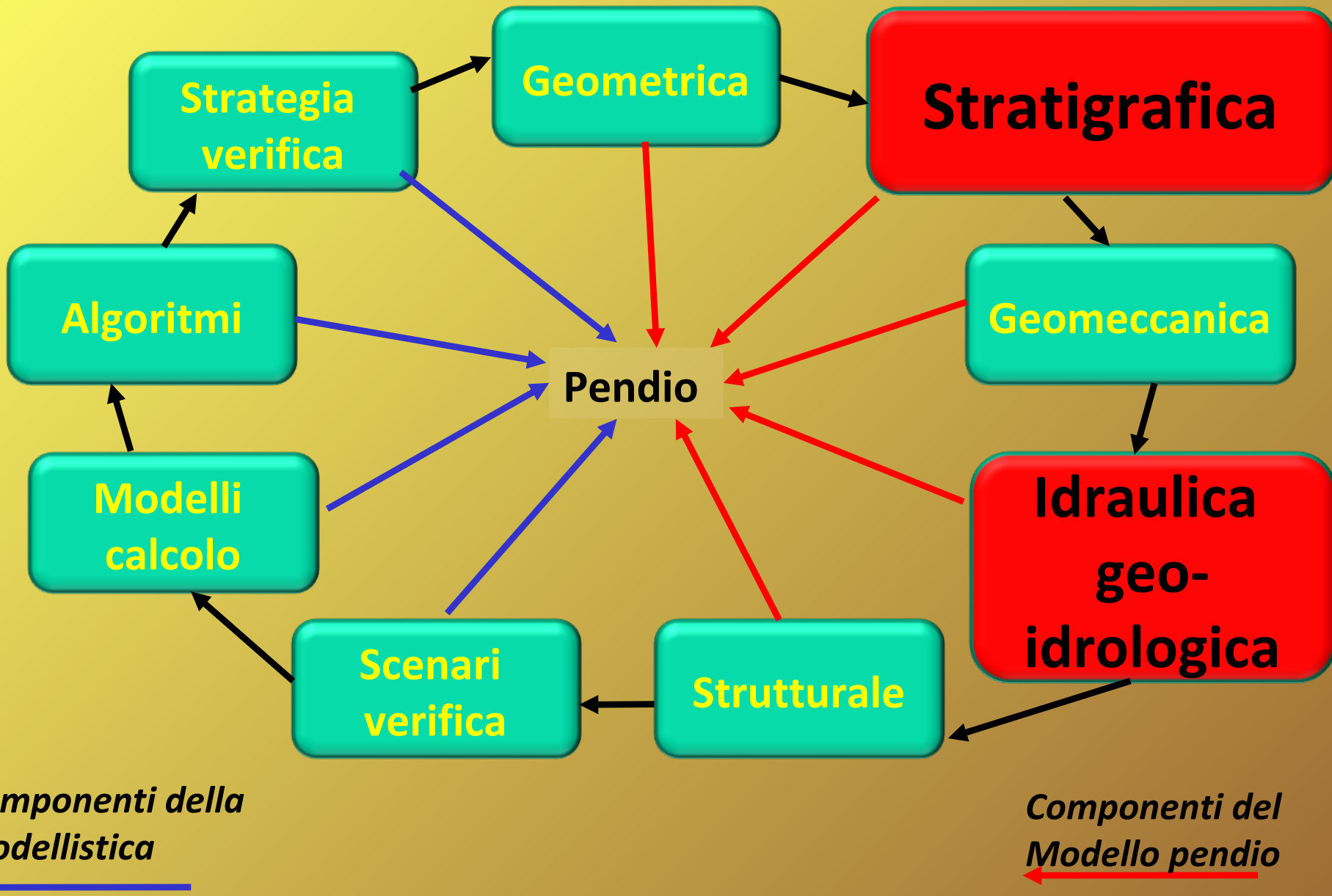
Una diga in terra di una lago collinare

Un pendio naturale molto complesso con una struttura di rinforzo alla base e simulando uno scenario di risalita della falda

Un pendio con una serie di opere di rinforzo e una elevata complessità

In tutti i casi gli scenari selezionati e la strategia di analisi sono determinanti.

Complessità verifica stabilità: componenti e interazioni



7.1 Introduction

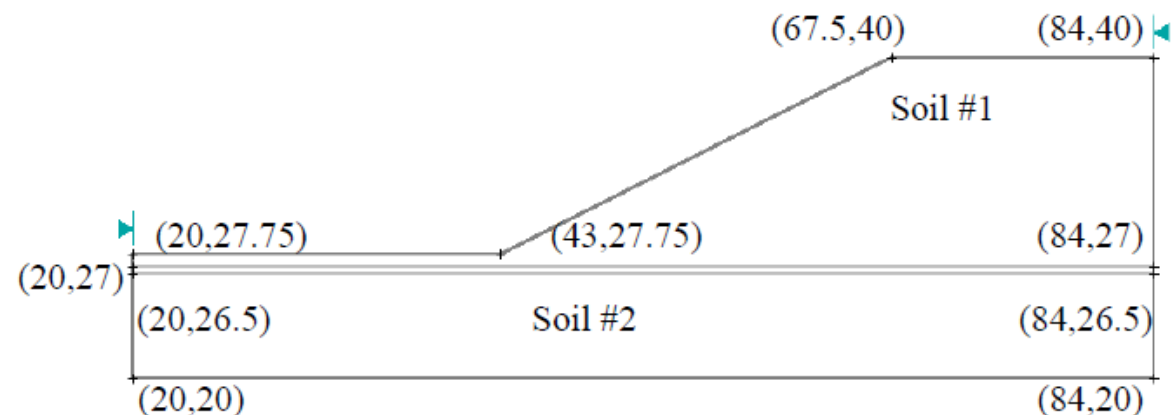
In 1988 a set of 5 basic slope stability problems, together with 5 variants, was distributed both in the Australian Geomechanics profession and overseas as part of a survey sponsored by ACADS (Refs.1,2). This is the ACADS 3(a) problem.

7.2 Problem description

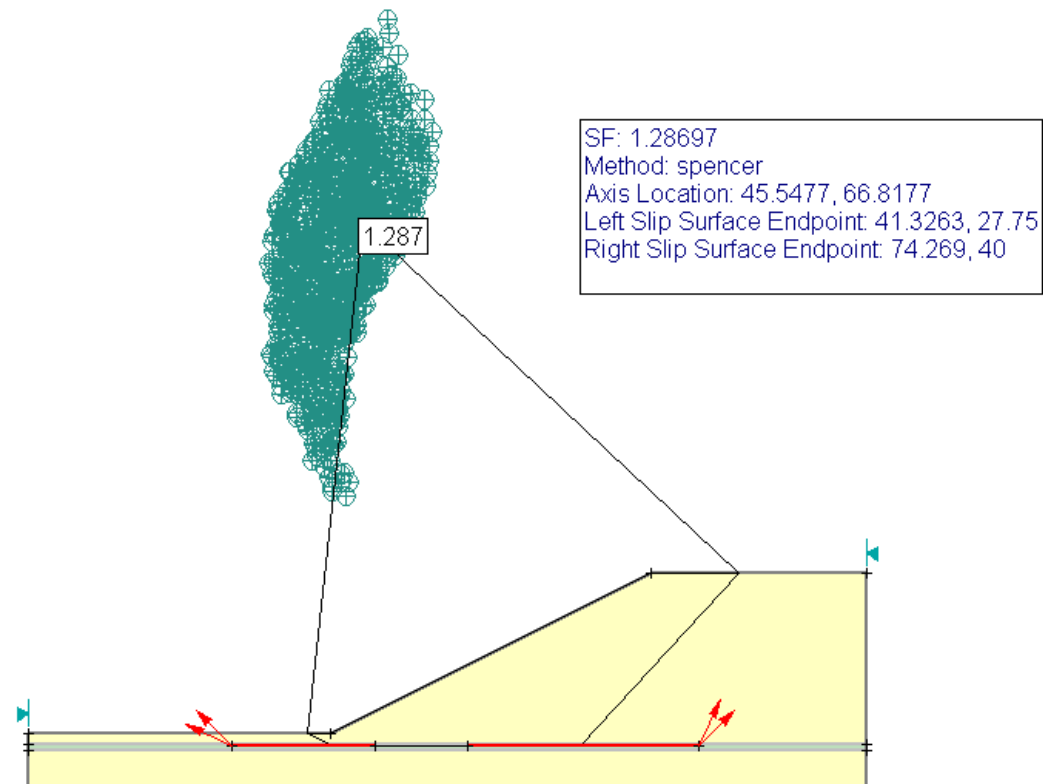
This problem has material properties given in Table 7.1, and is shown in Figure 7. The water table is assumed to coincide with the base of the weak layer. The effect of negative pore water pressure above the water table is to be ignored. (i.e. $u=0$ above water table). The effect of the tension crack is also to be ignored in this problem. The factor of safety and its corresponding critical non-circular failure surface is required.

7.3 Geometry and Properties**Table 7.1: Material Properties**

	c' (kN/m ²)	ϕ' (deg.)	γ (kN/m ³)
Soil #1	28.5	20.0	18.84
Soil #2	0	10.0	18.4



Risultati analisi software SLIDE (2002)



7.4 Results

Method	Factor of Safety	Xc (m)	Yc (m)
Bishop	1.232	45.72	66.36
Spencer	1.287	45.55	66.82
GLE	1.275	45.81	67.18
Janbu Corrected	1.308	45.72	66.36

Note : Referee Factor of Safety = 1.24 – 1.27 [Giam]
 Mean Non-circular FOS (19 samples) = 1.293

Risultato SSAP

SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Data : 12/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	20.00	28.50	0	18.84	18.84	0	0	0	0
2	10.00	0	0	18.84	18.84	0	0	0	0
3	20.00	28.50	0	18.84	18.84	0	0	0	0

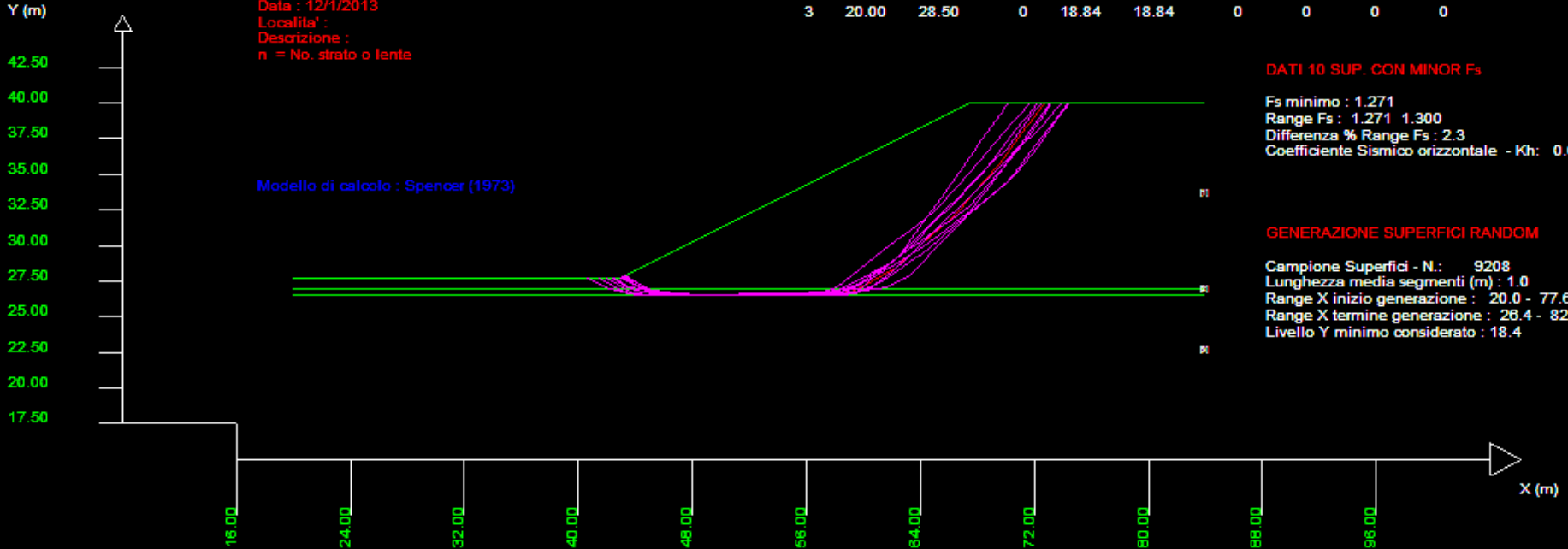
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.271
 Range Fs : 1.271 1.300
 Differenza % Range Fs : 2.3
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.000

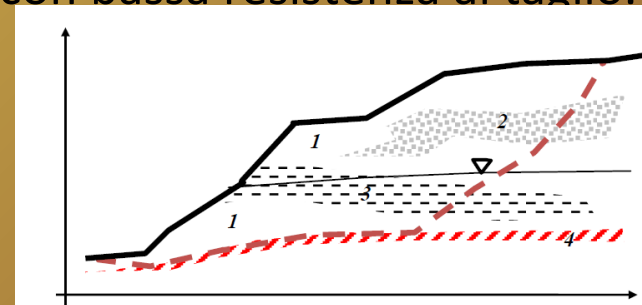
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 9208
 Lunghezza media segmenti (m) : 1.0
 Range X inizio generazione : 20.0 - 77.6
 Range X termine generazione : 26.4 - 82.7
 Livello Y minimo considerato : 18.4

Modello di calcolo : Spencer (1973)



Risultato di applicazione algoritmo SNIFF RANDOM SEARCH2.0 che consente di effettuare verifiche nelle condizioni più gravose che sfuggono ai metodi di ricerca usuali. Ad esempio il tracciamento di esili discontinuità con bassa resistenza al taglio.



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

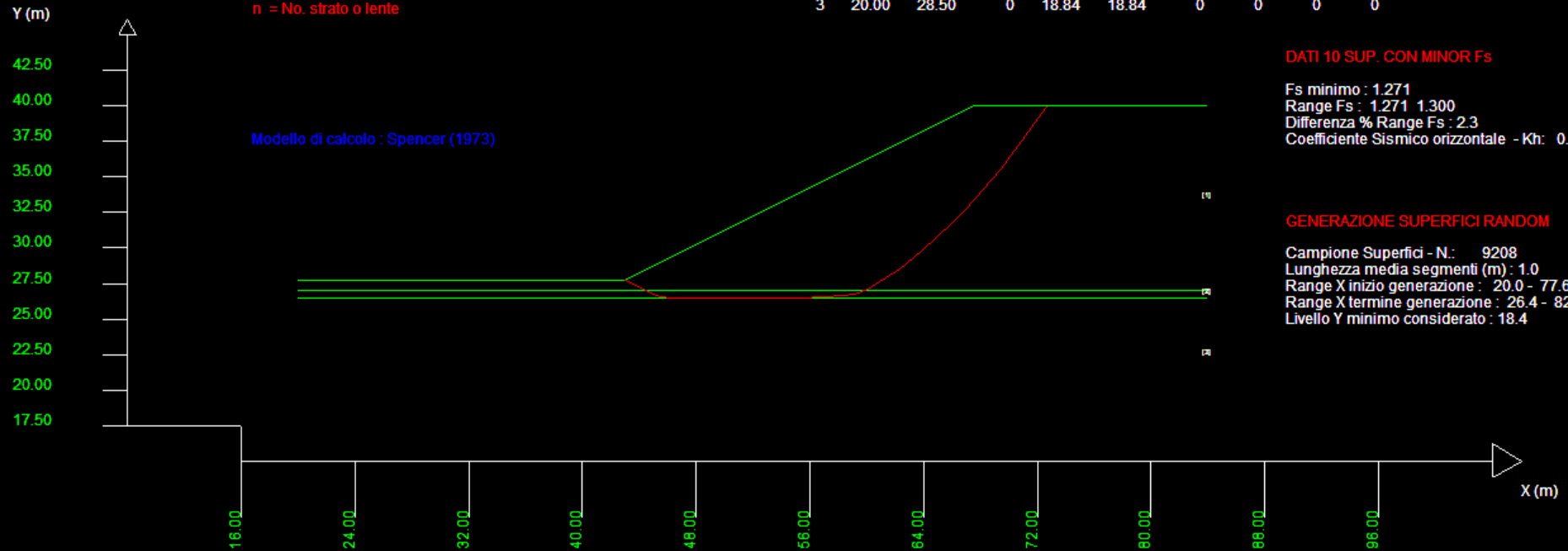
Risultato SSAP

SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

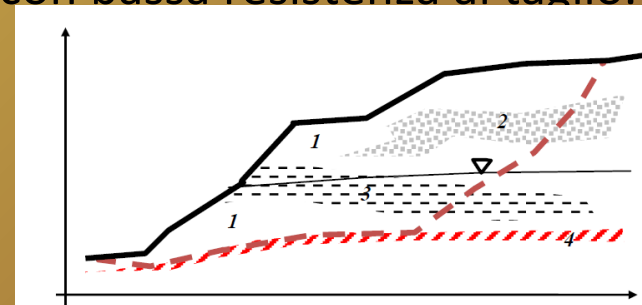
Data : 12/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	20.00	28.50	0	18.84	18.84	0	0	0	0
2	10.00	0	0	18.84	18.84	0	0	0	0
3	20.00	28.50	0	18.84	18.84	0	0	0	0



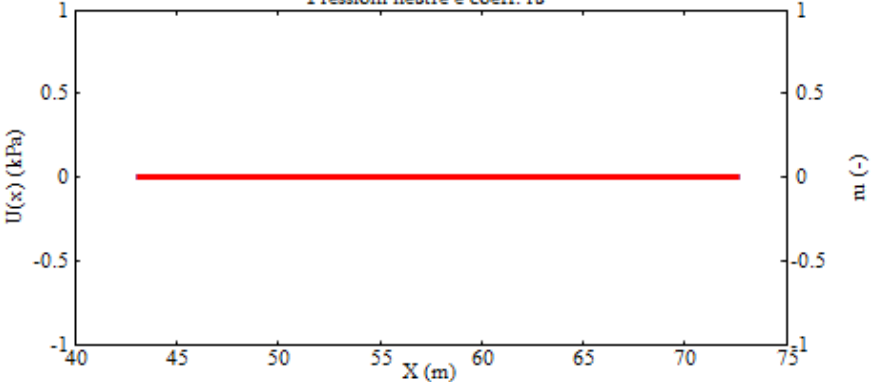
Risultato di applicazione algoritmo SNIFF RANDOM SEARCH2.0 che consente di effettuare verifiche nelle condizioni più gravose che sfuggono ai metodi di ricerca usuali. Ad esempio il tracciamento di esili discontinuità con bassa resistenza al taglio.



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

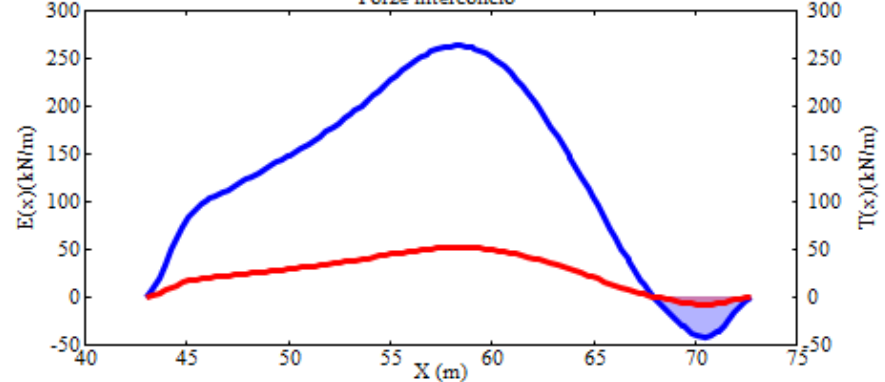
Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Pressioni neutre e coeff. ru



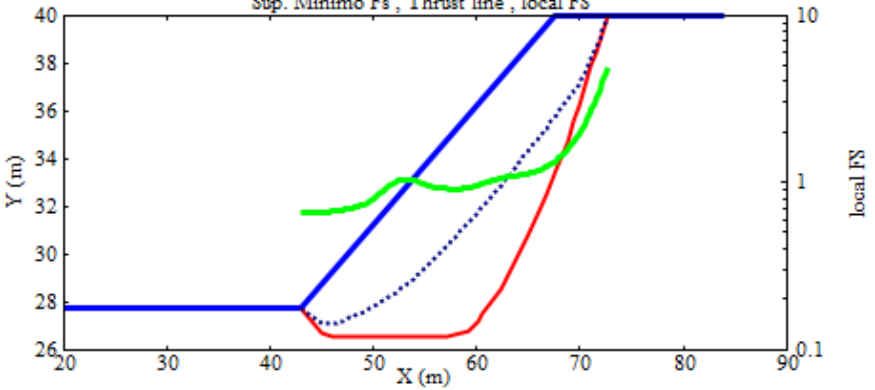
12/01/13 01:06
 $U(x)$ (kPa) — blue line
 ru (-) — red line

Forze interconco



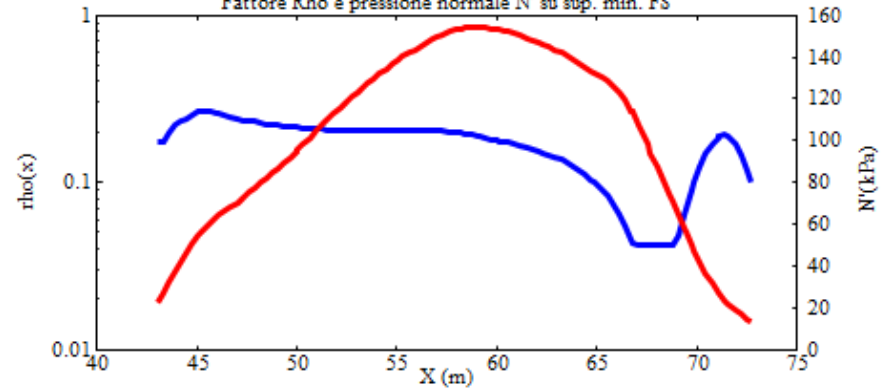
12/01/13 01:06
 $E(x)$ (kN/m) — blue line
 $T(x)$ (kN/m) — red line

Sup. Minimo Fs , Thrust line , local FS



12/01/13 01:06
 Sup. Topografica — blue line
 Sup. Min. FS — red line
 Thrust line — dotted blue line
 local FS — green line

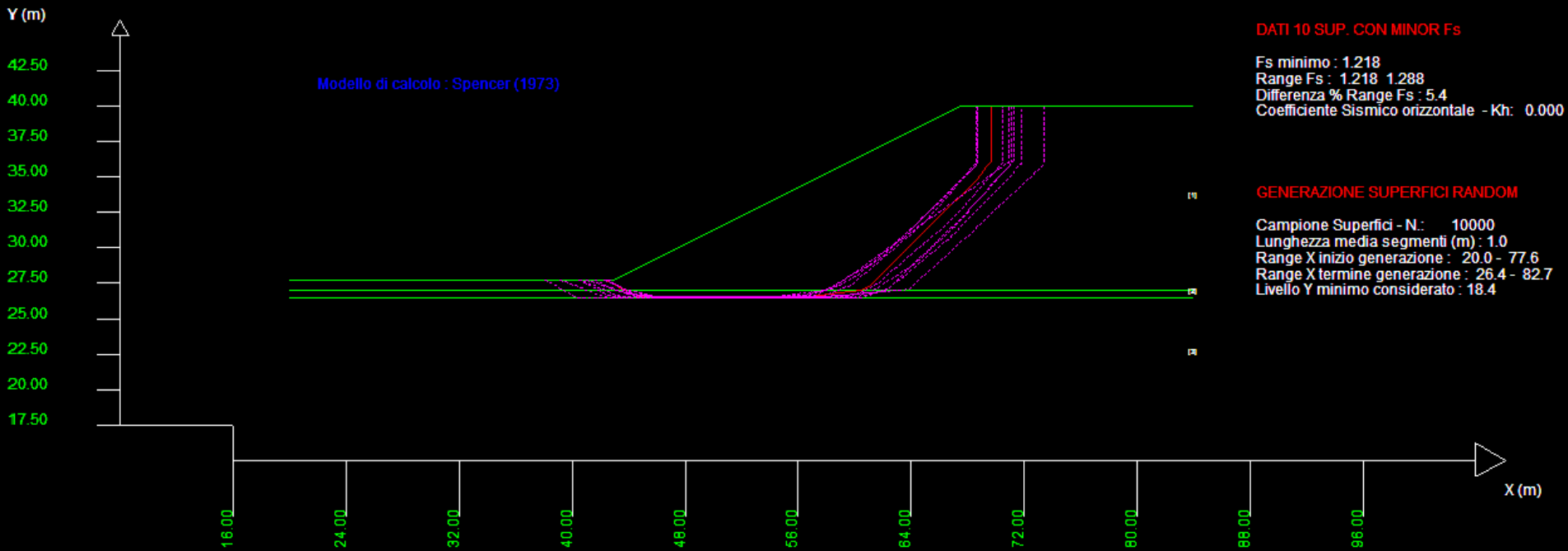
Fattore Rho e pressione normale N' su sup. min. FS



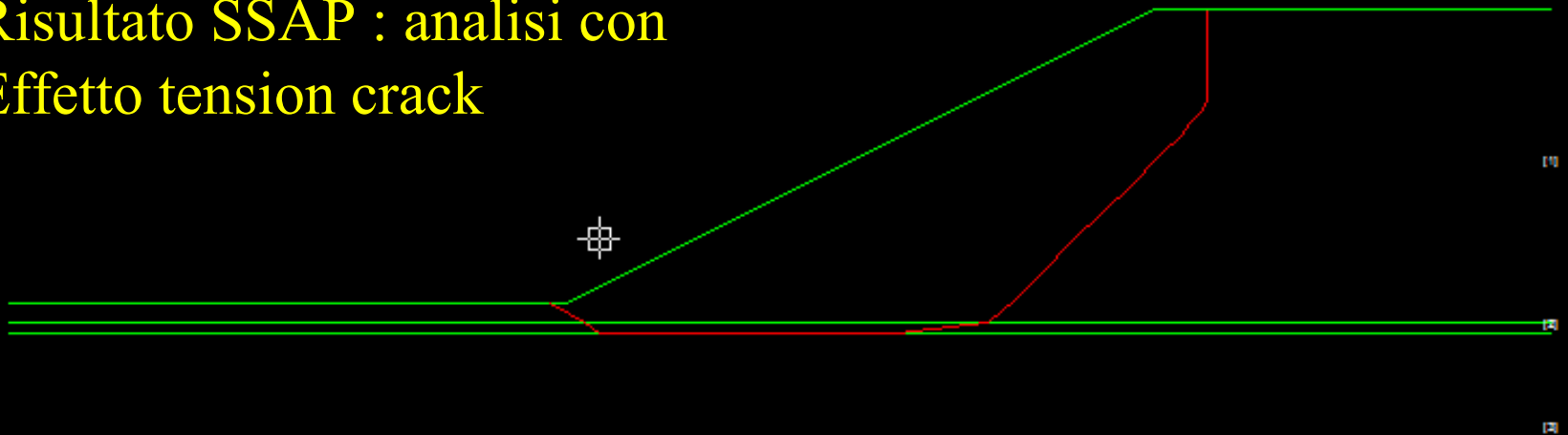
12/01/13 01:06
 $\rho(x)$ — blue line
 N' (kPa) — red line
 SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

Risultato SSAP

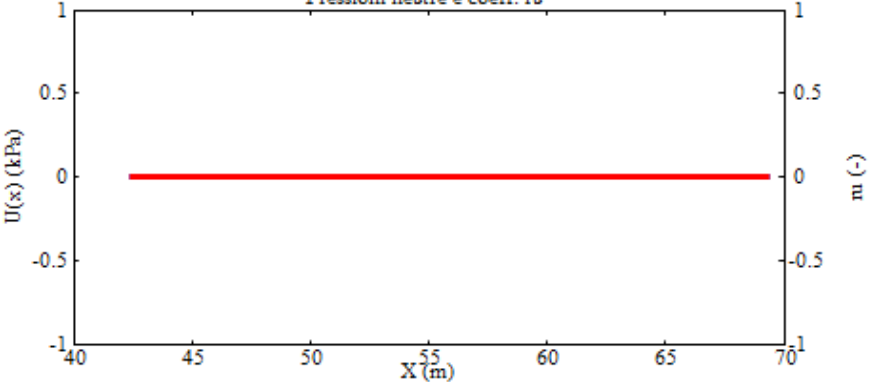
Distribuzione forze interne



Risultato SSAP : analisi con Effetto tension crack

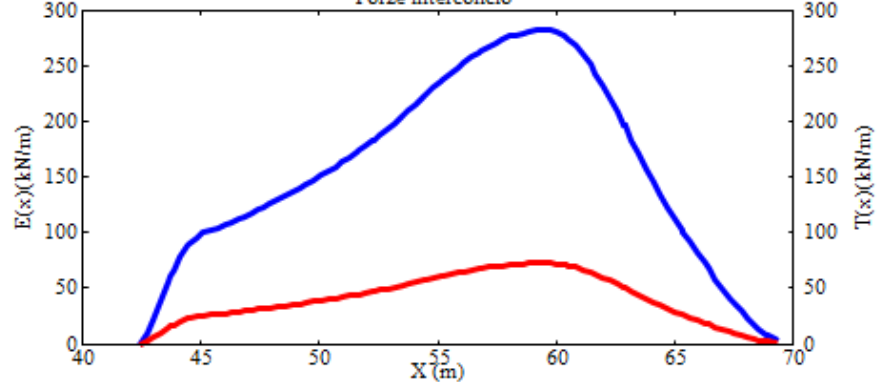


Pressioni neutre e coeff. ru



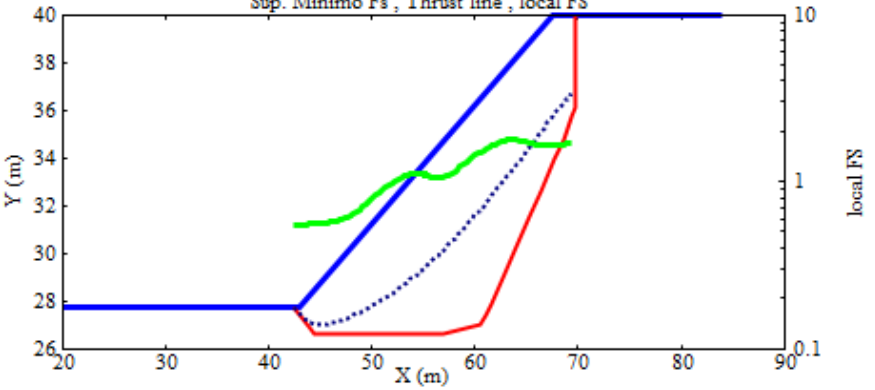
12/01/13 01:26
 $U(x)$ (kPa) — blue line
 ru (-) — red line

Forze interconcorio



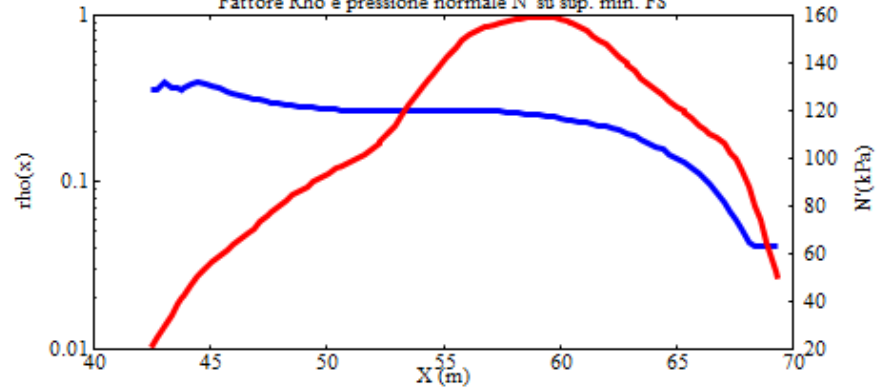
12/01/13 01:26
 $E(x)$ (kN/m) — blue line
 $T(x)$ (kN/m) — red line

Sup. Minimo Fs , Thrust line , local FS



12/01/13 01:26
 Sup. Topografica — blue line
 Sup. Min. FS — red line
 Thrust line — dotted blue line
 local FS — green line

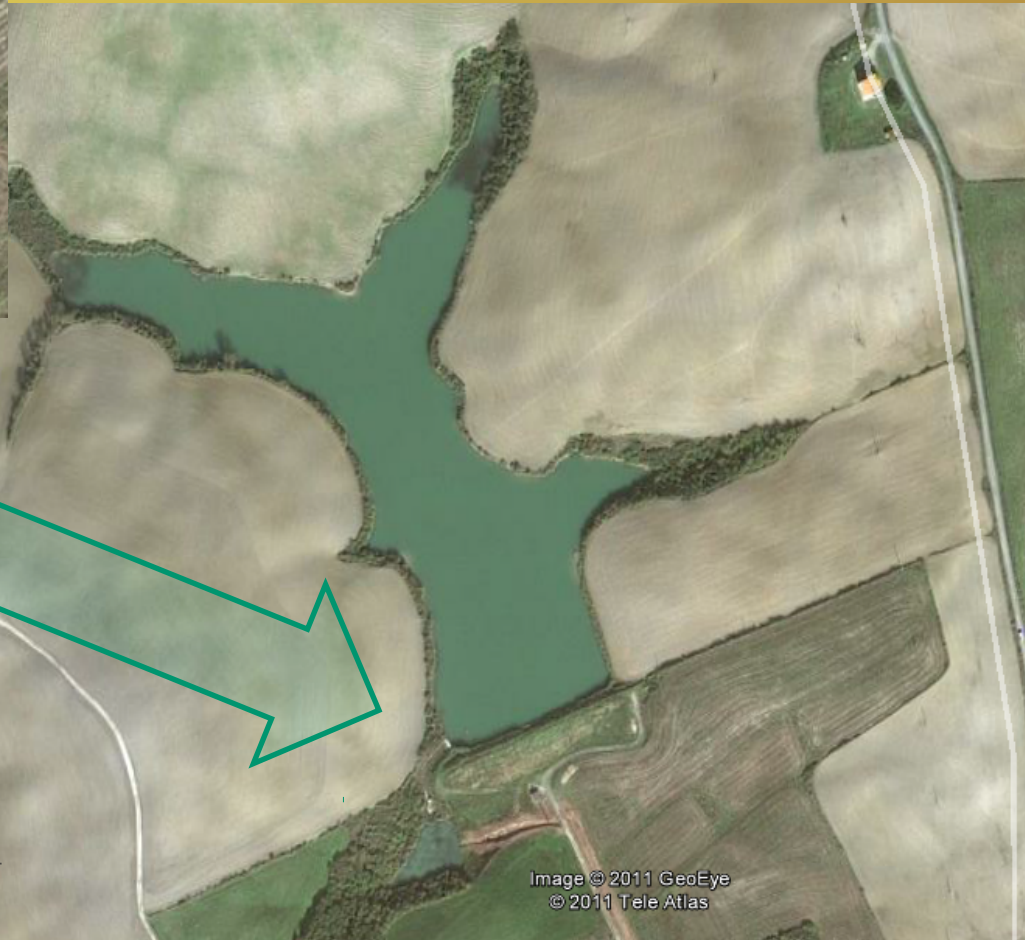
Fattore Rho e pressione normale N' su sup. min. FS



12/01/13 01:26
 $\rho(x)$ — blue line
 N' (kPa) — red line
 SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

Distribuzione forze interne

Controllo sulle Verifiche stabilità bacino (anti.mod) Eseguito da L Borselli

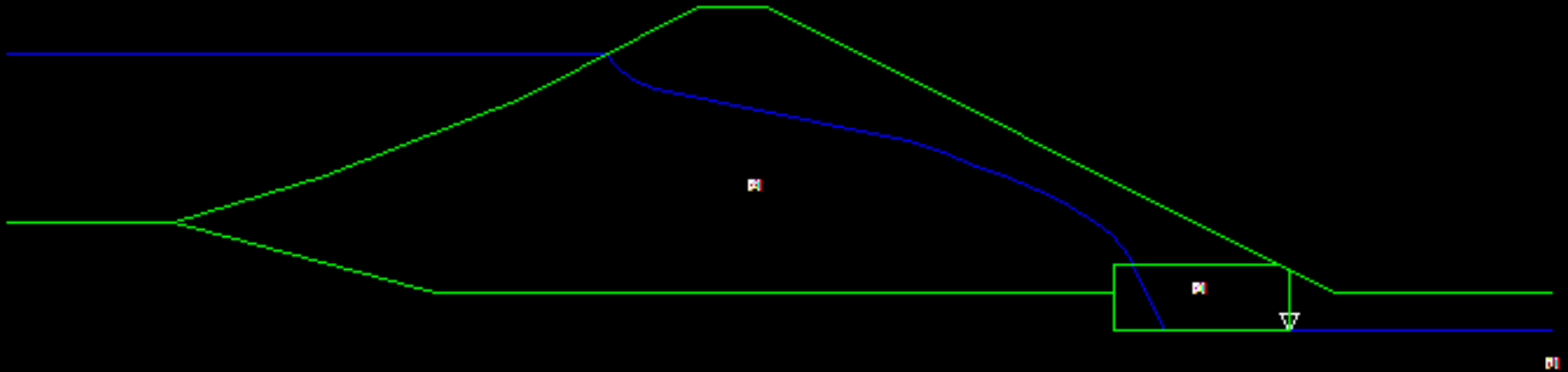


Bacino costruito fine anni 50
Primi anni 60
Con problemi di cedimento
del corpo diga

Substrato argille plioceniche
Toscana centrale

Data : 12/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strati o lense

# Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	23.00	42.00	0	20.00	20.00	0	0	0	0
2	21.00	10.00	0	19.00	20.00	0	0	0	0
3	42.50	31.40	0	21.00	21.00	0	0	0	0



Modello del pendio

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Opzioni attivate in Ssap 4.2.0

Coeff sismico orizz.

Smussatore superfici di scorrimento

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP 4.2.0

Coefficiente sismico orizzontale - Kh

Fs di Progetto richiesto (analisi deficit)

METODO DI CALCOLO

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

Esplora spazio (lambda0, fs0) Metodo

- JANBU RIGOROSO - (1973)
- SPENCER - (1973)
- SARMA I - (1973)
- MORGESTERN PRICE - (1965)
- CORREIA - (1988)
- SARMA II - (1979)

- A (rapido e accurato)
- B (più accurato)
- C (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

% Tolleranza RHO=|Fs/Fv| > 1.0

Limita T(x)/E(x)

- LIMITATO
- Non LIMITATO

Reimposta Valori Standard

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

- RANDOM SEARCH (RS)
- CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
- SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.0

RANDOM...

00100101001
01010010101
00010101001
10110101000

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Steps di scansione

Frequenza di attivazione

FILTRAGGIO SUPERFICI

- FILTRARE
- NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO

- CON OSTACOLO INTERNO
- SENZA OSTACOLO INTERNO

TIRANTI - ANCORAGGI

- PASSIVI
- ATTIVI

Distribuzione resistenza

- Rettangolare
- Trapezoidale

PALIFICATE - Metodo calcolo

- ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
- KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

PALIFICATE fattore induttivo NTC2008

Fattore di riduzione (Variare da 1 a 10)

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

- EFFETTO ATTIVATO
- EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

- EFFETTO DISATTIVATO
- EFFETTO ATTIVATO

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m

Forza Eb (in Testa) - kN/m

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

- DISATTIVATO
- ATTIVATO

HELP

Effetto Tension crack Disattivato (se uno vuole)

Lunghezza media segmenti (2 m)

PARAMETRI GEOMETRICI VERIFICHE DI STABILITA'

LUNGHEZZA MEDIA (m) SEGMENTI DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO 2.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI INIZIO

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) ZONA DI INIZIO (m) 0.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) ZONA DI INIZIO (m) 63.59

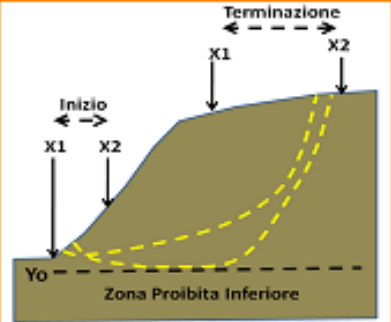
QUOTA (Y0) ZONA PROIBITA INFERIORE (m) 0.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI TERMINAZIONE

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) DI TERMINAZIONE (m) 7.07

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) DI TERMINAZIONE (m) 69.24

NUMERO MASSIMO SUPERFICI DA GENERARE 10000



NOTA BENE: Tutte le coordinate sono espresse in metri (vedasi manuale per descrizione PARAMETRI)..

OK Annulla

verifiche di stabilità:

1) Condizioni drenate a lungo termine

- A. Senza svaso rapido
- B. Con svaso rapido (*molto poco probabile*)

2) Condizioni non drenate (breve termine)

- A. Senza svaso rapido
- B. con svaso rapido

tutte verifiche con effetto sismico $K_h=0.08$

1.A con Drenate stabilità a lungo termine – max invasivo (senza svaso rapido)

$$K_h=0.08$$

Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.254
Range Fs : 1.254 1.263
Differenza % Range Fs : 0.7
Coefficiente Sismico orizzontale - K_h : 0.080

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 2922
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0
Range X inizio generazione : 0.0 - 63.6
Range X termine generazione : 7.1 - 69.2
Livello Y minimo considerato : 0.0

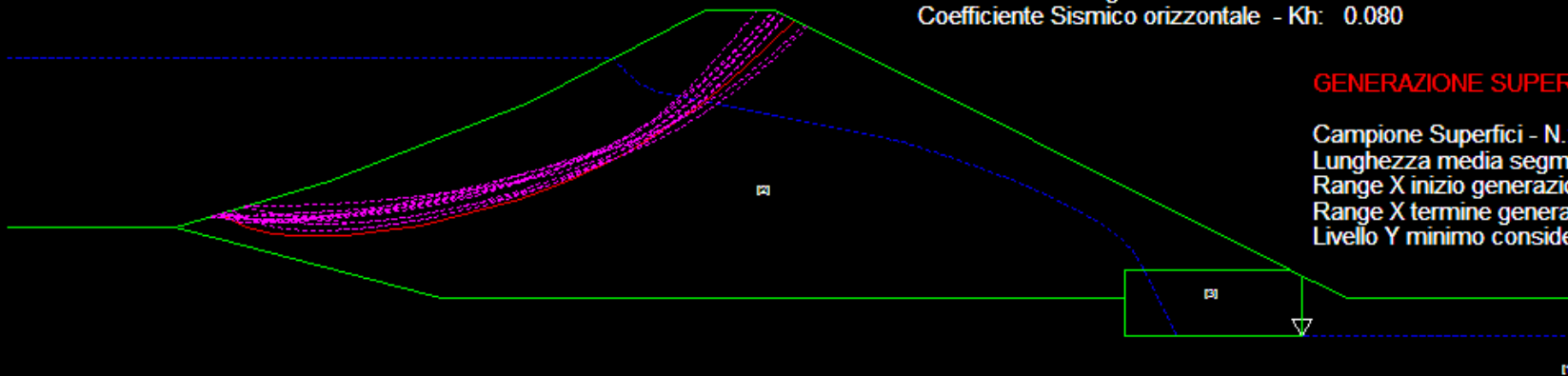


Diagramma delle forze relativo a superficie con FS minimo

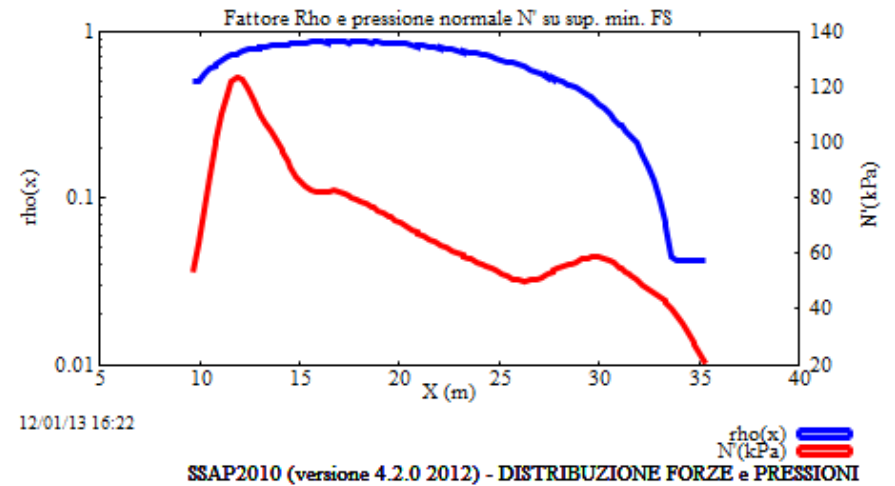
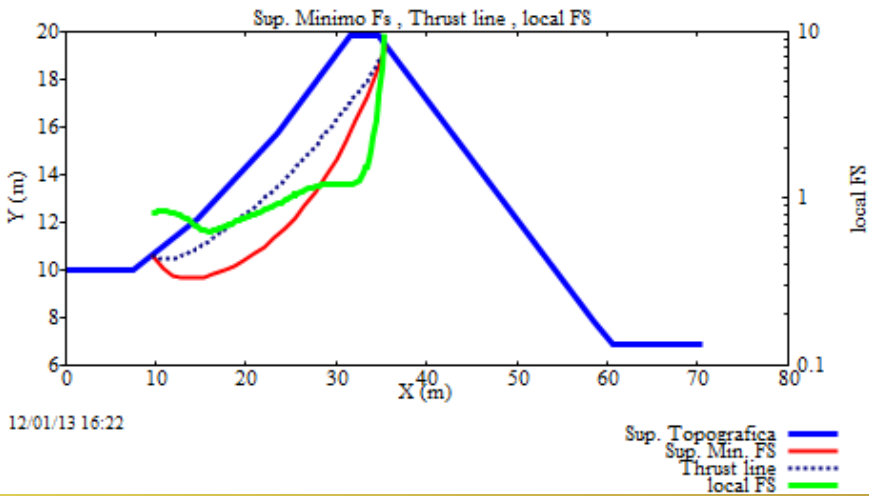
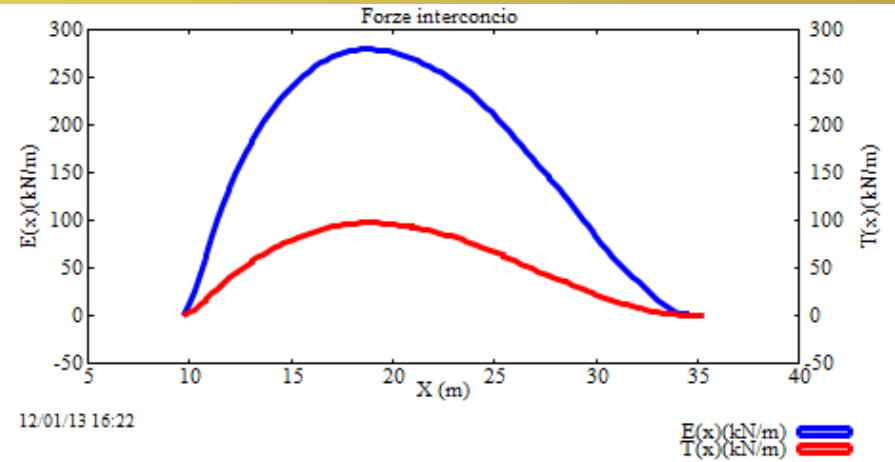
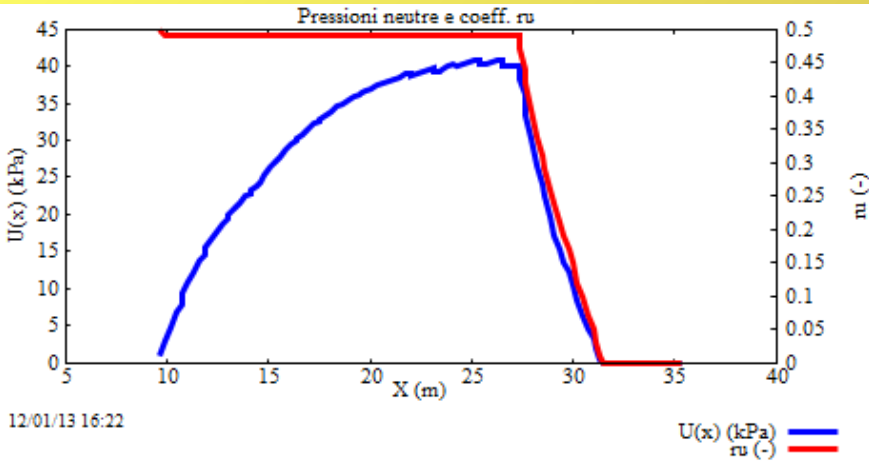
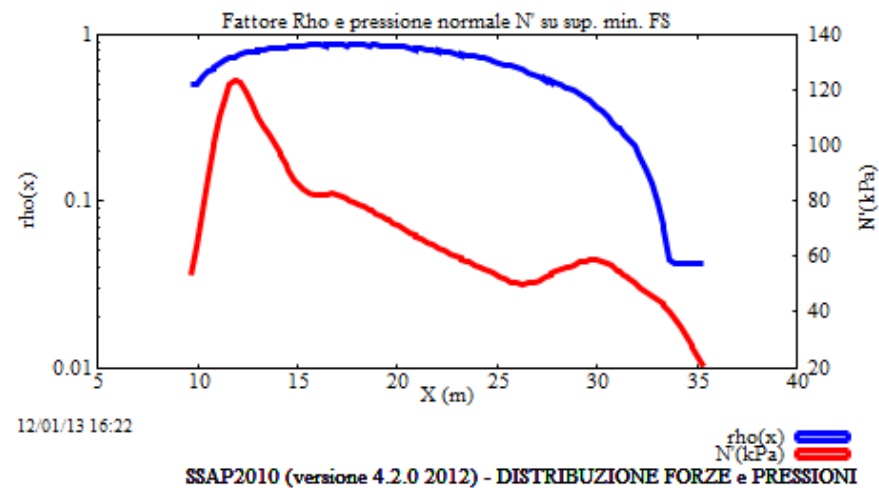
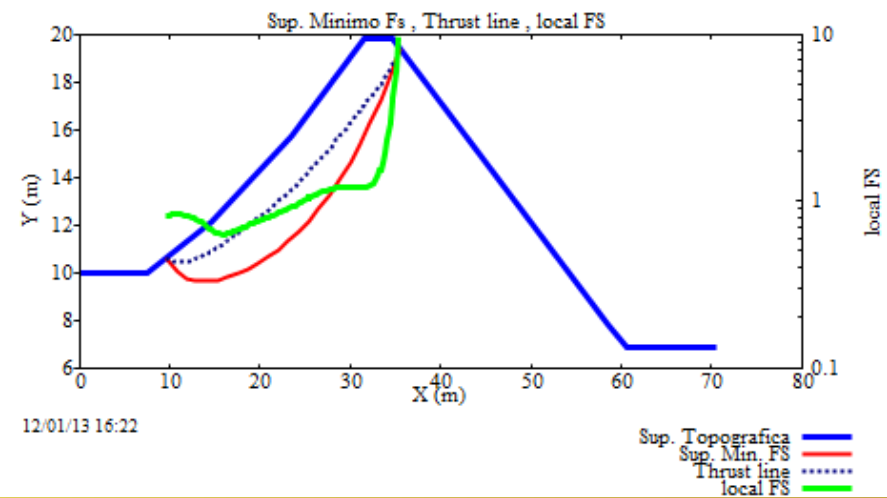
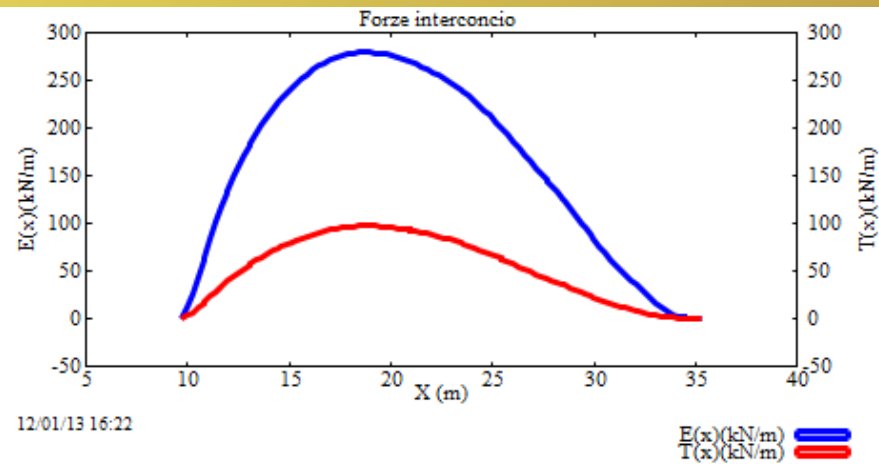
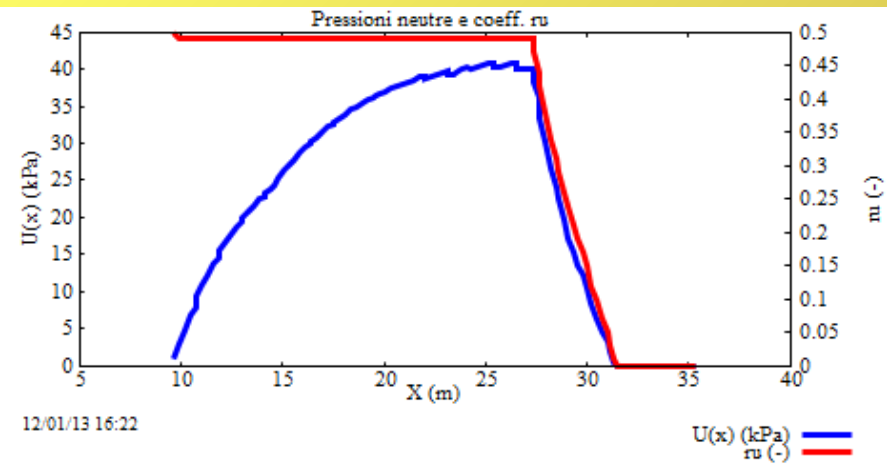


Diagramma delle forze relativo a superficie con FS minimo




1.B i cond. Drenate con svaso rapido (ipotetica)

GESTIONE ACQUIFERI

ACQUIFERI DISATTIVABILI

- Acquifero Strato 1
- Acquifero Strato 2
- Acquifero Strato 3

CARATTERISTICHE FLUIDO



Gamma fluido (kN/m³) 9.81

Coefficiente A 0


Coefficiente K 0.00080000

Uo minima (kPa) 0.01

GESTIONE PIEZOMETRICHE

Esclusione sovraccarichi pendii sommersi

Esclusione sovraccarico fino alla Progressiva (m) 27.50



Prima di modificare i valori pre-impostati dal programma ricordarsi che è necessario leggere con attenzione il manuale tecnico del programma. Un utilizzo improprio di queste procedure può portare a importanti effetti sui risultati delle verifiche!!.

HELP OK Cancel

1.B i cond. Drenate con svaso rapido (molto ipotetica) con $K_h=0.08$!

Eliminando l'effetto del sovraccarico dell'acqua (cond di svaso rapido)
Fs arriva a essere inferiore di 0.9 !!!

Questa condizione è poco probabile
data la natura del materiale e
della permeabilità bassa del corpo diga



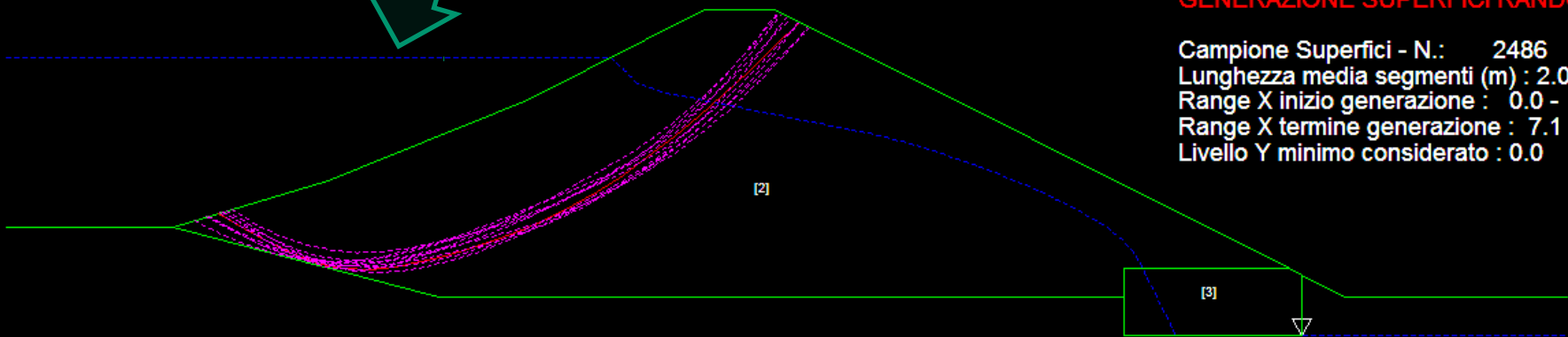
Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 0.896
Range Fs : 0.896 0.902
Differenza % Range Fs : 0.7
Coefficiente Sismico orizzontale - K_h : 0.080

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 2486
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0
Range X inizio generazione : 0.0 - 63.6
Range X termine generazione : 7.1 - 69.2
Livello Y minimo considerato : 0.0



[1]

1.B i cond. Drenate con svaso rapido (ipotetica) -- ma senza sisma !! $K_h=0$

Eliminando l'effetto del sovraccarico dell'acqua (cond di svaso rapido)
Fs arriva a essere superiore a 1.1!!!

Questa condizione è poco probabile
data la natura del materiale e
della permeabilità bassa del corpo diga

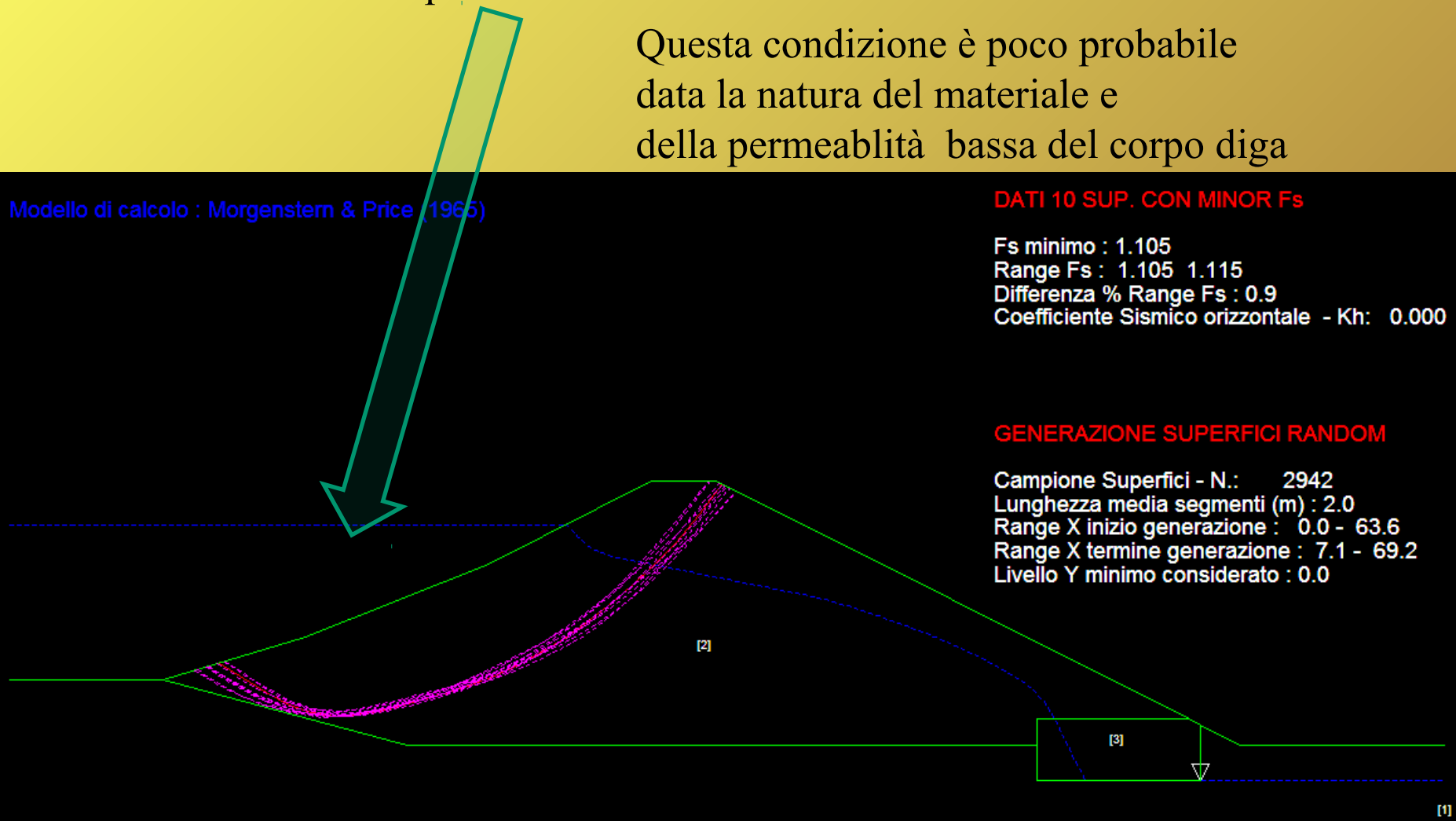
Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.105
Range Fs : 1.105 - 1.115
Differenza % Range Fs : 0.9
Coefficiente Sismico orizzontale - K_h : 0.000

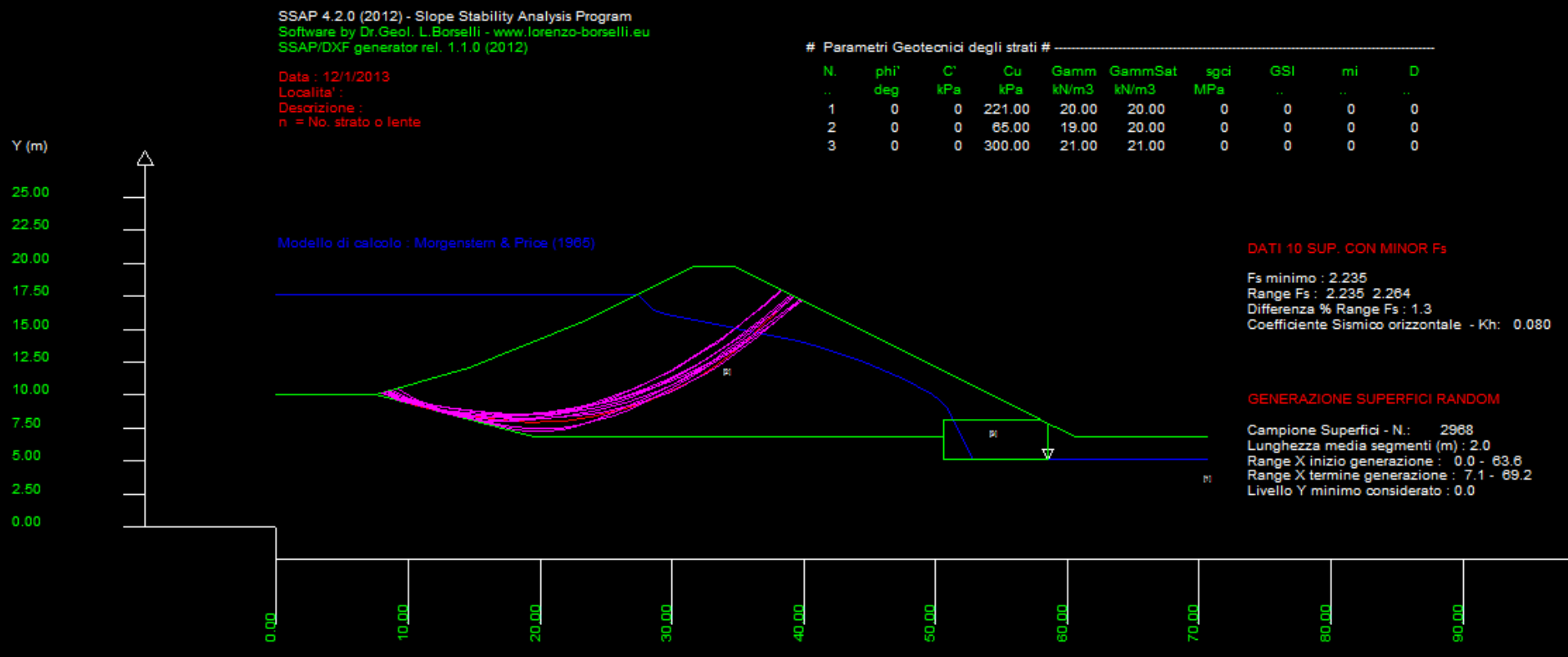
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 2942
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0
Range X inizio generazione : 0.0 - 63.6
Range X termine generazione : 7.1 - 69.2
Livello Y minimo considerato : 0.0



2.A non drenate (a breve termine) con massimo invasivo (più consone per verificare l'effetto sismico)

Fs circa 2.235 con coeff sismico kh=0.08



2.B cond Non . Drenate con svaso rapido

Eliminando l'effetto del sovraccarico dell'acqua (cond di svaso rapido)
Fs arriva a essere circa 2.0 !!!

Questo è lo scenario più probabile
Supponendo una scarsa permeabilità del corpo diga

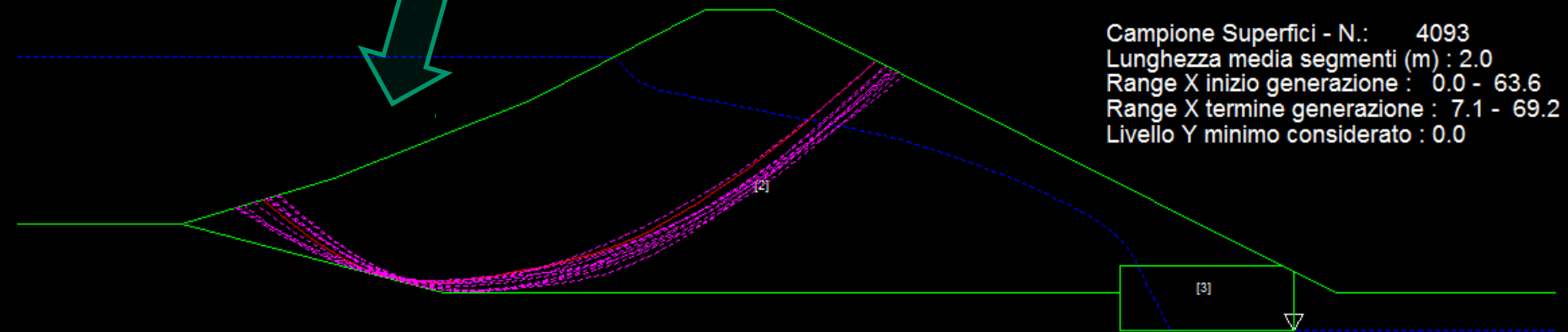
Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.011
Range Fs : 2.011 - 2.020
Differenza % Range Fs : 0.4
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.080

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 4093
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0
Range X inizio generazione : 0.0 - 63.6
Range X termine generazione : 7.1 - 69.2
Livello Y minimo considerato : 0.0



[1]

Condizioni a lungo termine drenate
Max invaso
FS=1.235

# Parametri Geotecnici degli strati #						
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	
1	23.00	42.00	0	20.00	20.00	
2	21.00	10.00	0	19.00	20.00	
3	42.50	31.40	0	21.00	21.00	

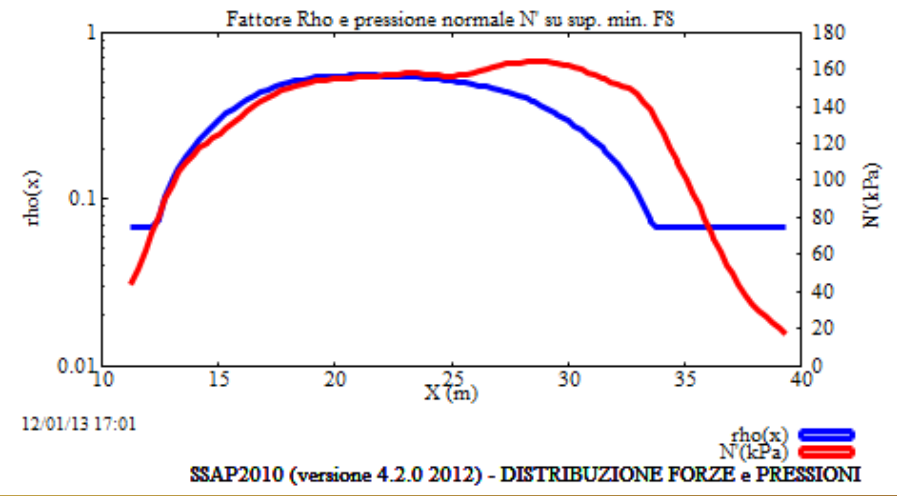
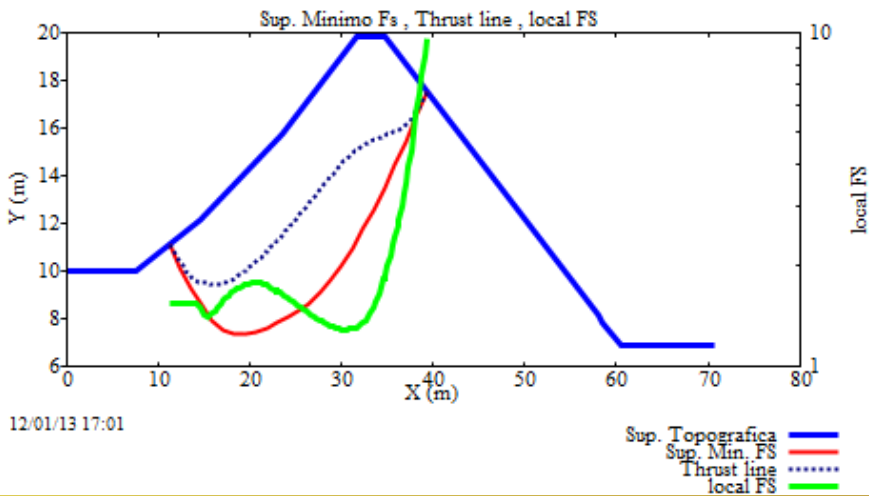
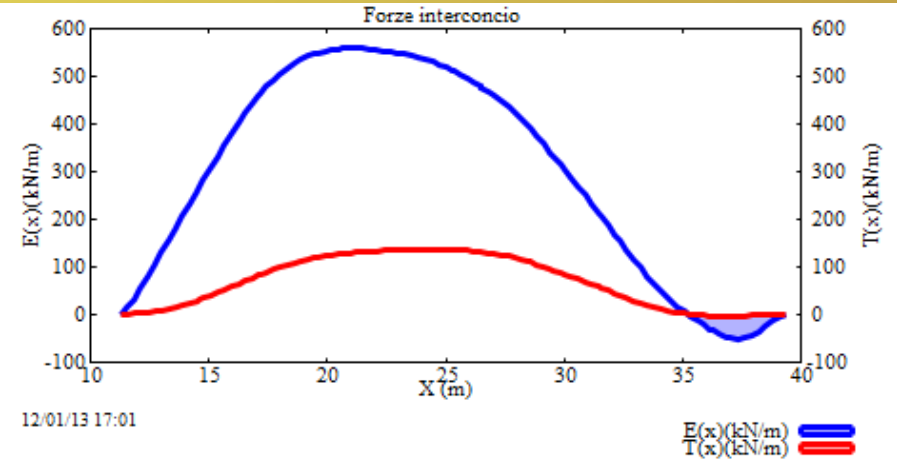
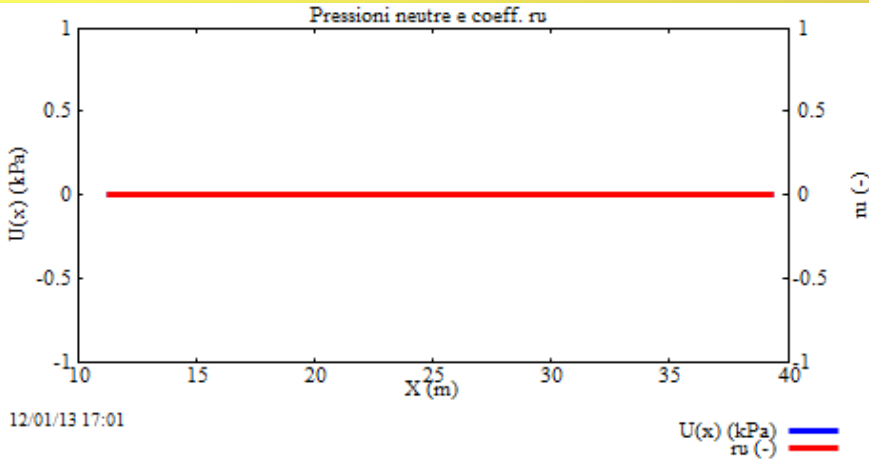
Condizioni a breve Termine non drenate
Con svaso rapido
FS=2.0

# Parametri Geotecnici degli strati #						
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	
1	0	0	221.00	20.00	20.00	
2	0	0	65.00	19.00	20.00	
3	0	0	300.00	21.00	21.00	

Il risultato finale è determinato dal valore elevato della CU dello stato 2 comparato a c' e phi' delle cond drenate.

Infatti assumendo per lo strato 2 una CU= 35 kPa Il risultato è FS=1.1

2.B cond Non . Drenate con svaso rapido - forze e pressioni interne



SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

2.B cond Non . Drenate con svaso rapido -effetto tension crack

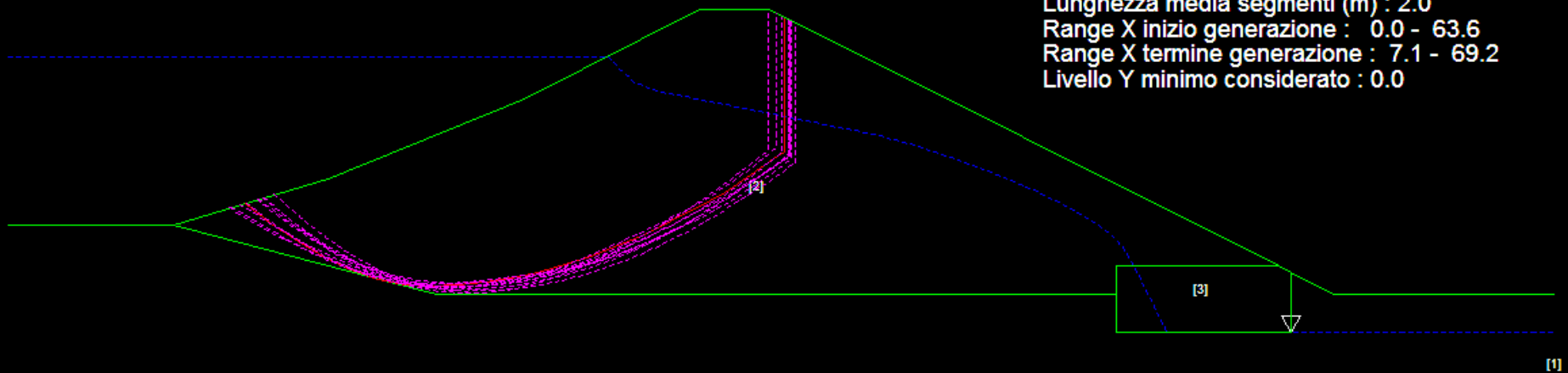
Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR F_s

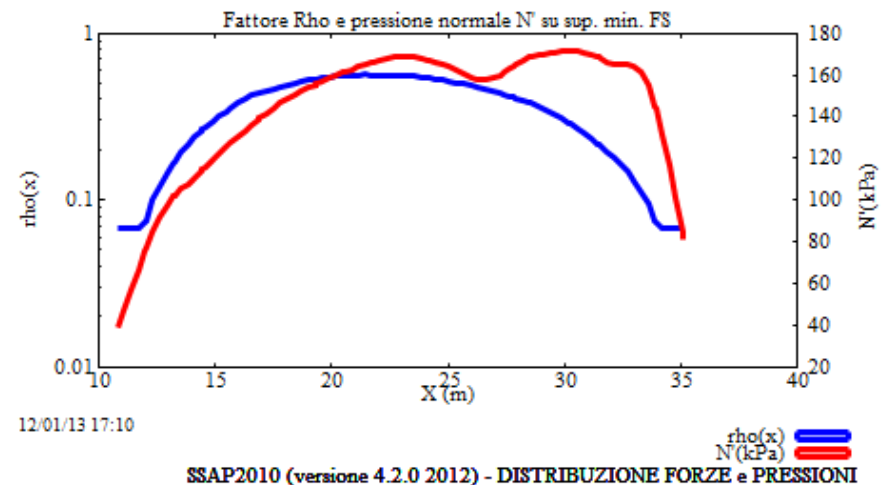
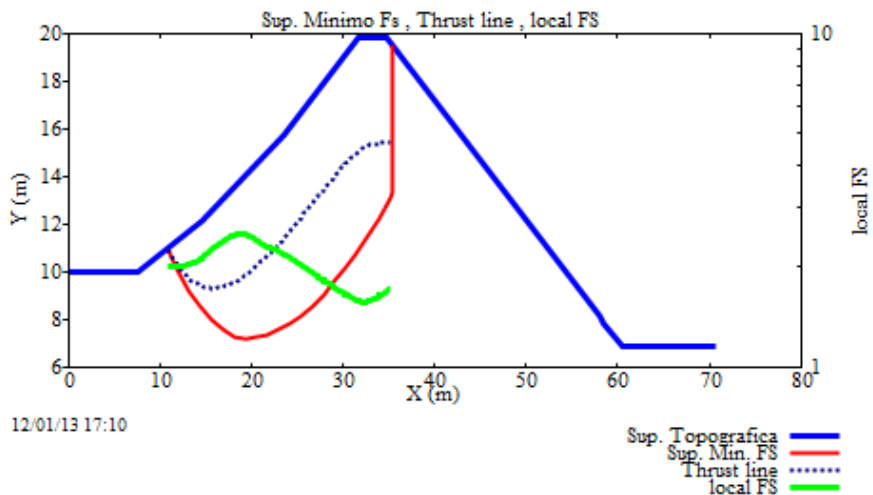
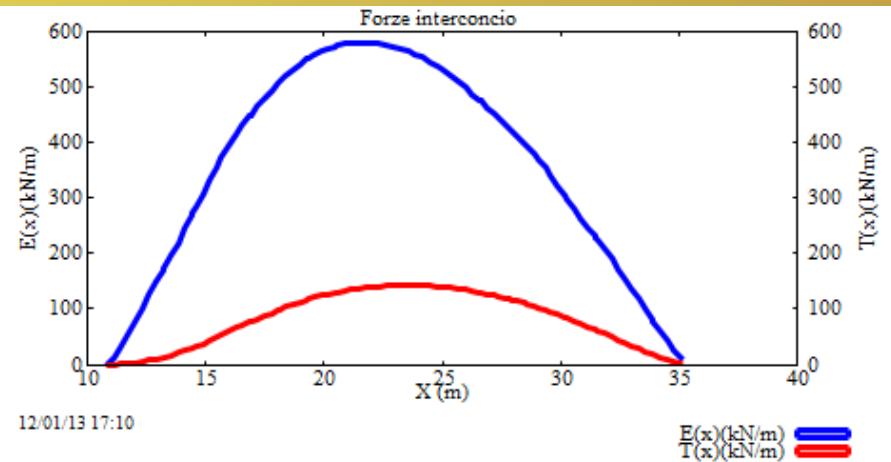
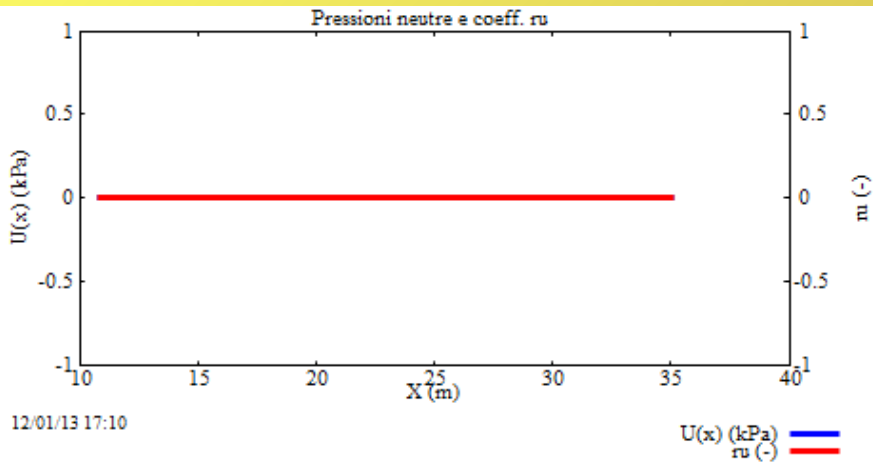
F_s minimo : 2.009
Range F_s : 2.009 2.047
Differenza % Range F_s : 1.9
Coefficiente Sismico orizzontale - K_h : 0.080

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 4170
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0
Range X inizio generazione : 0.0 - 63.6
Range X termine generazione : 7.1 - 69.2
Livello Y minimo considerato : 0.0



2.B cond Non . Drenate con svaso rapido - forze e pressioni interne con effetto tension crack



Pendio complesso: 6 strati falda e una palificata di rinforzo.

Percorso nella cartella *esempi_corso\corso_avanzato*

Scenario base : **FILIPP\sismica.mod**

Scenario con risalita della falda:

FILIPP\sismica_risalita_falda.mod

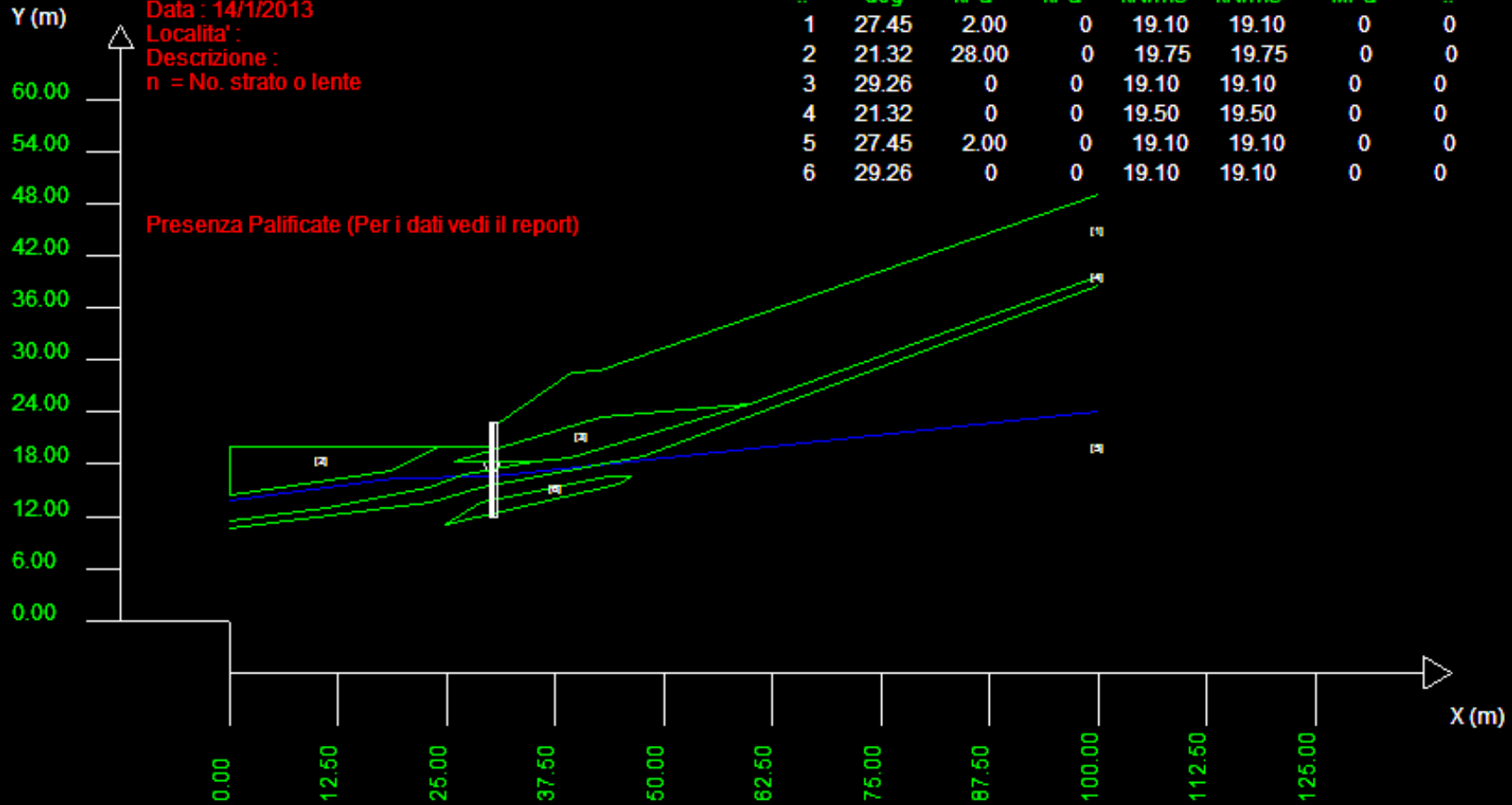
Motori di ricerca:

- Convex random search
- SNIFF RANDOM SEARCH
- Disattivare acquifero negli stati 5 e 6
- Provare a considerare solamente le superfici che attraversano la palificata
- Provare effetto sismico $K_h=0.1$

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	27.45	2.00	0	19.10	19.10	0	0	0	0
2	21.32	28.00	0	19.75	19.75	0	0	0	0
3	29.26	0	0	19.10	19.10	0	0	0	0
4	21.32	0	0	19.50	19.50	0	0	0	0
5	27.45	2.00	0	19.10	19.10	0	0	0	0
6	29.26	0	0	19.10	19.10	0	0	0	0

Data : 14/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

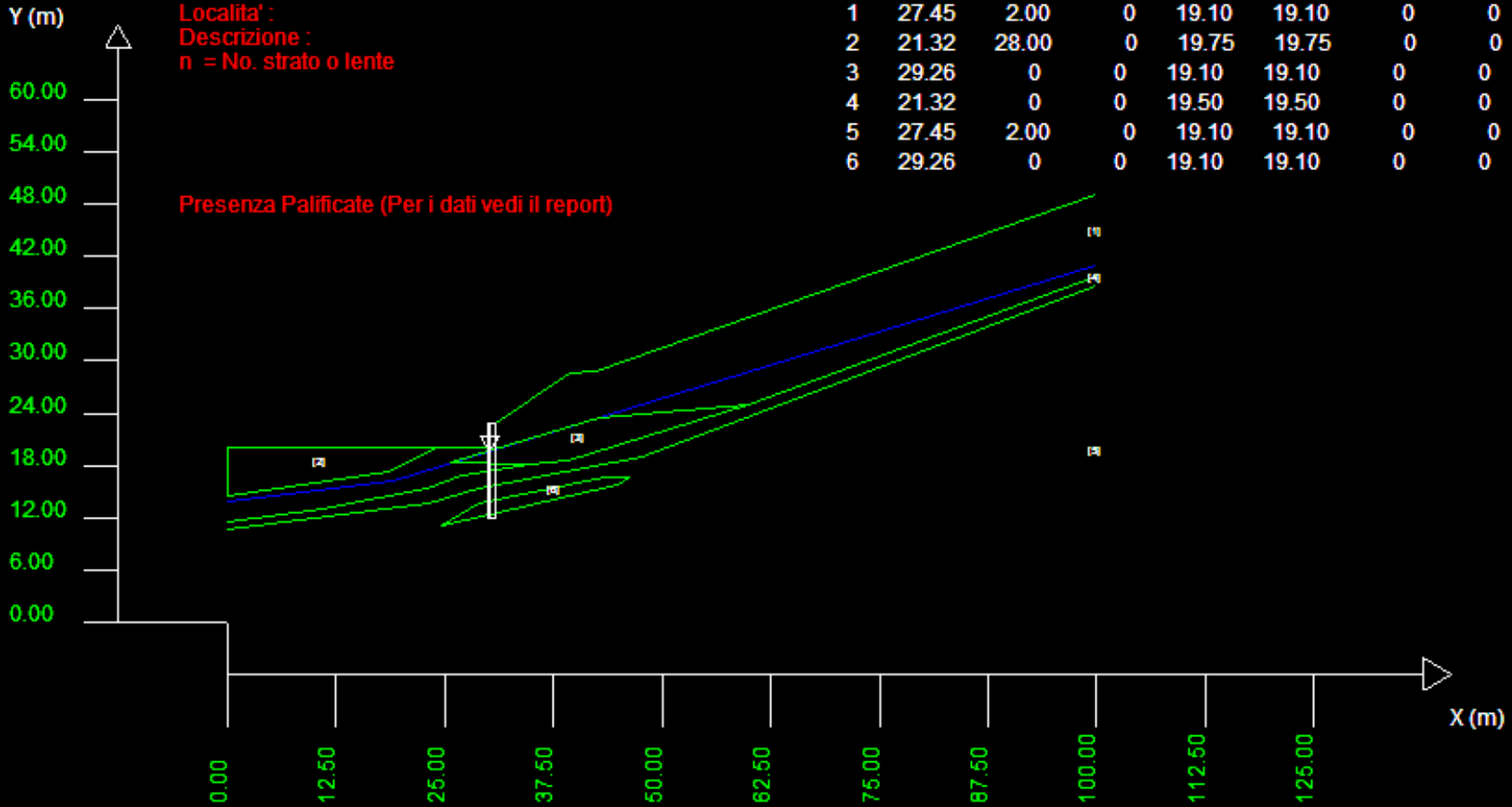


Scenario classico

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	27.45	2.00	0	19.10	19.10	0	0	0	0
2	21.32	28.00	0	19.75	19.75	0	0	0	0
3	29.26	0	0	19.10	19.10	0	0	0	0
4	21.32	0	0	19.50	19.50	0	0	0	0
5	27.45	2.00	0	19.10	19.10	0	0	0	0
6	29.26	0	0	19.10	19.10	0	0	0	0

Data : 14/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente



Scenario Risalita della falda

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi°	C°	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
--	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	--	--	--
1	27.45	2.00	0	19.10	19.10	0	0	0	0
2	21.32	28.00	0	19.75	19.75	0	0	0	0
3	29.26	0	0	19.10	19.10	0	0	0	0
4	21.32	0	0	19.50	19.50	0	0	0	0
5	27.45	2.00	0	19.10	19.10	0	0	0	0
6	29.26	0	0	19.10	19.10	0	0	0	0

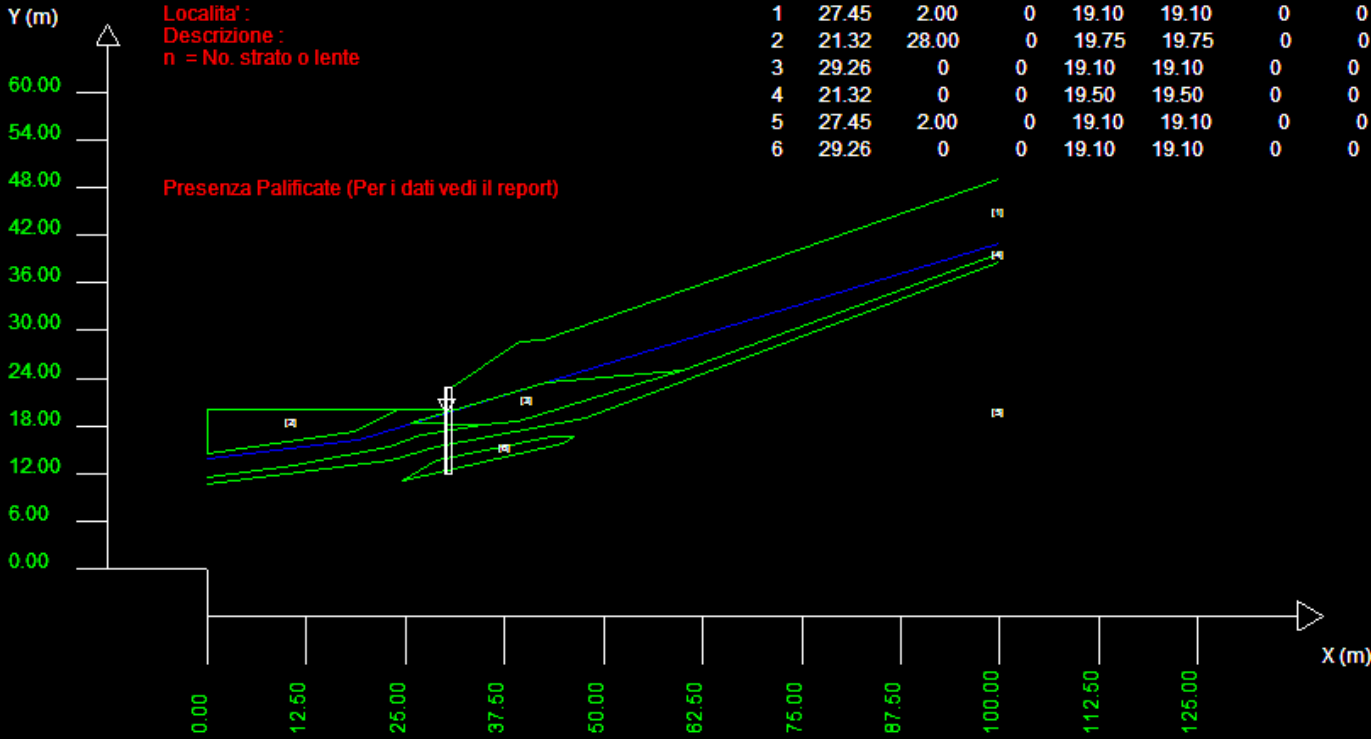
Data : 14/1/2013

Localita' :

Descrizione :

n = No. strato o lente

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)



Scenari aggiuntivi:

- Effetti sismici;
- Drenaggio;
- Palificata aggiuntiva.
- Attivare registrazione superfici
- E mappa FS locale.

Pendio complesso: 6 strati falda e una palificata e muri di rinforzo.

Percorso nella cartella esempi_corso_avanzato:

Scenario base : **FILIPP/s2m_pali.mod**

Motori di ricerca:

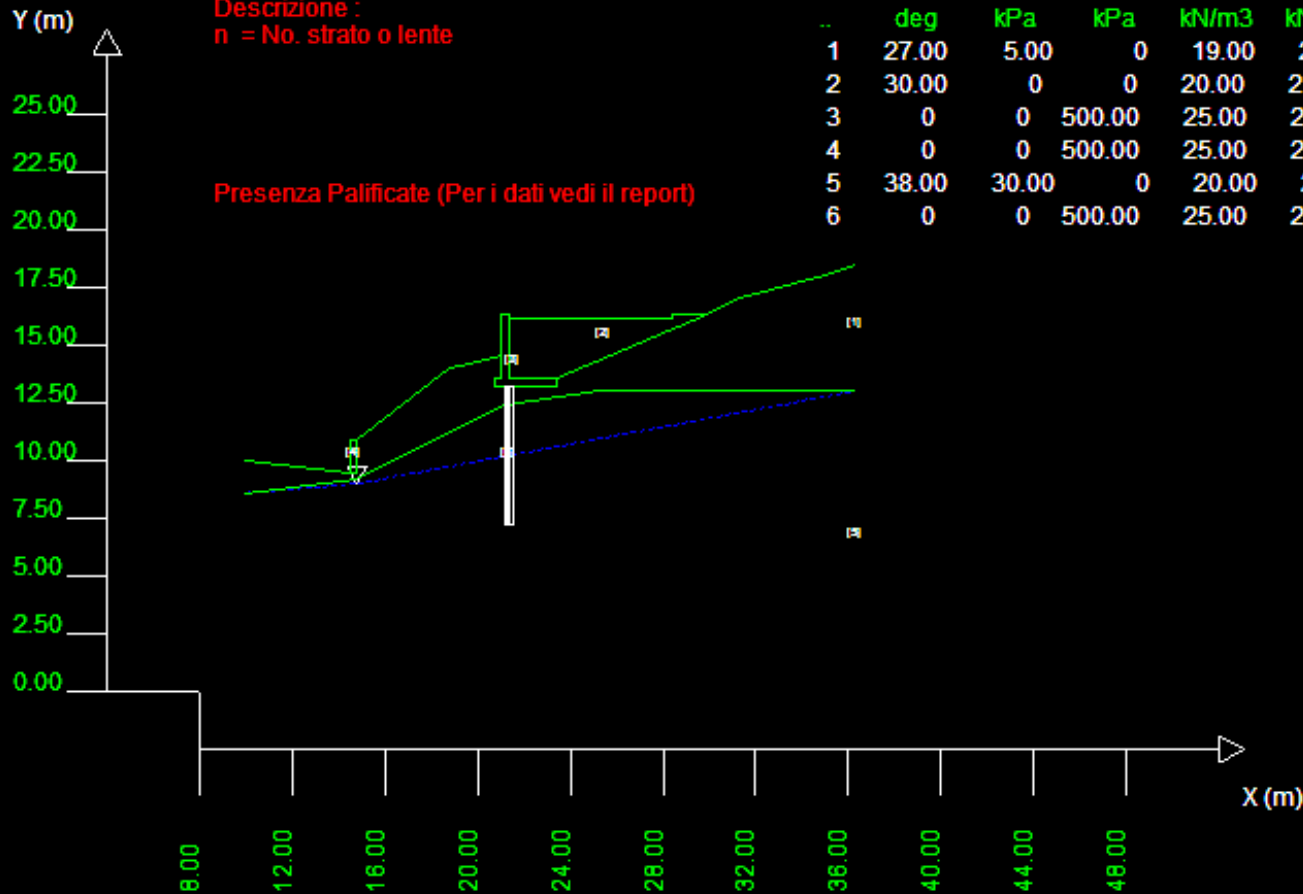
- Convex random search
- SNIFF RANDOM SEARCH (importante)
- Provare a considerare solamente le superfici che attraversano la palificata
provare a considerare solo le superfici a valle della palificata
- Provare effetto sismico $K_h=0.1$

Data : 15/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	27.00	5.00	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	30.00	0	0	20.00	21.00	0	0	0	0
3	0	0	500.00	25.00	25.00	0	0	0	0
4	0	0	500.00	25.00	25.00	0	0	0	0
5	38.00	30.00	0	20.00	21.00	0	0	0	0
6	0	0	500.00	25.00	25.00	0	0	0	0

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)



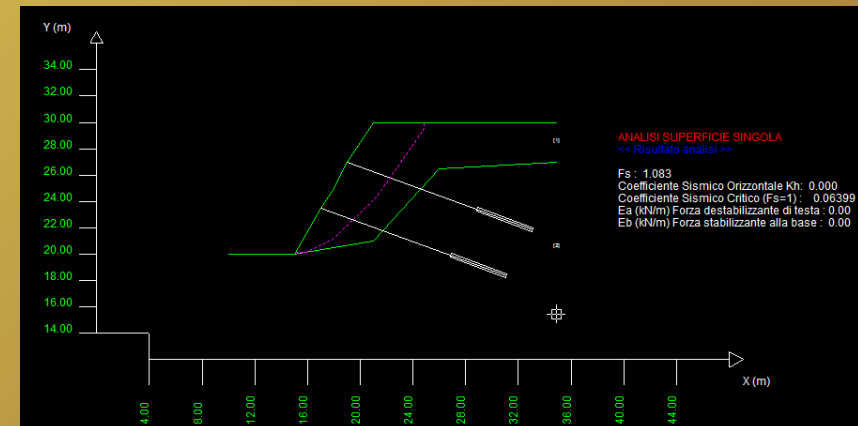
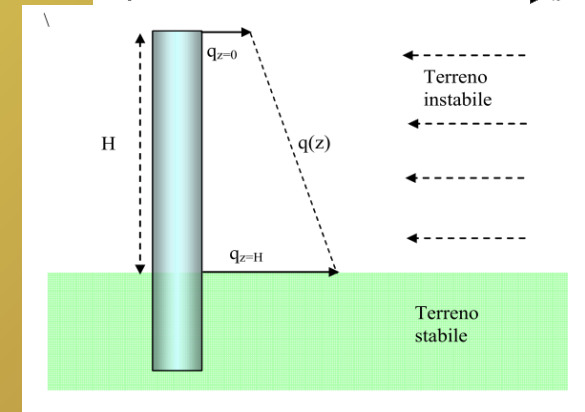
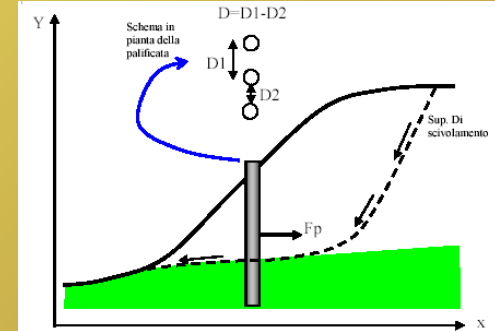
**Scenari addizionali: Effetti sismici; Risalita falda
 Palificata addizionale; Attivare registrazione
 superfici**

Parte VII - verifiche di stabilità con opere di sostegno (palificate, tiranti, terre rinforzate, geogriglie, muri di sostegno):

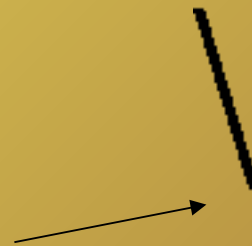
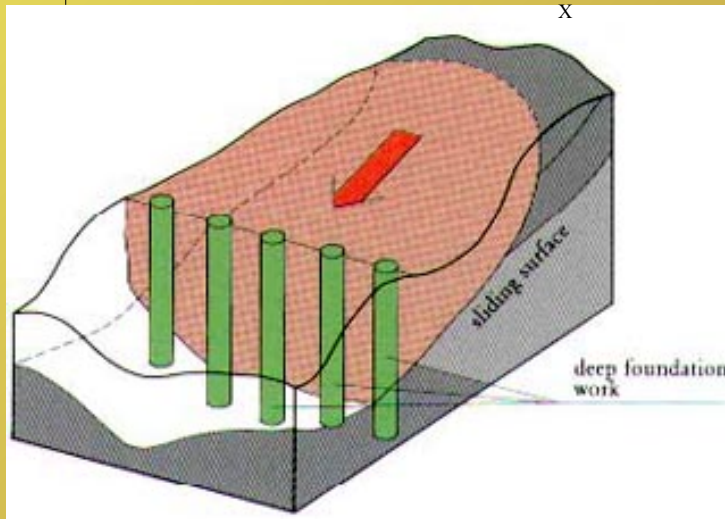
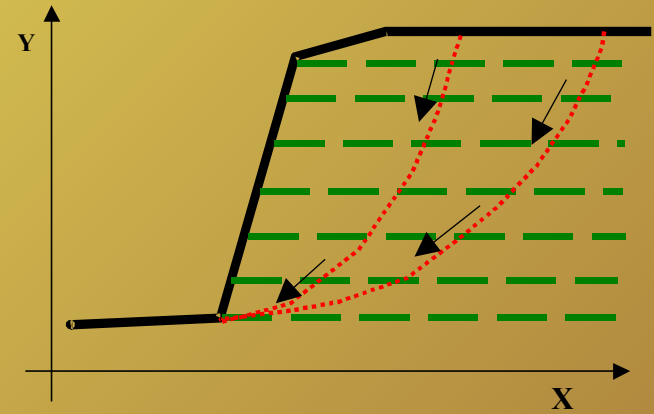
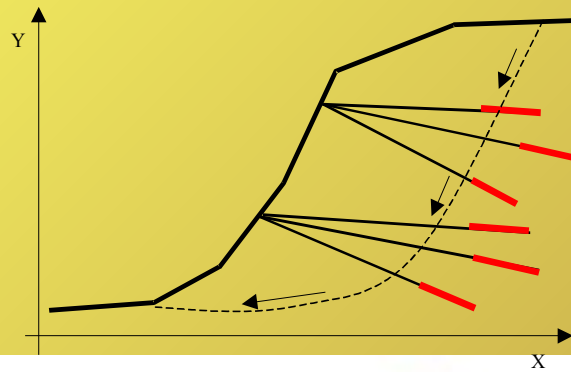
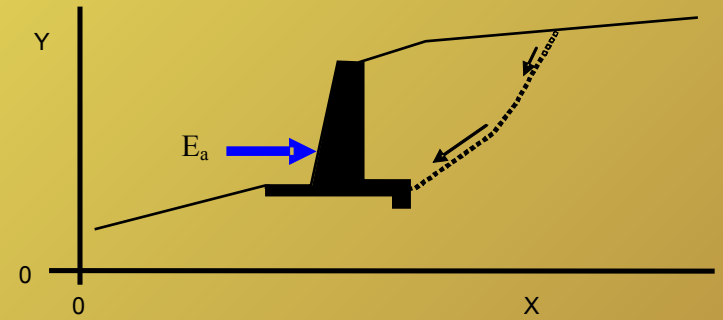
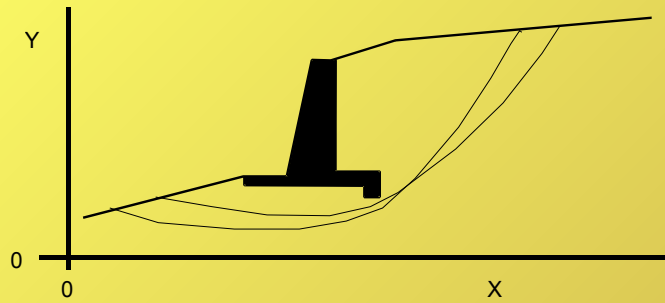
Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autonoma de San Luis Potosi
UASLP

Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx

<http://www.lorenzo-borselli.eu>



Tipi strutture di rinforzo in un pendio



In SSAP è possibile inserire una serie di strutture di sostegno per valutare l'effetto complessivo nell'incremento del grado di stabilità.

Tiranti max 20

Geogriglie/geosintetici max 120

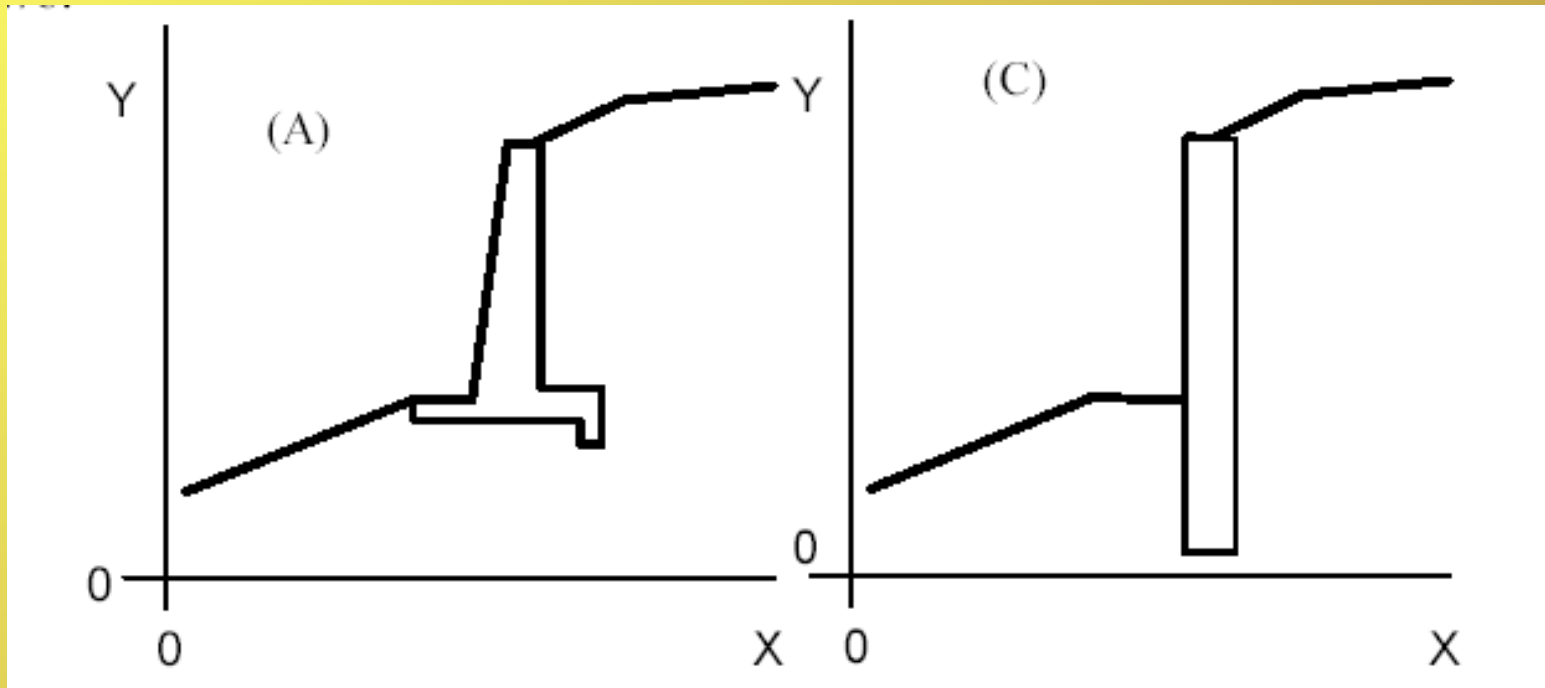
Palificate max 5

Muri o strutture di contenimento locale (limitate dal max numero strati)

Ogni struttura viene inserita nel modello del pendio attraverso una specifica parametrizzazione geometrica e meccanica, a seconda del modello adottato, per valutare gli effetti sulla stabilità.

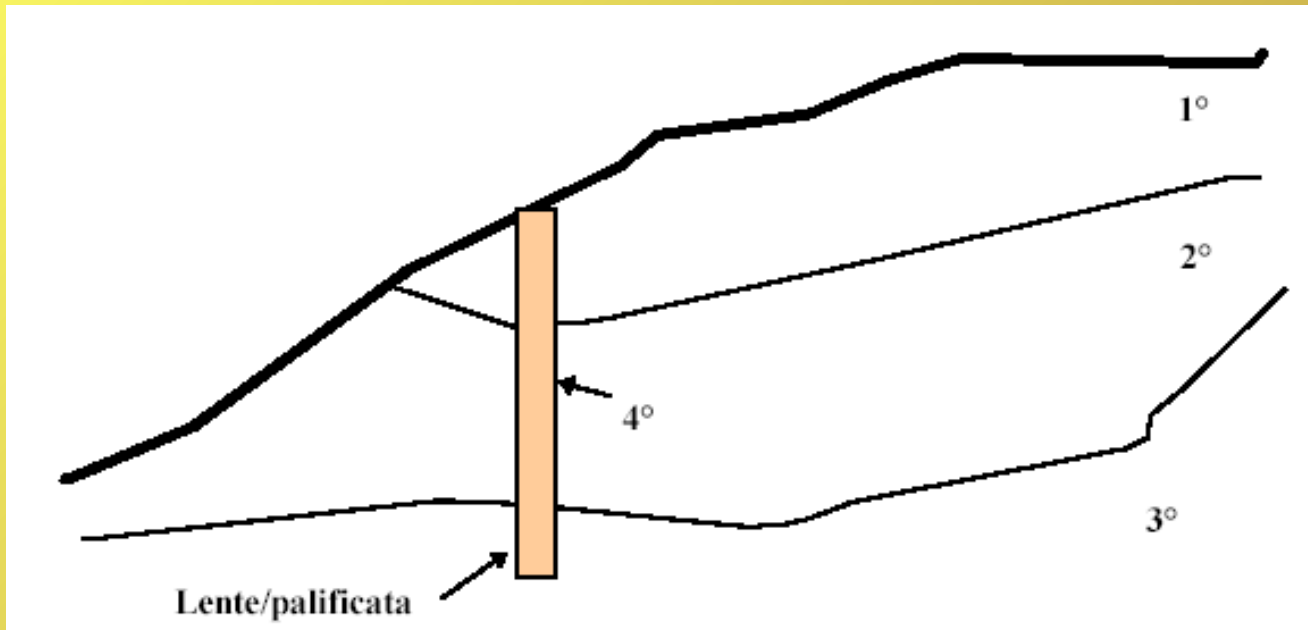
Nel caso della stabilità globale di muri di sostegno si procede invece in un modo diverso.

Elementi strutturali di contenimento e stabilizzazione



Inserimento elementi strutturali 3D
attraverso la loro sezione verticale in 2D
Ogni elemento è definito come una LENTE
entro uno strato
Per ogni elemento conviene definire
La sua resistenza al taglio equivalente (kPa)

Elementi strutturali di contenimento e stabilizzazione



Inserimento elementi strutturali 3D
attraverso la loro sezione verticale in 2D
Ogni elemento è definito come una LENTE
entro uno strato
Per ogni elemento conviene..
La sua resistenza al taglio equivalente (kPa)

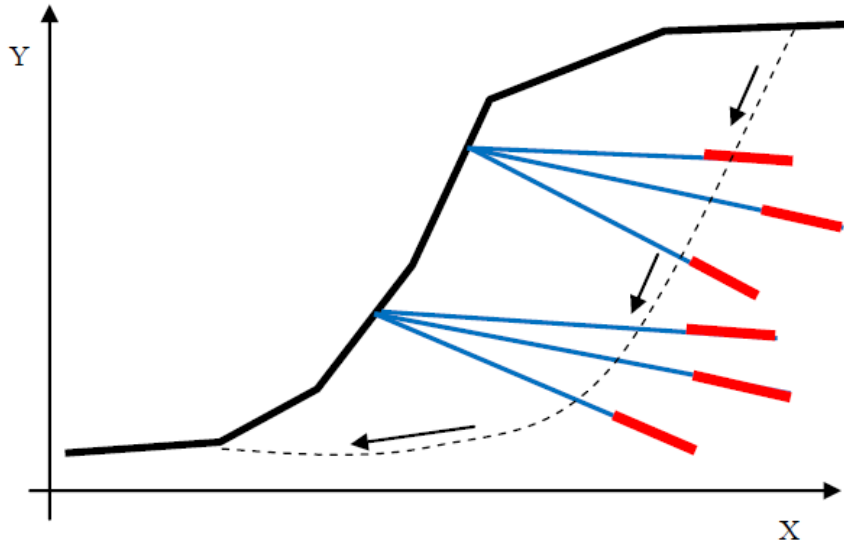
Tiranti

Secondo le RACCOMANDAZIONI ISRM (1993) il termine Tirante si riferisce "all'insieme composto da armatura, malta, dadi di bloccaggio, piastra di ripartizione, ecc , utilizzati per il rinforzo del terreno oppure come trasferimento al terreno di carichi esterni".

Tali strutture sono solitamente utilizzate per incrementare la stabilità di un pendio e per ancorare opere di sostegno a un substrato generalmente ad elevate proprietà meccaniche (es. roccia). L'azione dei tiranti , solitamente in gruppo, è in pratica una azione di tipo stabilizzante che ha influenza sul coefficiente di sicurezza complessivo del pendio ove essi sono posizionati.

Secondo la normativa vigente per ciascuno dei tiranti è previsto una tensione o resistenza di progetto (espressa in Tonnellate o kN/m) ricavata mediante opportune prove di carico fino a rottura o sfilamento(RACCOMANDAZIONI ISRM , 1993).

Tiranti

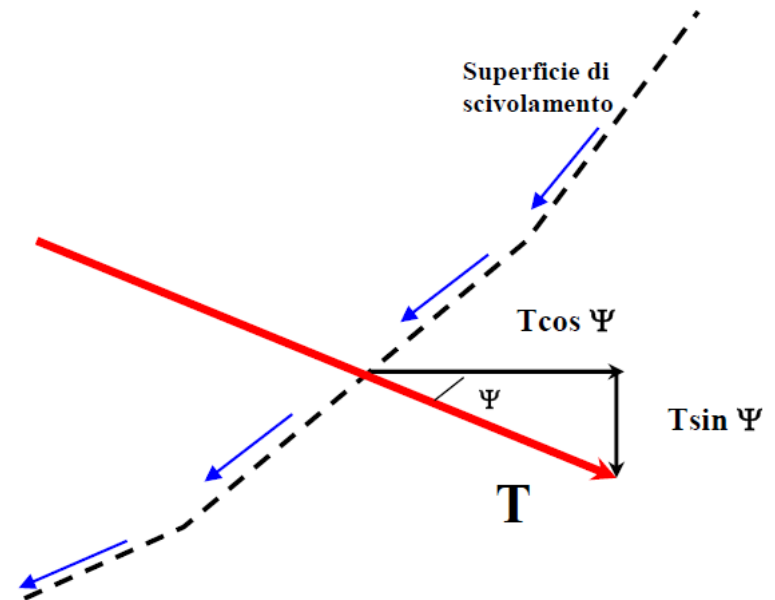


TIRANTE PASSIVO

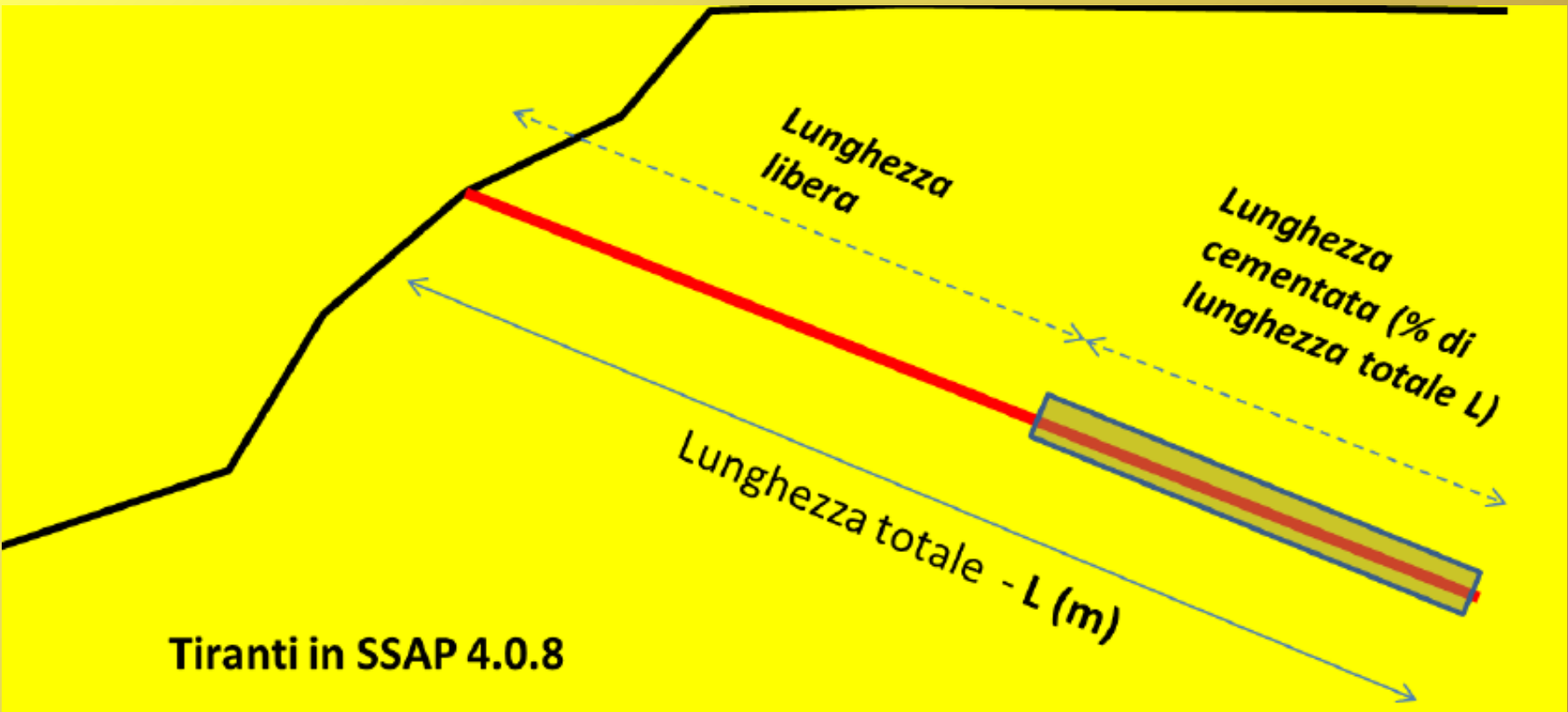
$$F_s = \frac{\text{Forze resistenti} + \sum_i T \cos \psi_i}{\text{Forze agenti}}$$

$$F_s = \frac{\text{Forze resistenti}}{\text{Forze agenti} - \sum_i T \cos \psi_i}$$

TIRANTE ATTIVO

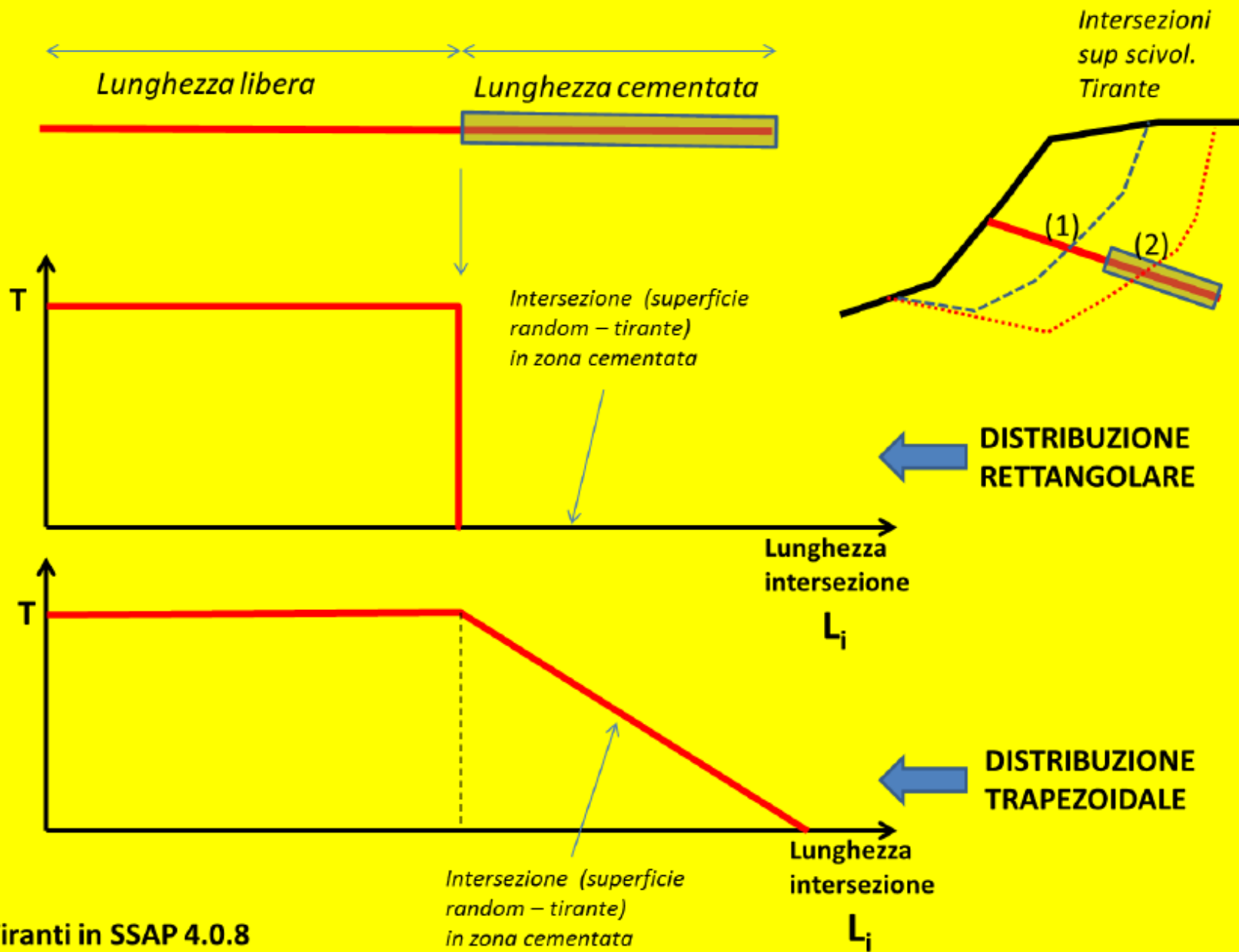


Tiranti



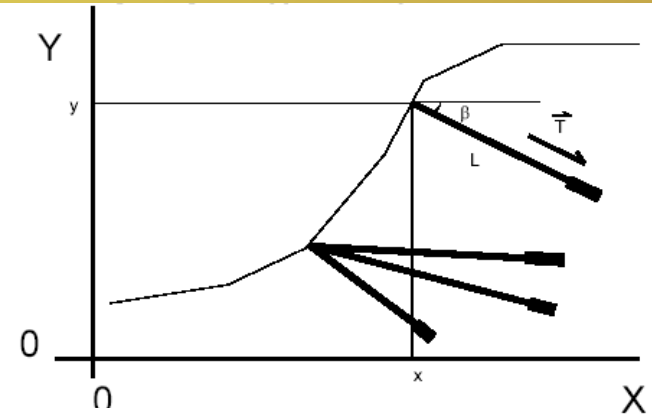
Tiranti in SSAP 4.0.8

Tirant



Modello del pendio - tiranti files .TIR

X	(in m)
Y	(in m)
Angolo - β	(in gradi)
Lunghezza totale - L	(in m)
Carico - T	(in kN/m)
% lunghezza cementata - Lc	(in %)



35	25	-20	20	500	20
50	30	-10	20	500	20
60	45	-25	40	500	30
80	55	-40	30	500	40

Nella **prima e nella seconda colonna** sono indicate rispettivamente le coordinate X ed Y della testa del tirante che devono coincidere con la superficie topografica e sono espresse in metri.

Nella **terza colonna** è indicato l'angolo β che il tirante forma con l'orizzontale (i valori positivi sono convenzionalmente considerati come angoli in elevazione, valori negativi in depressione) espresso in gradi.

Nella **quarta colonna** è indicata la lunghezza L del tirante (parte di armatura libera + lunghezza di armatura incorporata con la cementazione) espressa in metri.

Nella **quinta colonna** è indicato il carico T di progetto o la resistenza massima di progetto del tirante espressa in kN/m (1 T/m è equivalente a circa 10 kN/m).

Nella **sesta colonna** è indicato la percentuale (%) della lunghezza totale L , indicata nella quarta colonna, che risulta cementata¹

N.B: Il numero delle righe complessive è pari al numero dei tiranti presenti....

Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE File .TIR -

Tiranti

Coord. Testa tiranti

(19,27)

[1]

(17,23.5)

[2]

L=15 m
T=150 kN
 $\beta = -20^\circ$
%c= 30%

Creazione File Dati Tiranti

1	17.00	23.50	-20.00	15.00	150.00	30.00
2	19.00	27.00	-20.00	15.00	150.00	30.00

Coordinata X Testa: 19.00 Angolo (°): -20.00 Forza (kN): 150.00
Coordinata Y Testa: 27.00 Lunghezza (m): 15.00 % lunghezza cementata: 30.00

Scrivi Dati Tirante Cancella Ultimo

MAKEFILES 3.2
By L.BORSELLI (2007,2011)

GENERATI DATI TIRANTE n. 2

Fai Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

✓ Salva Scheda e ESCI ✗ Annulla Scheda e ESCI

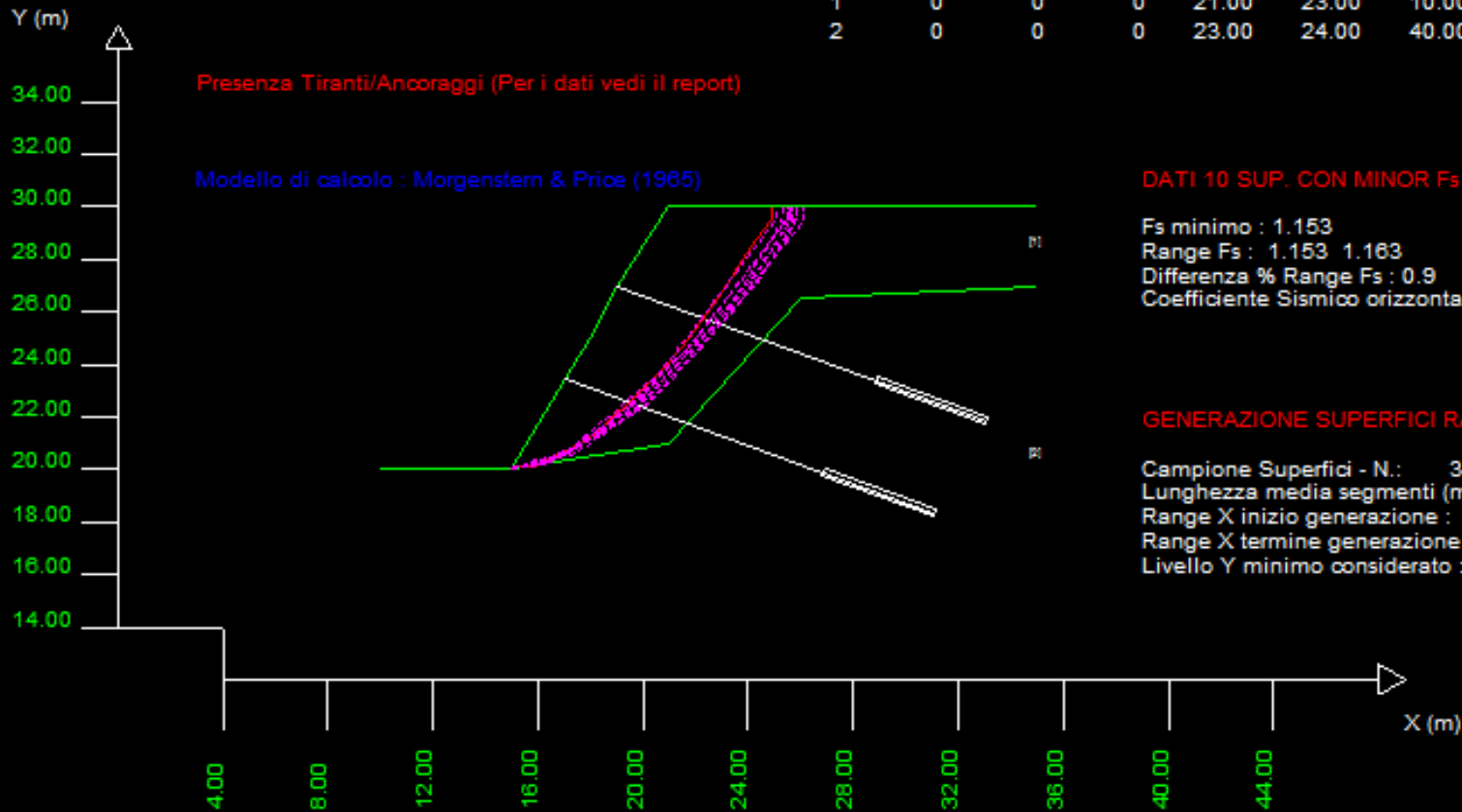
CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Data : 7/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	0	0	0	21.00	23.00	10.00	20.00	18.00	1.00
2	0	0	0	23.00	24.00	40.00	50.00	18.00	1.00



Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)

Modello di calcolo : Morgenstem & Price (1965)

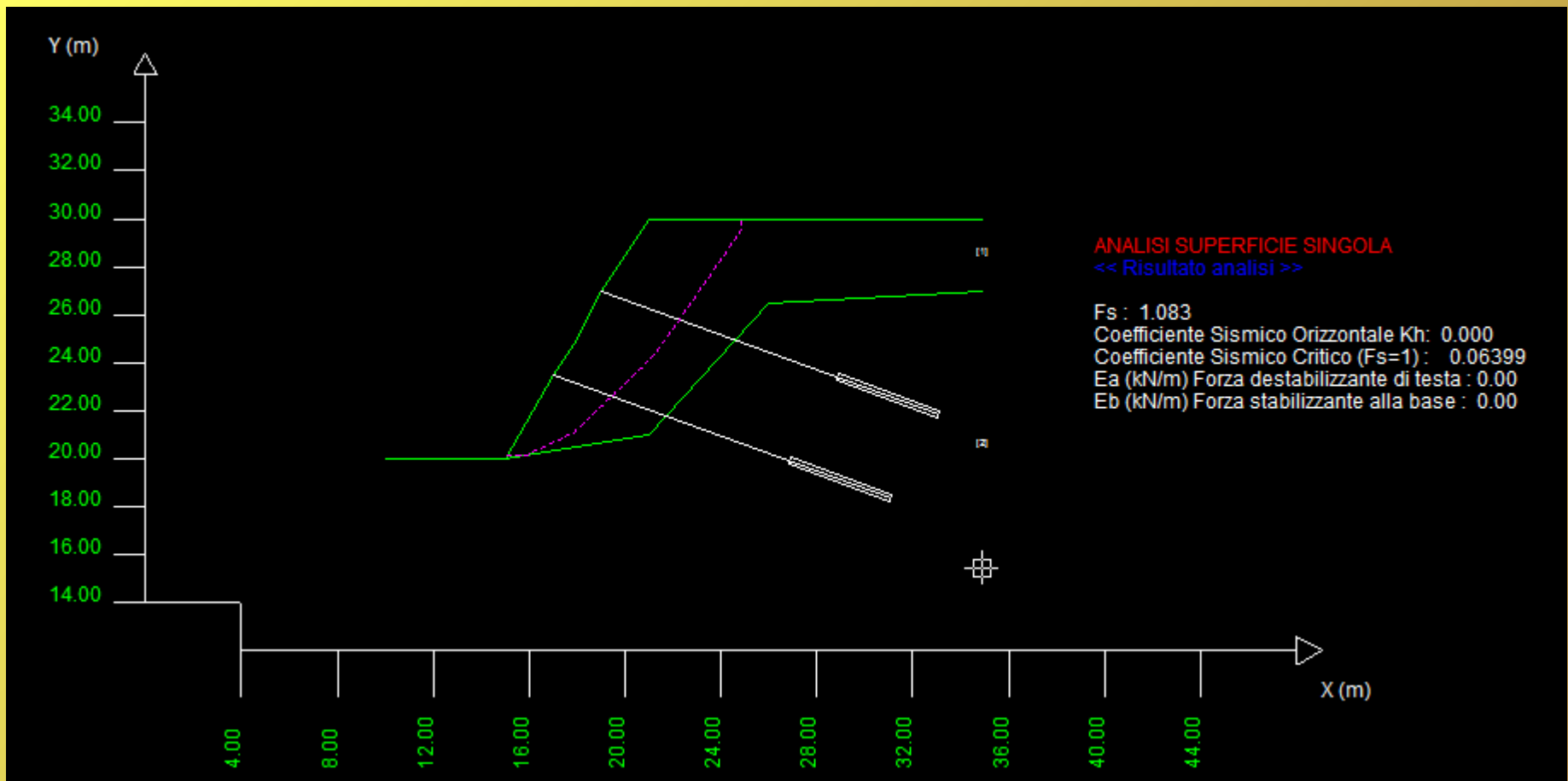
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.153
 Range Fs : 1.153 - 1.163
 Differenza % Range Fs : 0.9
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 3228
 Lunghezza media segmenti (m) : 1.0
 Range X inizio generazione : 10.0 - 20.0
 Range X termine generazione : 12.5 - 34.5
 Livello Y minimo considerato : 14.0

Risultato della verifica (tiranti passivi): FS=1.153
 10 superfici con minor FS di 3228 generate e calcolate



Risultato della verifica (tiranti attivi): $FS=1.083$
 Sup. con minor FS che con tiranti passivi passivi
 aveva $FS=1.153$

Esempi e dettagli e vedasi esercizio 4

Esempio pendio di 3 stati con falda e sistema di 2 tiranti con ancoraggio in strato profondo resistente

Cartella: `..\corso_avanzato\popi_08\popi_bd.mod`

Scenario di verifica:

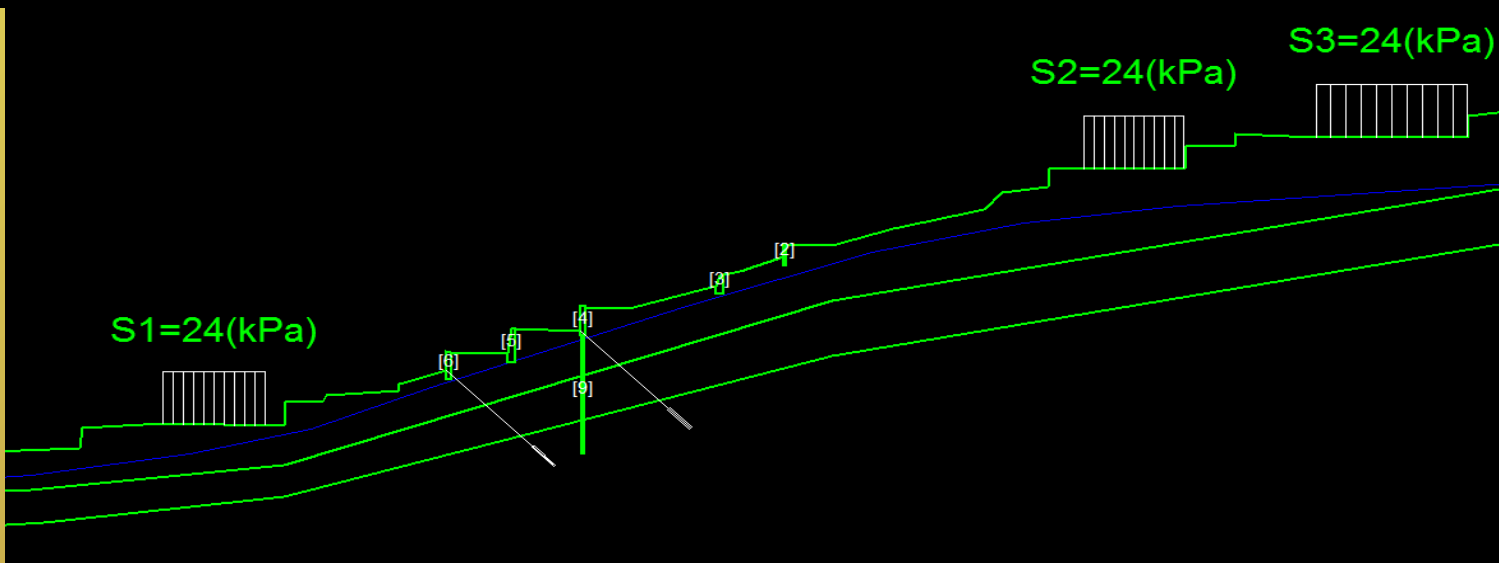
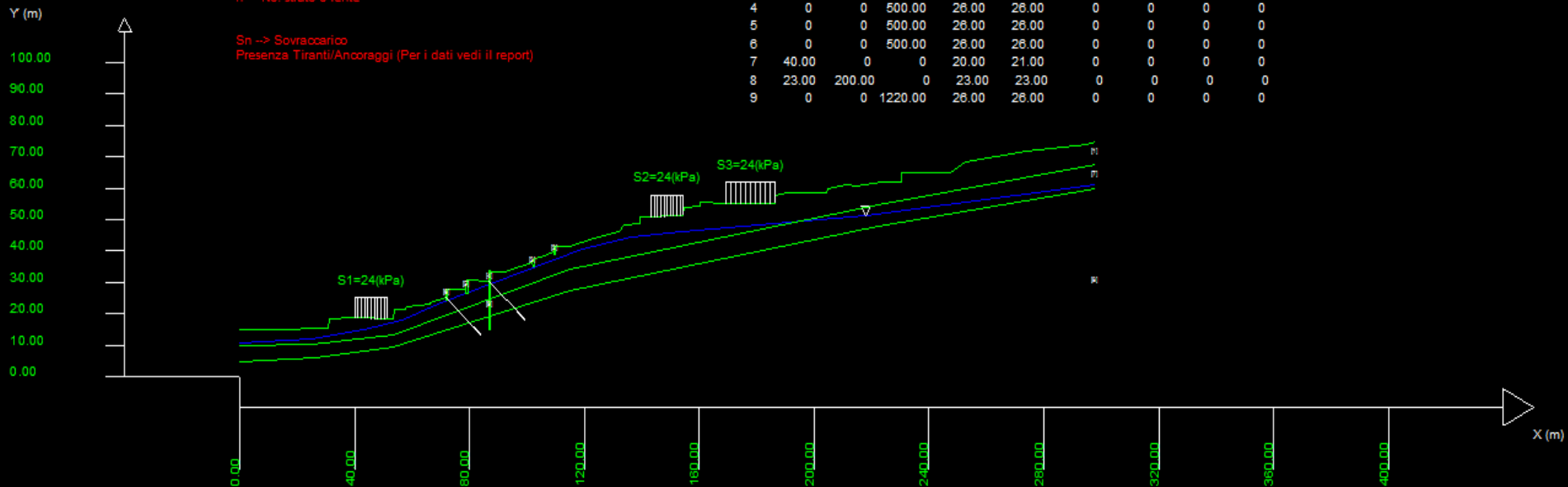
Condizioni particolari: e cambio della
Caratteristiche dei tiranti e aumento dei tiranti

Condizioni opzionali: condizioni sismiche, simulare risalita falda

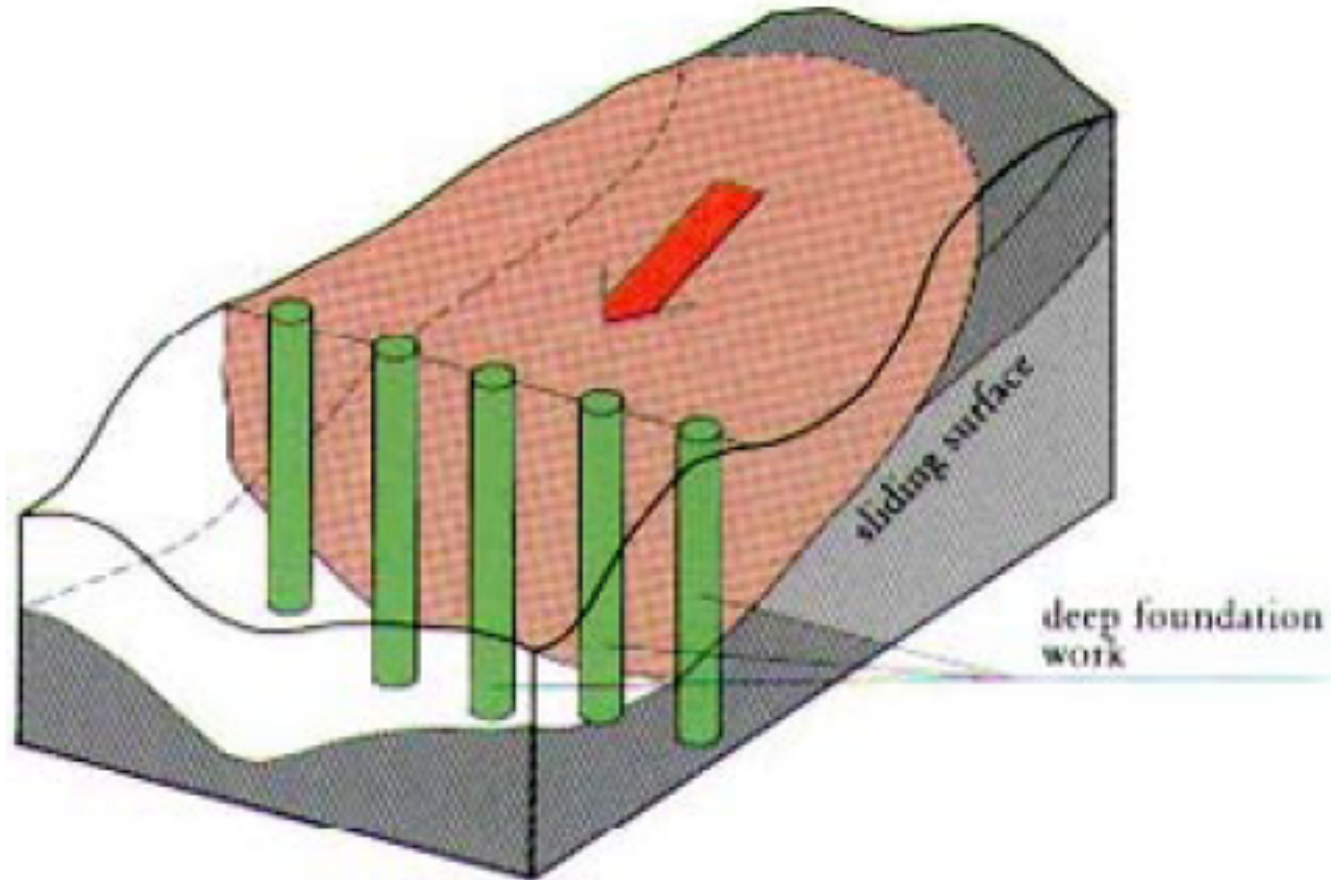
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	28.00	5.00	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	0	0	500.00	26.00	26.00	0	0	0	0
3	0	0	500.00	26.00	26.00	0	0	0	0
4	0	0	500.00	26.00	26.00	0	0	0	0
5	0	0	500.00	26.00	26.00	0	0	0	0
6	0	0	500.00	26.00	26.00	0	0 <td>0</td> <td>0</td>	0	0
7	40.00	0	0	20.00	21.00	0	0	0	0
8	23.00	200.00	0	23.00	23.00	0	0	0	0
9	0	0	1220.00	26.00	26.00	0	0	0	0

Data : 24/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Sn -> Sovraccarico
 Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)



INTERAZIONE PALIFICATE PENDIO IN SSAP 2010

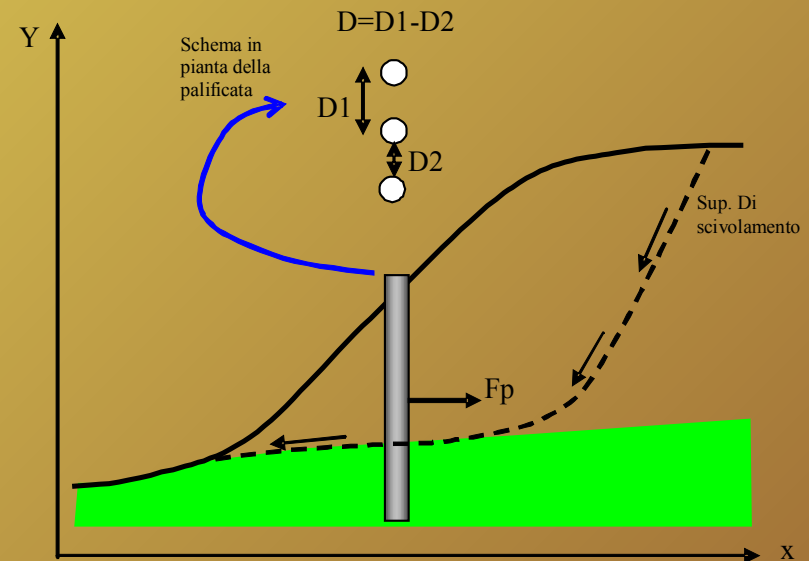
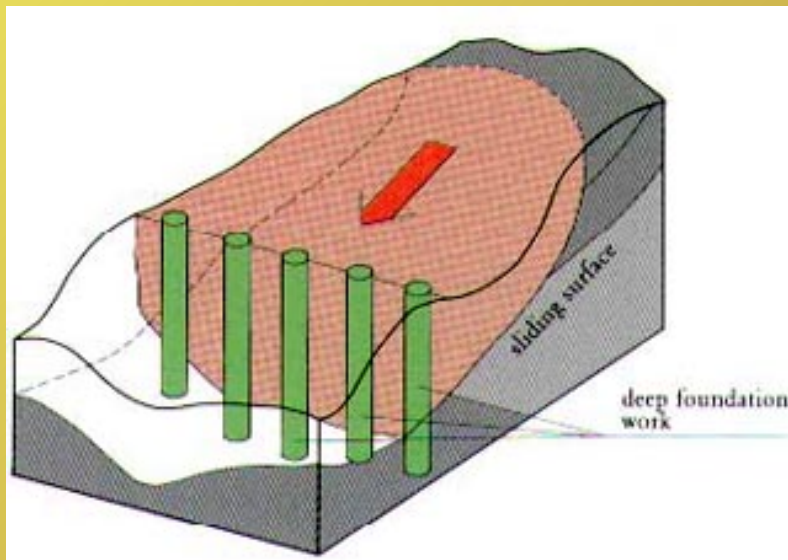


CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

palificate

Le palificate, nella forma di una o più file di pali, sono una tecnica frequentemente adottata negli interventi di stabilizzazione di pendii. Ogni fila di pali inserita per una certa profondità nel pendio, attraversando la potenziale superficie di scivolamento, e inserendosi saldamente e profondamente entro un livello con adeguata resistenza meccanica, è in grado di esercitare (mobilitare) una forza di reazione F_p opposta al movimento che permette di aumentare il fattore di sicurezza globale del pendio.



STEPS analisi con PALI in SSAP 2006/2010

1. spinta massima a cui la palificata viene sottoposta per effetto del terreno che si deforma plasticamente all'intorno dei pali.
2. **Uso della forza di spinta massima così determinata come forza resistente aggiunta che la palificata è in grado di mobilitare.**
3. Calcolo di un nuovo fattore di sicurezza F_s che tenga conto di questo effetto aggiuntivo.



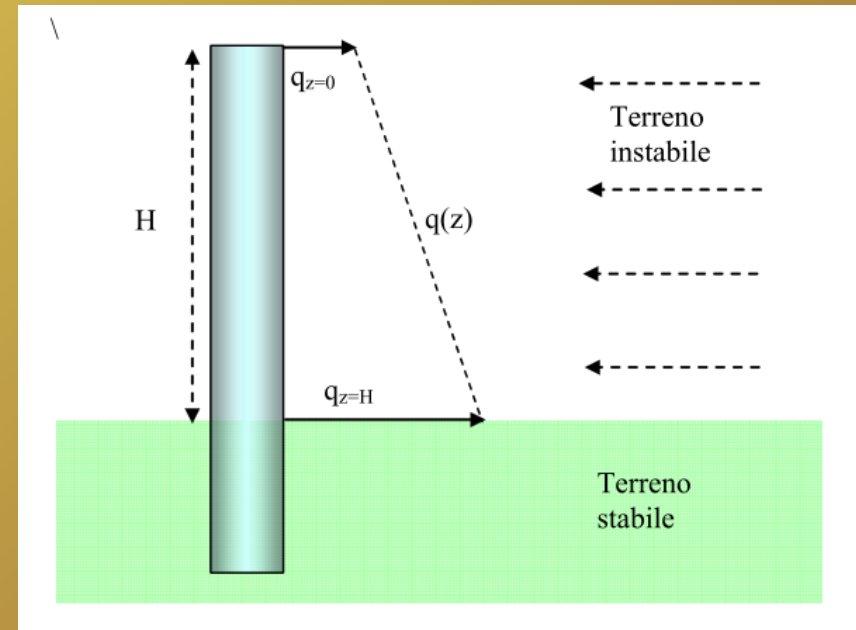
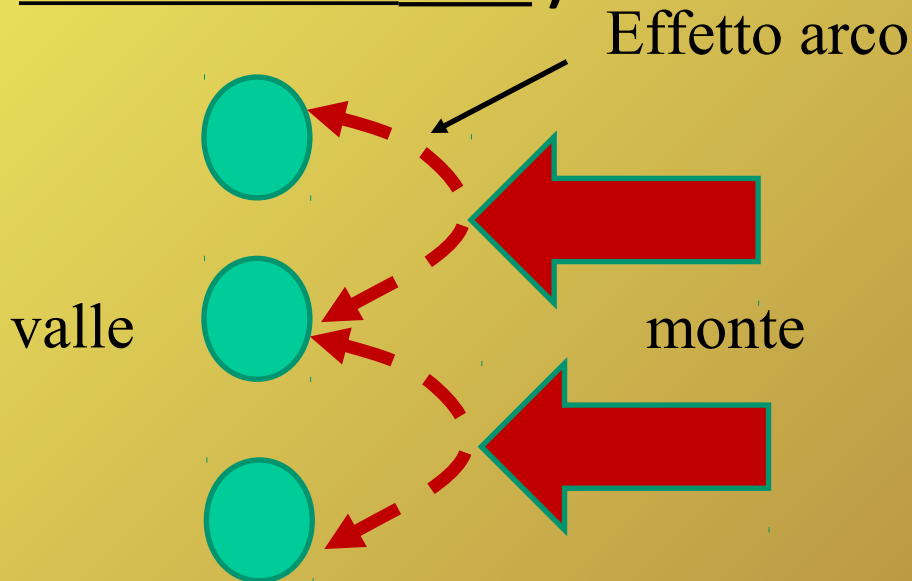
Successiva Interazione con analisi strutturale

Nel caso che F_s risulti adeguato si effettua successivamente una **analisi strutturale** alle differenze finite della deformata del palo, dei momenti flettenti e della forza di taglio in funzione della profondità dalla superficie. Questa analisi strutturale (distinta dalla analisi all'equilibrio limite) permette di verificare se tali grandezze sono compatibili con le caratteristiche strutturali dell'opera. In caso contrario l'analisi ai punti 1, 2 e 3 viene ripetuta con caratteristiche geometriche della palificata diverse.

Metodo

Ito Matsui (1975-1981) - Hassiotis et al. (1997) - Kumar et Hall. (2006)

- 1) al di sopra della superficie di scorrimento assunta i pali sono sottoposti a carichi noti e pari ai valori indicati al punto 1 precedente.
- 2) Al di sotto della superficie di scorrimento i pali sono assimilati a travi su suolo elastico. A questa ipotesi possono essere associate ipotesi aggiuntive sulla cinematica della testa dei pali: come la possibilità di avere la testa dei pali bloccata o libera alla traslazione o alla rotazione.
- 3) Il terreno instabile è contenuto dalla azione esercitata dai pali
- 4) Le sollecitazioni dei pali sono pari a quelle ammissibili. (salvo poi fare una verifica STRUTTURALE).



Hassiotis et al. (1997)

La forza di reazione massima mobilitata offerta dalla palificata viene calcolata con la metodologia adottata da Ito e Matsui(1981) e successivamente modificata parzialmente da Hassiotis et al. (1997).

Viene prima calcolata la funzione di distribuzione con la profondità $q(z)$ della forza, per strato di spessore unitario, che agisce sulla palificata:

$$q(z) = cA \left(\frac{1}{N_p \tan \phi} \{E - 2N_p^{0.5} \tan \phi - 1\} + B \right) - c(D_1 B - 2D_2 N_p^{-0.5}) + \frac{\sigma}{N_p} (AE - D_2) \quad (2.15)$$

dove:

$$N_p = \tan^2 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right] ; \quad A = D_1 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{N_p^{0.5} \tan \phi + N_p - 1} ; \quad B = \frac{2 \tan \phi + 2N_p^{0.5} + N_p^{-0.5}}{N_p^{0.5} \tan \phi + N_p - 1}$$

$$E = \exp \left[\frac{D_1 - D_2}{D_2} N_p \tan \phi \tan \left(\frac{\pi}{8} + \frac{\phi}{4} \right) \right]$$

e dove:

D_1 = interasse tra i pali (m)

D_2 = apertura tra i pali (m)

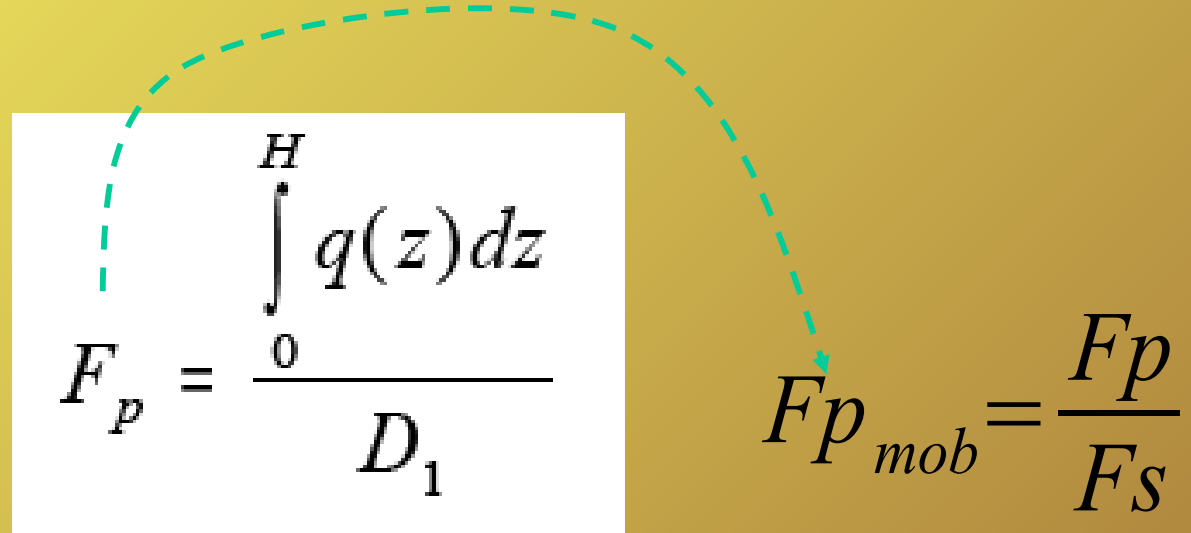
D = diametro dei pali (m)

σ = pressione litostatica calcolata alla profondità z dalla superficie (kPa)

c = valore medio della coesione fino alla profondità z (kPa)

ϕ = angolo di attrito interno medio calcolato fino alla profondità z

Per avere la forza di spinta totale agente F_p (kN/m) fino alla superficie di scorrimento, che localmente è profonda H la eq. (2.15) deve essere integrata da 0 a H e successivamente divisa per l'interasse della palificata D_1 :



The diagram illustrates the calculation of the total active earth pressure force F_p . It shows a dashed blue arc representing the integration path from $z=0$ to $z=H$. The equation for F_p is shown in a white box:

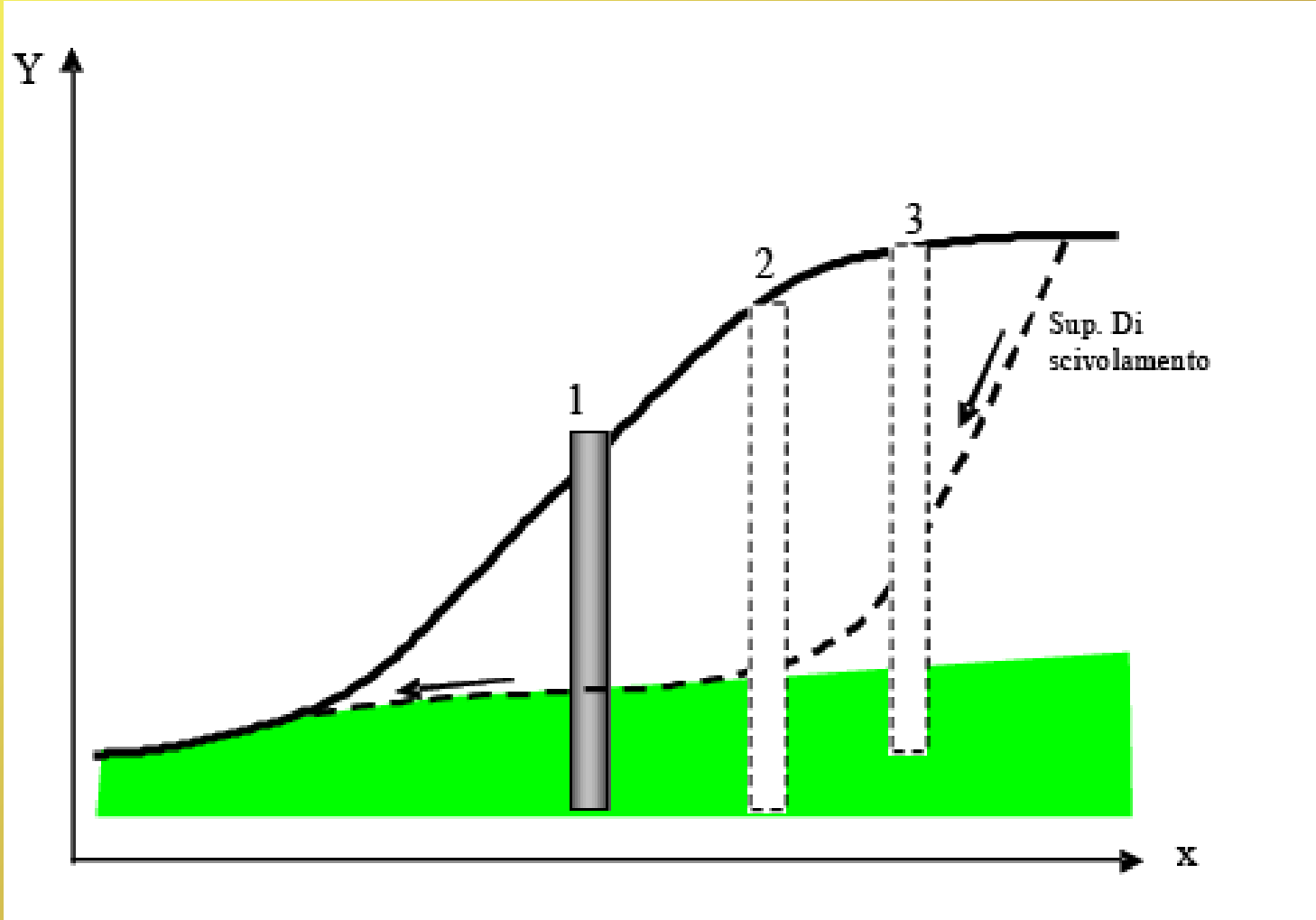
$$F_p = \frac{\int_0^H q(z) dz}{D_1}$$

To the right of the box, the mobilized force is defined as:

$$F_{p_{mob}} = \frac{F_p}{F_S}$$

Il valore di F_p andrà a incrementare il contributo delle forze orizzontali resistenti nel calcolo di F_s . Tale valore dipenderà dalla complessa interazione delle caratteristiche geometriche e meccaniche del pendio, e dalle caratteristiche geometriche della palificata, nonché dal suo posizionamento all'interno del pendio. Poi, durante la fase di calcolo, F_p viene divisa per il fattore di sicurezza in quel momento calcolato..

Possibili posizionamenti palificate (fino a 5 linee contemporaneamente)



É tuttavia importante ricordare che:

1. Nel caso di palificate di lunghezza insufficiente alcune superfici profonde possono ugualmente rendere instabile un pendio.

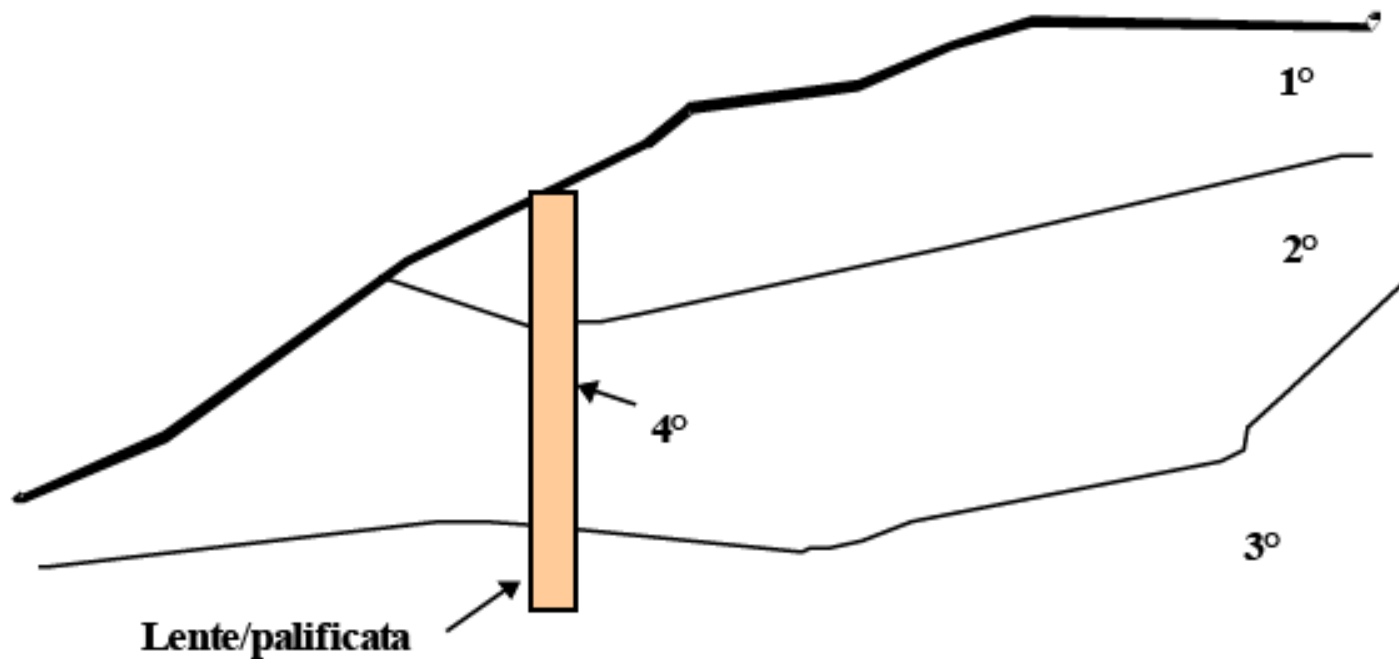
2. La superficie critica trovata per un pendio senza pali di sostegno può non esserlo più in presenza di una palificata.

3. Esistono vari criteri di progettazione che suggeriscono le caratteristiche geometriche limite per palificate, paratie di pali e file di fondazioni a Pozzo, oltre il quale gli interventi risultano non economicamente convenienti o comunque sconsigliati.

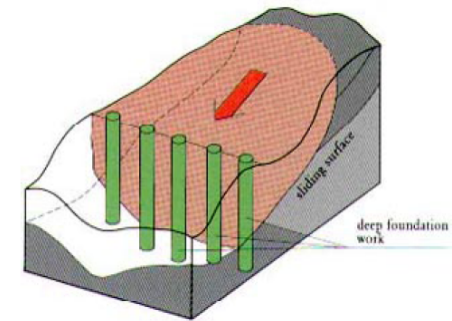
4. E ' necessario sempre accoppiare la analisi mediante l'equilibrio limite fino qui descritta con un analisi strutturale, per verificare che gli sforzi mobilitati dalla palificata per incrementare il valore complessivo di F_s non mettano in crisi la struttura

5. É importante considerare che ogni palificata viene inserita nel pendio anche come un elemento resistente la taglio, con forma e geometria propria come un qualsiasi strato o lente (vedi slides successive)

Inserimento palificata come strato(tipo lente)
Con proprio peso di volume, propria geometria, e
resistenza al taglio



VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO DI UNA PALIFICATA SU PENDIO IN FRANA



Per dettagli Vedasi manuale SSAP – Appendice C

Per una palificata la resistenza al taglio del calcestruzzo armato deve essere moltiplicato per un fattore geometrico ε (compreso tra 0 e 2):

$$\tau_p = \frac{\varepsilon \tau_c}{F_c}$$

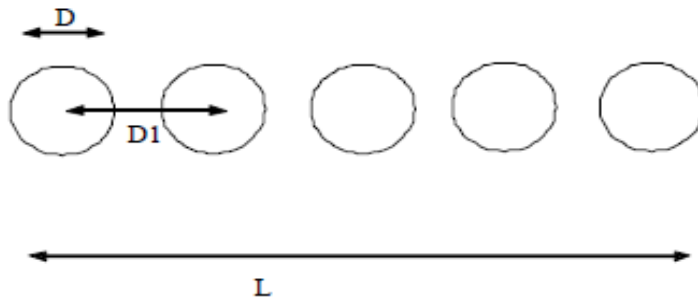
dove :

τ_p = resistenza al taglio della palificata – es. Cu non drenata equivalente (kPa)

τ_c = resistenza al taglio del calcestruzzo armato(Kpa)

F_c = Fattore di sicurezza aggiuntivo (Variabile tra 1 e 3) che puo essere scelto dal progettista in funzione di vari fattori come: qualità del calcestruzzo, aggressività della falda, invecchiamento del materiale, integrità dei pali

Il fattore geometrico ε si calcola con la seguente espressione e dipende dalla geometria della palificata:



$$\varepsilon = \frac{L}{D1} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

dove :

ε = fattore moltiplicativo (adimensionale)

D1 = interasse minimo tra i pali (m)

D = diametro dei pali (m)

L = lunghezza della palificata (m)

Assemblaggio Files .PIL con utility MKFILES.EXE

Crea File Dati Pali

1	30.00	18.00	10.00	0.40	0.80
---	-------	-------	-------	------	------

Coordinata X Testa

Coordinata Y Testa

Lunghezza (m)

Diametro (m)

Distanza Pali (m)

GENERATI DATI PALIFICATA n. 1

MKFILES 3.1.1
by L. Borselli (2007,2010)

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

Modello del pendio - palificate files .PIL

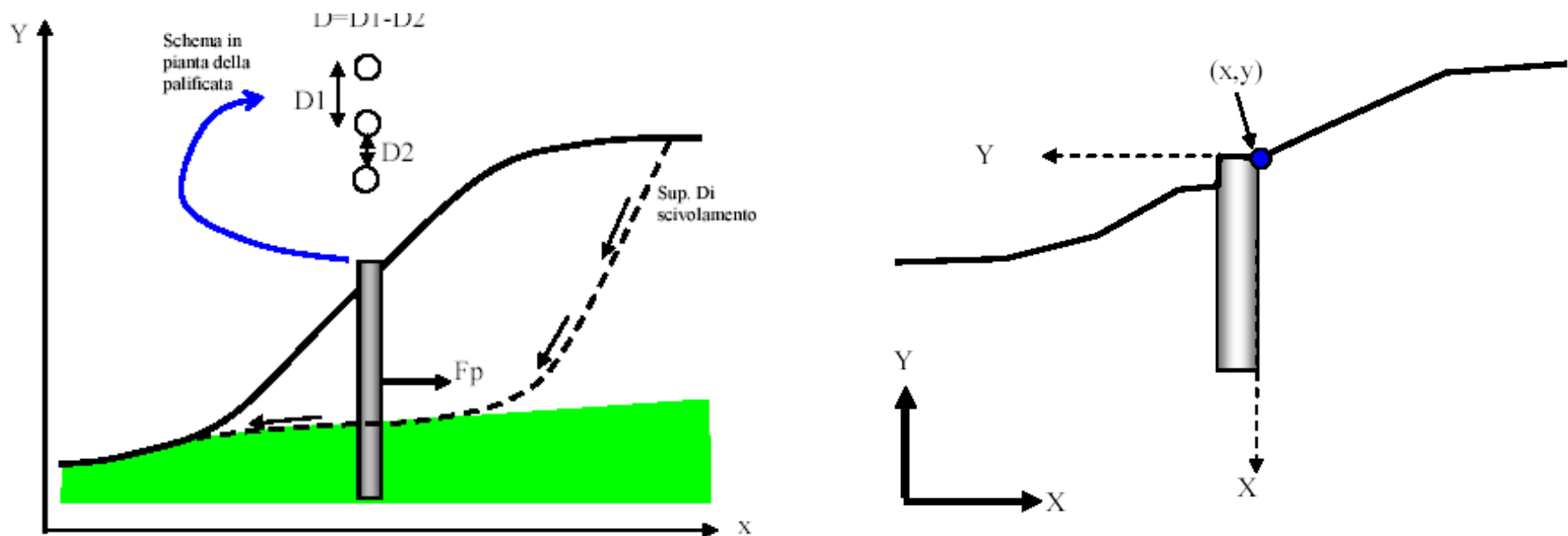
80	25	15.0	0.4	0.6
105	32	12.0	0.8	1.2
120	45	18.0	0.2	0.4

Nella prima e nella seconda colonna sono indicate rispettivamente le coordinate X ed Y dove la palificata interseca la superficie topografica. Tali coordinate sono espresse in metri.

Nella terza colonna è indicata la lunghezza L (in m) della palificata a partire dalla superficie.

Nella quarta colonna è indicato il Diametro D (in m) dei pali che compongono la palificata.

Nella quinta colonna è indicata la distanza D2 (in m) (detta anche apertura) tra i pali (si ricordi che l'interasse tra i pali $D1=D+D2$ è calcolato automaticamente dal programma).



Esempio di sistema di palificate per stabilizzare una vecchia paleofrana.

Cartella esempi: **corso_avanzato\bacch-08\bacch1a7b.mod**

Scenario di verifica: condizioni sismiche ($kh=0.1$) con Superfici che attraversano tutto il sistema di palificate

Condizioni particolari: test eliminando le palificate..

Condizioni opzionali: risalita falda

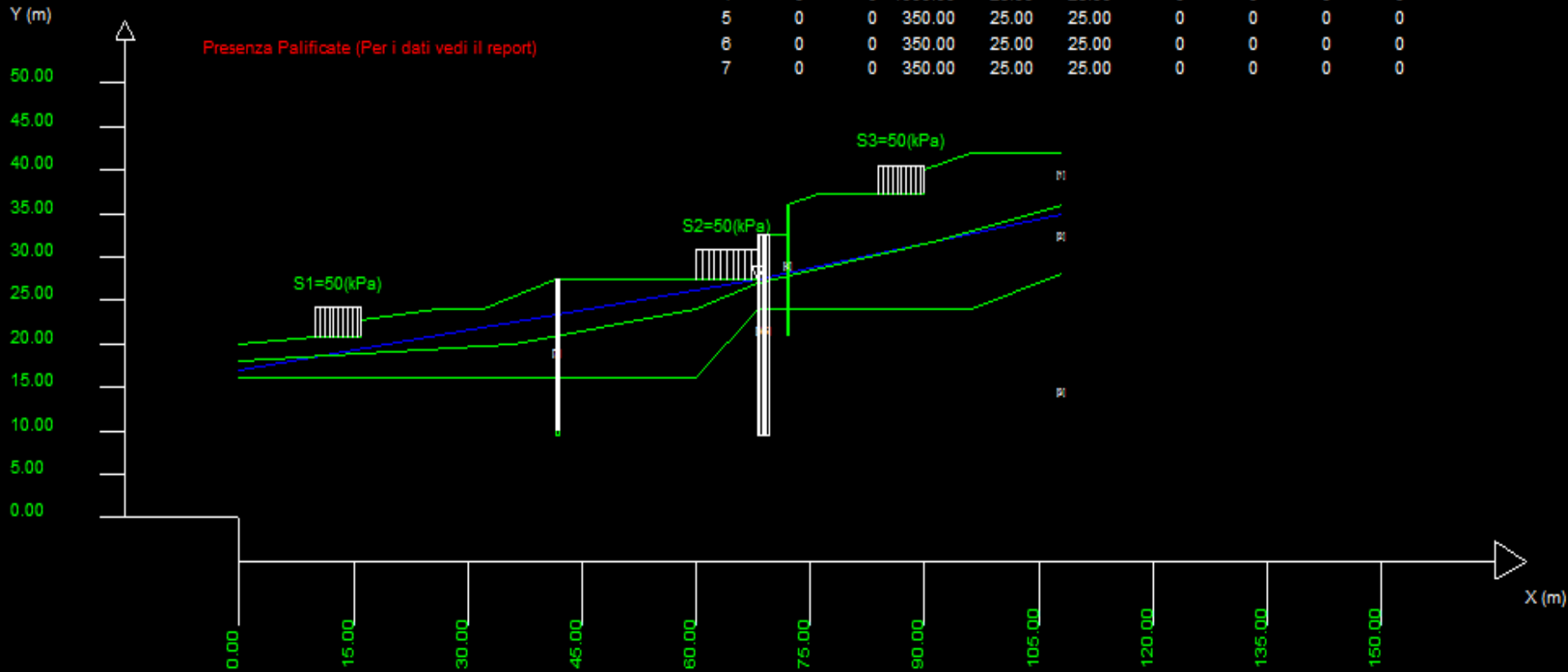
Data : 24/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Sn --> Sovraocarico

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	16.00	2.00	0	16.50	18.00	0	0	0	0
2	21.00	5.00	0	17.50	18.50	0	0	0	0
3	26.00	10.00	0	18.50	19.00	0	0	0	0
4	0	0	1000.00	25.00	25.00	0	0	0	0
5	0	0	350.00	25.00	25.00	0	0	0	0
6	0	0	350.00	25.00	25.00	0	0	0	0
7	0	0	350.00	25.00	25.00	0	0	0	0



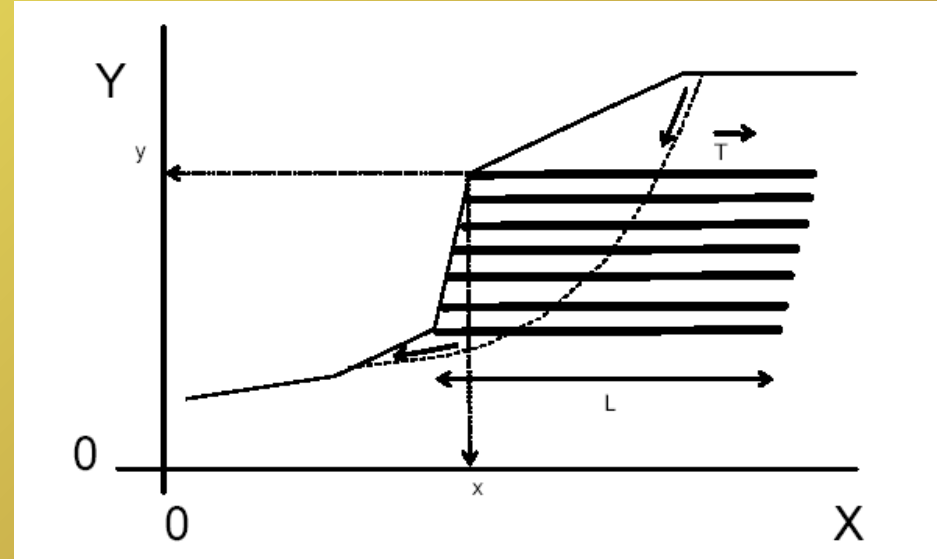
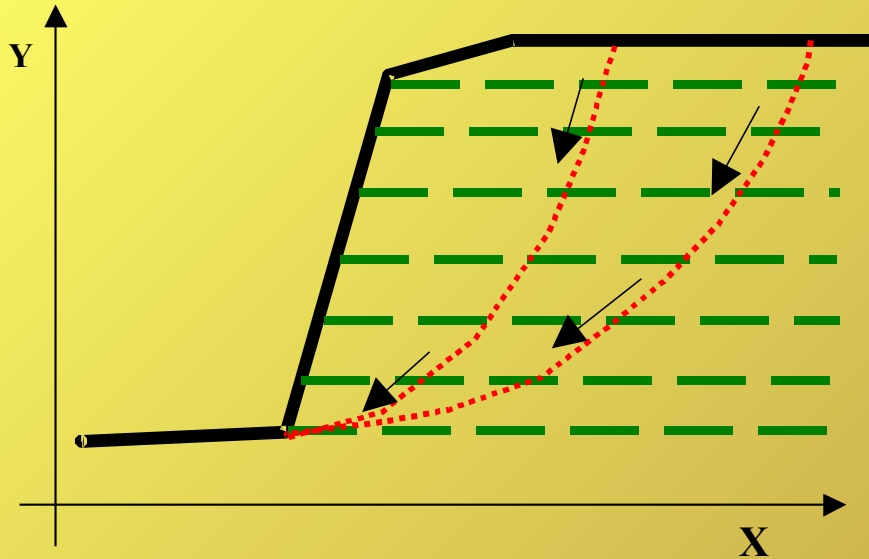
geogriglie

Le strutture in terra rinforzata sono correntemente utilizzate per la stabilizzazione di scarpate artificiali e rilevati..

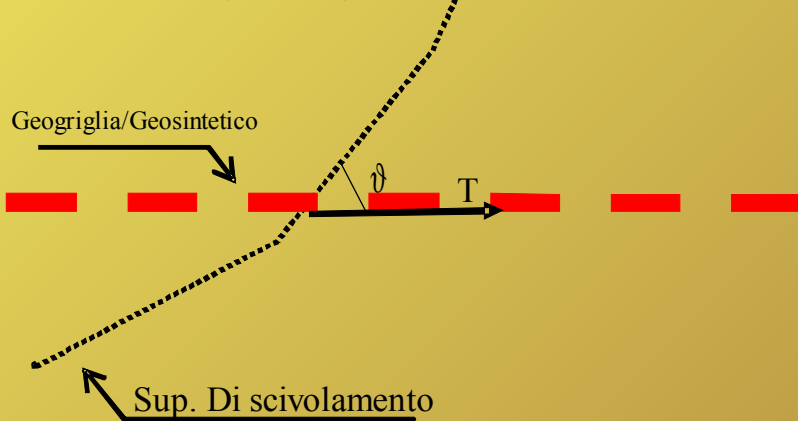
La stabilità complessiva di un pendio dove è presente un sistema di geogriglie deve essere effettuata tenendo conto della tensione o resistenza massima di progetto, della posizione, lunghezza di ciascuna delle geogriglie presenti e della interazione con le varie superfici di scivolamento possibili

La resistenza massima unitaria di progetto e la lunghezza di ogni geogriglia deve essere determinata mediante i correnti metodi di progettazione che tengono conto della stabilità interna dell'opera (collasso, superamento di resistenza delle armature, sfilamento ecc.). Vedasi a questo proposito: Jewell (1990,1991), Greenwood(1990), FHWA (1997,2009).

geogriglie

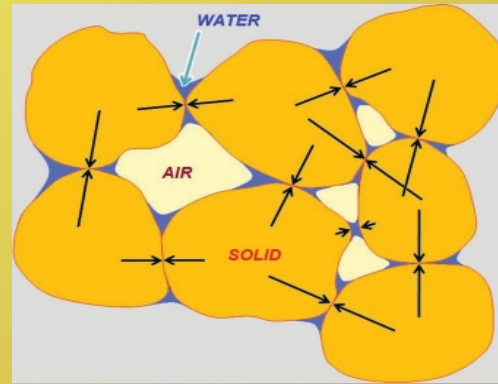


**Notazione introdotta e usata
In SSAP 2003(rel 2.9)**



X	(in m)
y	(in m)
Lunghezza - L	(in m)
Res. Unit.	(in kN/m)
Trazione T	
Coeff. fb	(adimensionale)
Coeff α	(adimensionale)
Lunghezza risolto Lw	(in m)

Principi fisici di interazione terreno e armature e funzionamento delle terre armate - alternativa alla fisica dei castelli di sabbia (Leshchinsky, 2010)



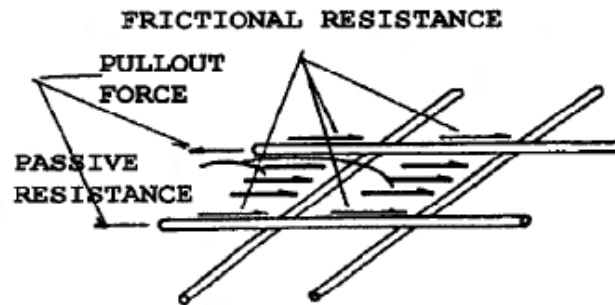
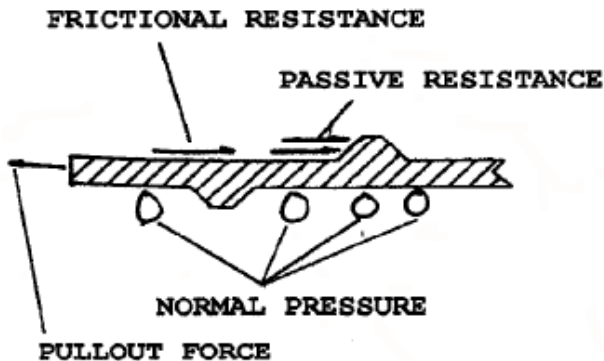
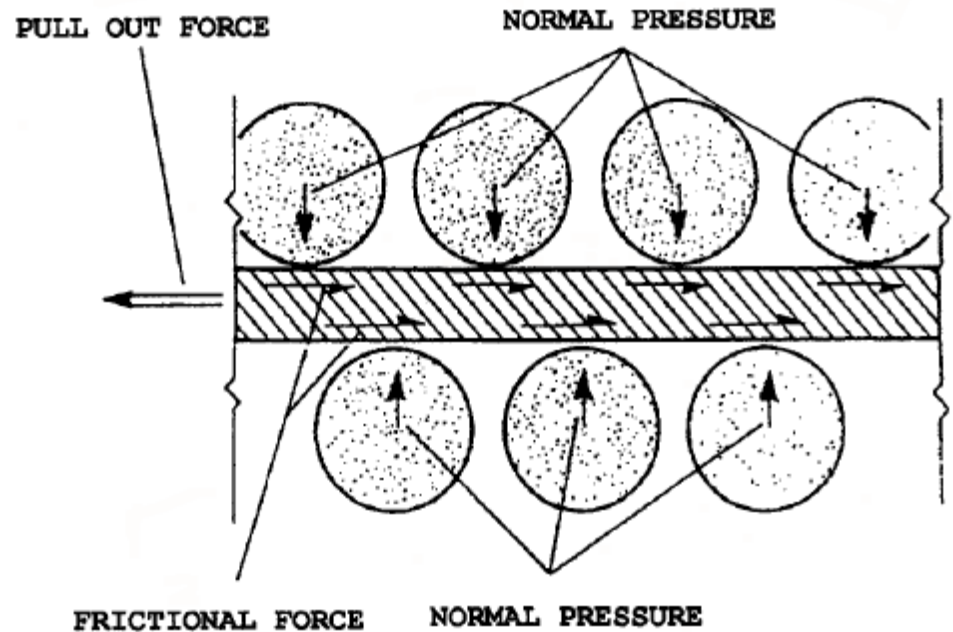
“.. Non ci si deve meravigliare che alcuni ingegneri geotecnici considerano la coesione come “l’invenzione del diavolo” (es. Un poco di coesione rende stabile anche un pendio sabbioso a forte pendenza). Affidandosi però a questo concetto sbagliato si può arrivare al disastro..“

“fortunatamente l’alternativa alla coesione apparente (dovuta alla suzione n.d.t.) è il rinforzo dei geosintetici. Esso ha un impatto equivalente della coesione, perchè questi materiali costruiti dall’uomo sono prevedibili affidabili, durevoli e possono essere facilmente integrabili nell’analisi geotecnica..”

Da : Leshchinsky D. 2010. Geosynthetic reinforced walls and steep slopes: *Is it magic?*.
http://geosyntheticsmagazine.com/articles/0610_f2_slopes.html

Interazione base terreno struttura

Attrito per sviluppo di res. Passiva



B) SOIL PASSIVE (BEARING) RESISTANCE ON REINFORCEMENT SURFACES

interazione terreno e armature e geometrie opera : un sistema complesso ...

Caratteristiche terreno e stato tensionale interno opera in terra

Interazione tra geotessile e terreno

Resistenza tensionale ultima e di progetto del geotessile

Resistenza allo sfilamento del geotessile (pullout)

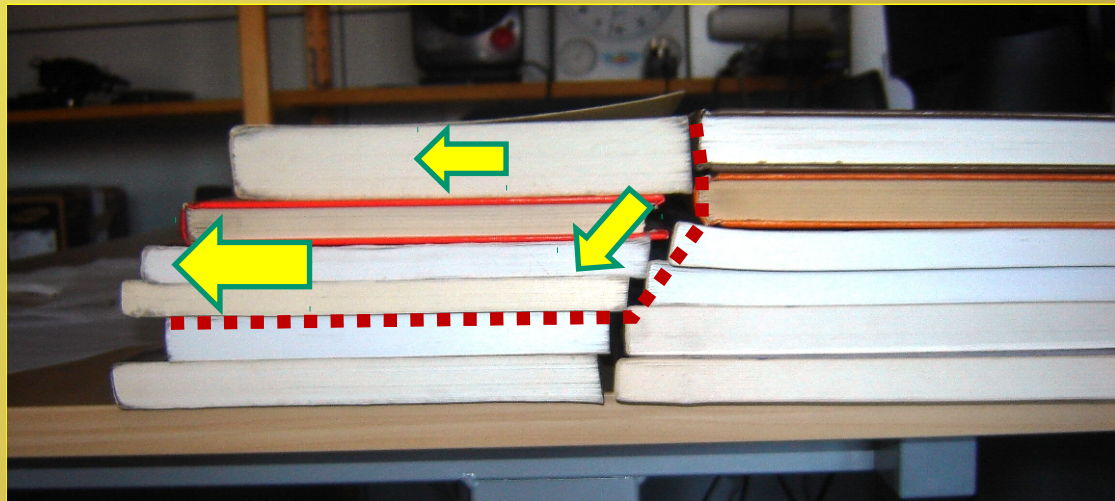
.....

Distribuzione Spinta attiva e suo contrasto a opera del sistema dei rinforzi

Protezione superficie esterna da erosione e progetto contenimento

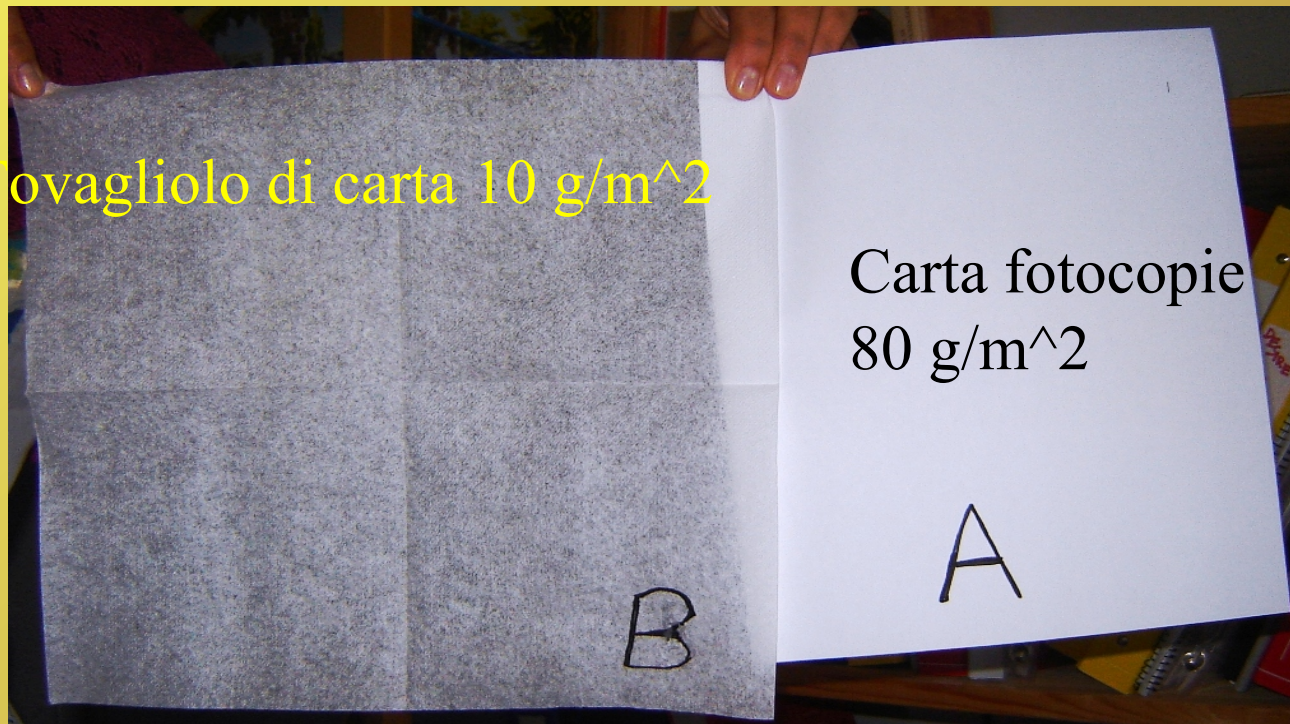
Geometria opera e progetto sistema dei rinforzi e paramento

Cenni Principi fisici di interazione terreno e armature: simulazione effetti geotessile



Pseudo pendio

Fovagliolo di carta 10 g/m²

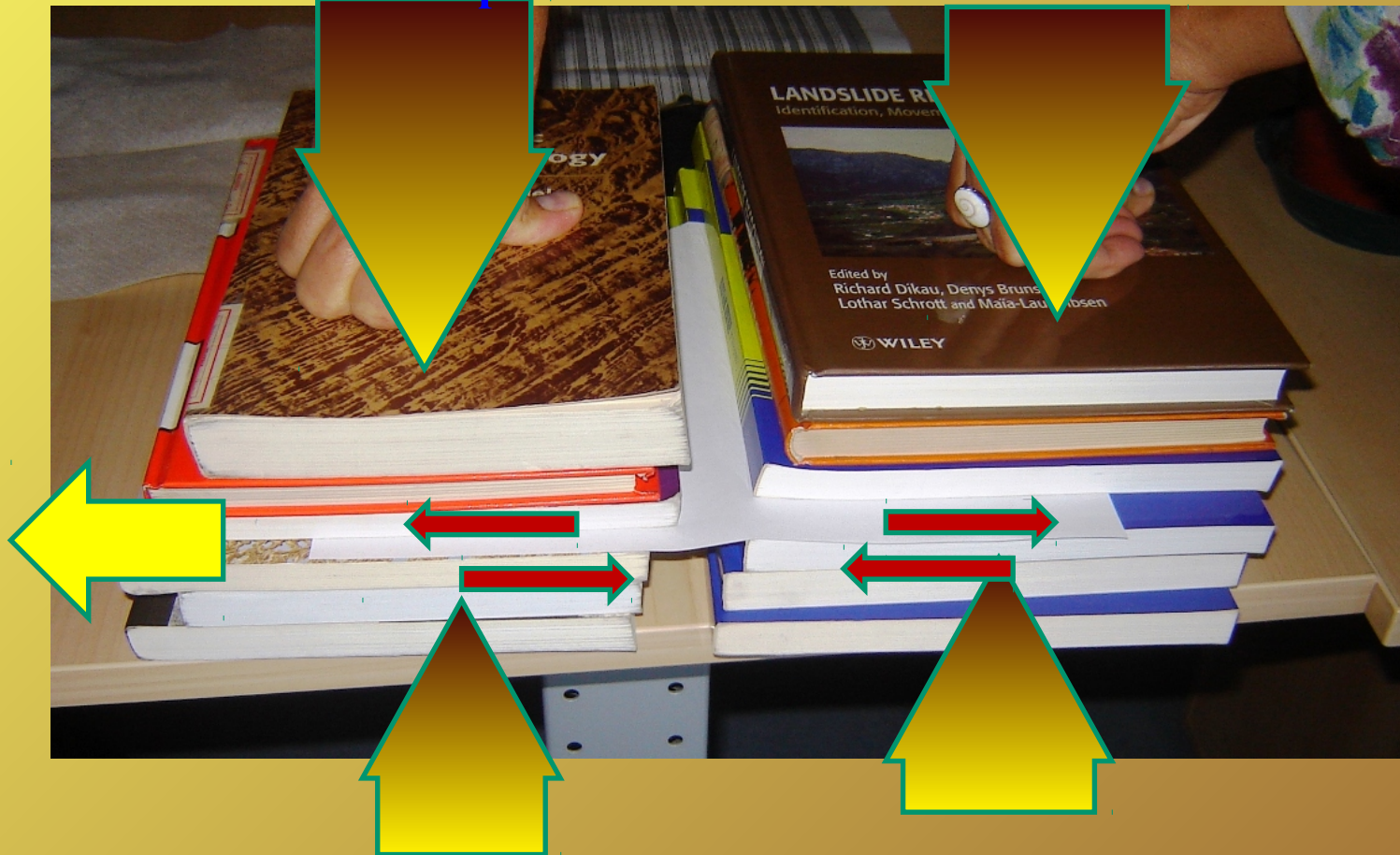


Carta fotocopie
80 g/m²

Pseudo
Geotessili

Cenni Principi fisici di interazione terreno e armature – simulazione effetti geotessile

Stato tensionale e res. al taglio terreno geotessile
Che contrastano la spinta attiva



CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

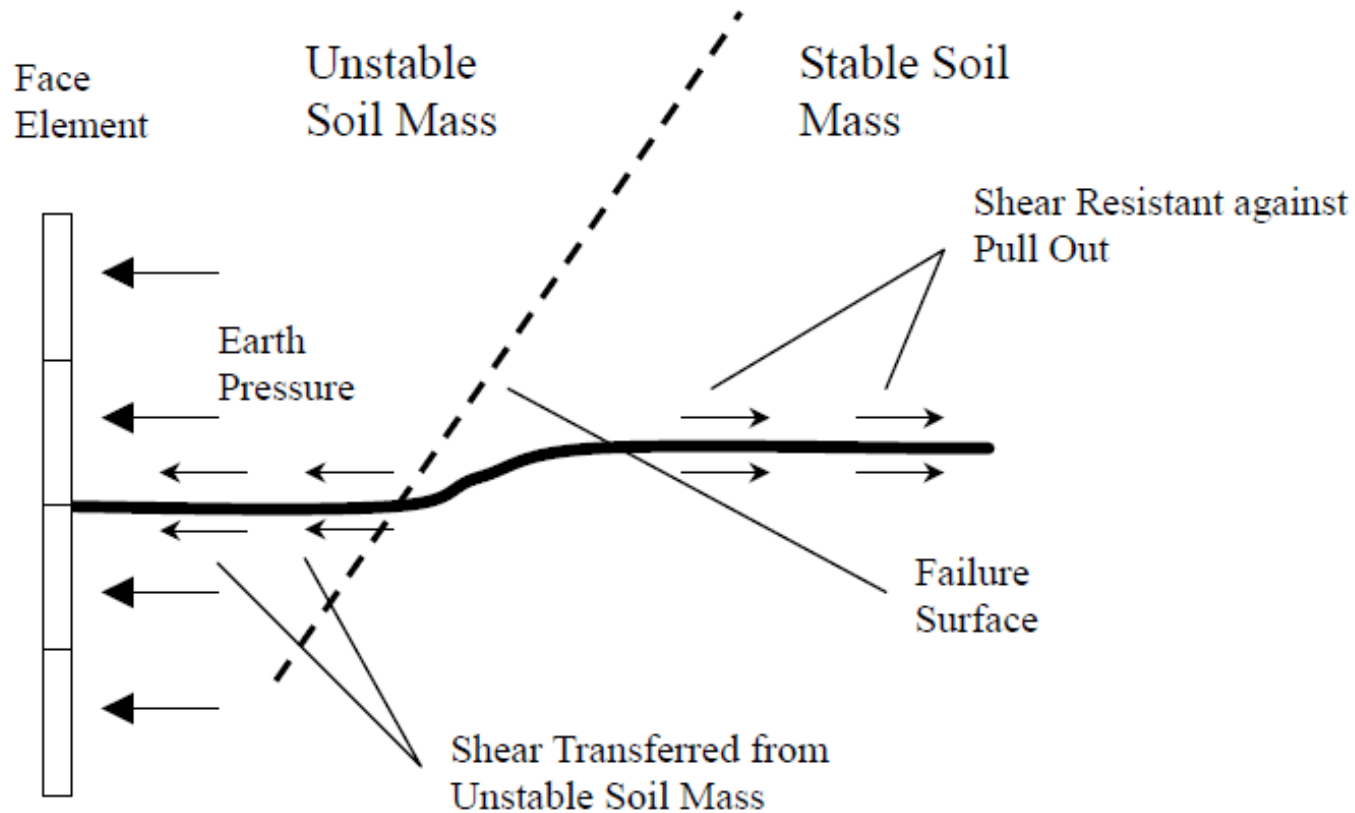
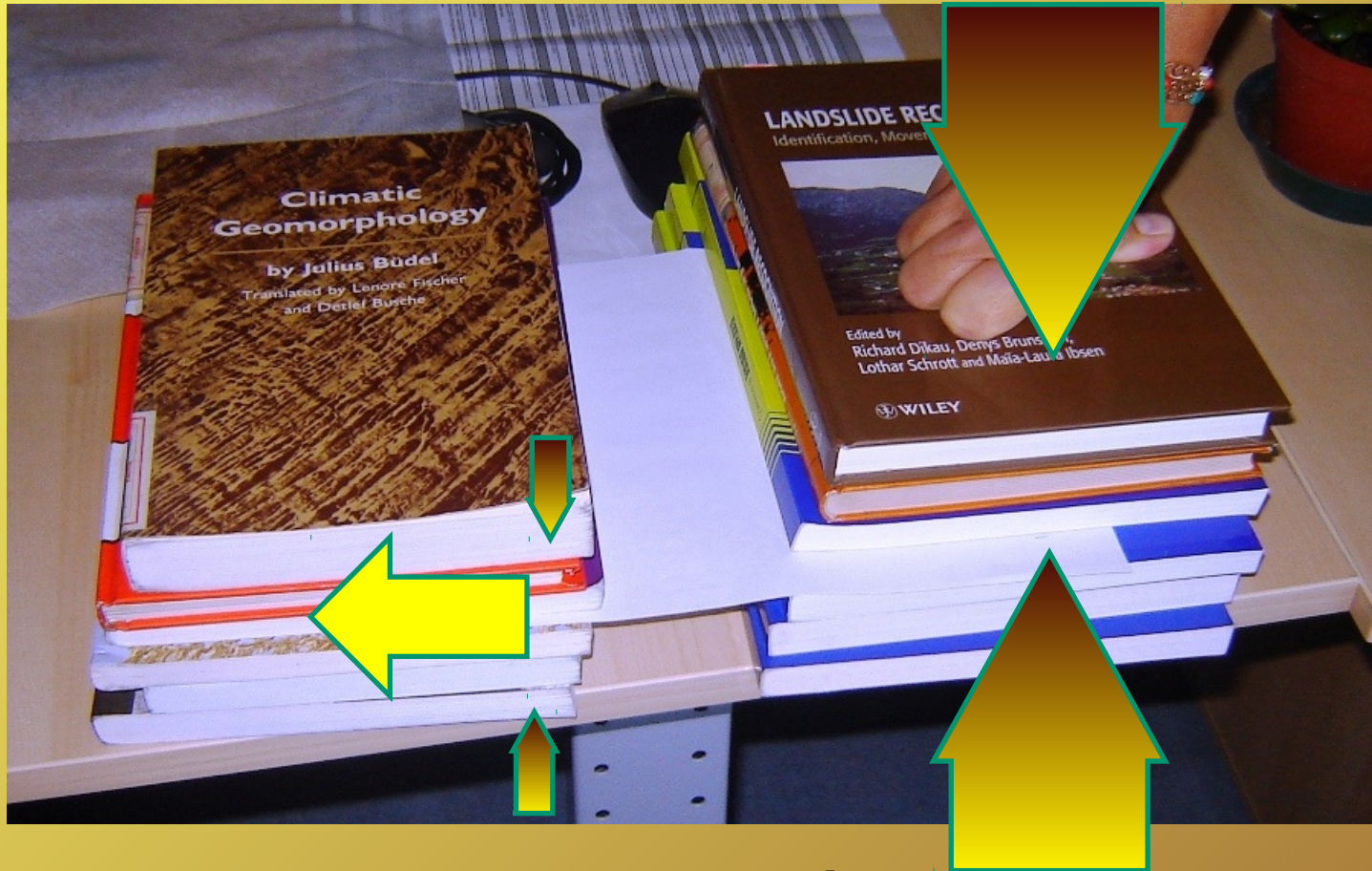


Figure 2.3.1 Reinforcing mechanism of reinforced soil retaining structures (after Huasmann, 1990).

Instabilità per sfilamento (pullout)

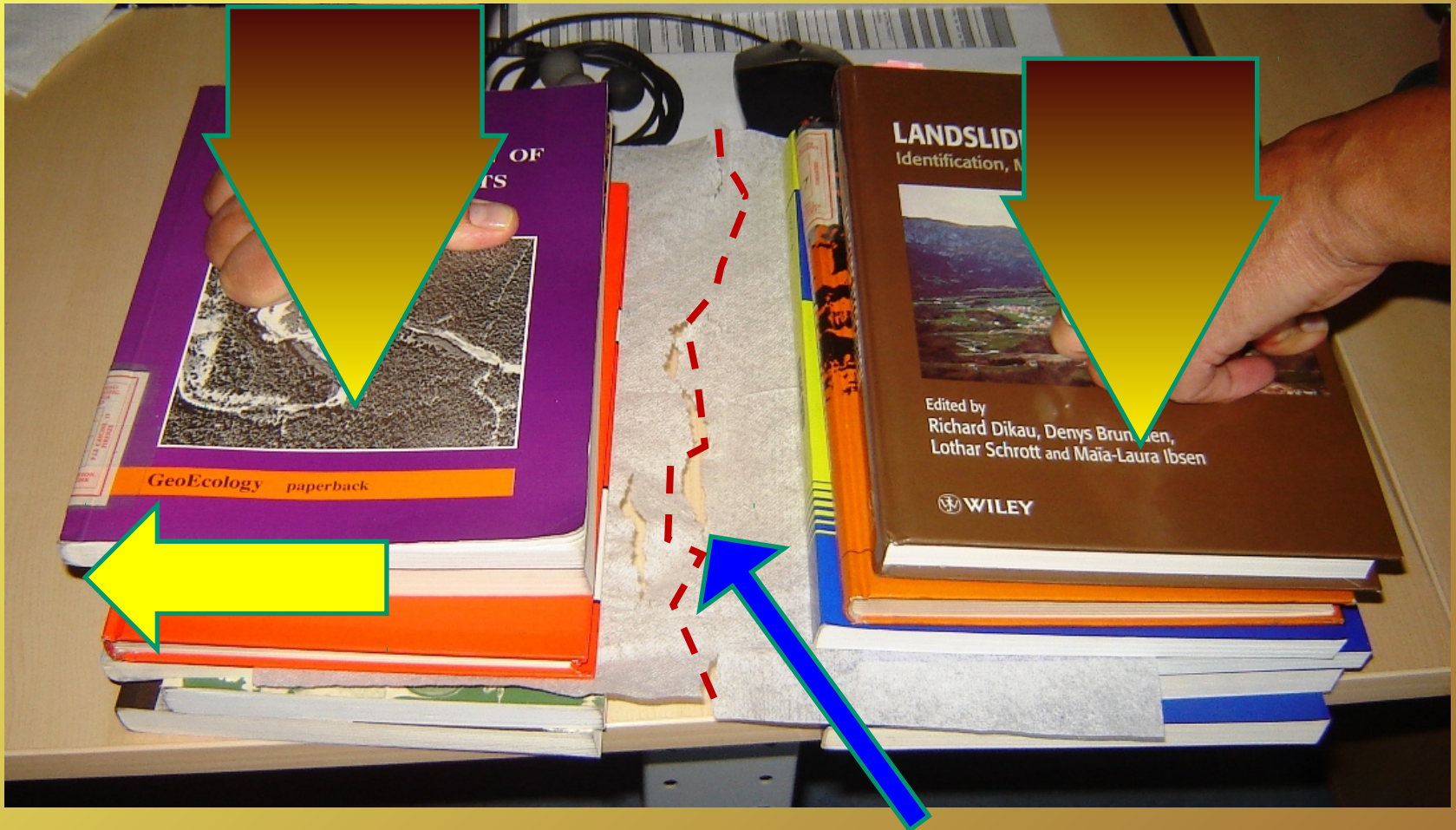


La resistenza tensionale del geotessile è adeguata ma la resistenza allo sfilamento no..!! (scarso attrito dovuto a terreno, pressione di confinamento o tipo di geotessile .. o tutti e tre)

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Rottura o deformazione eccessiva geotessile



La resistenza tensionale del geotessile NON è adeguata. È inferiore a quella richiesta anche se la resistenza allo sfilamento sarebbe sufficiente

CNR-IRPI (Perugia, Italy) – 28/01/2013

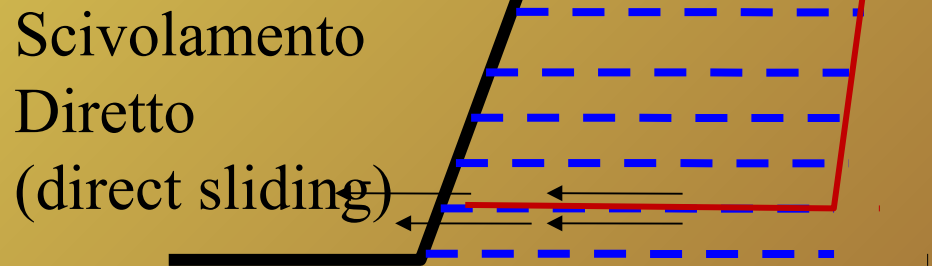
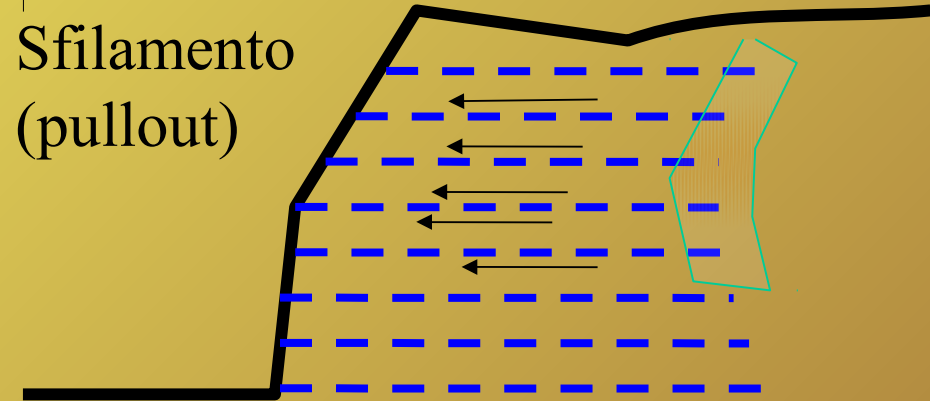
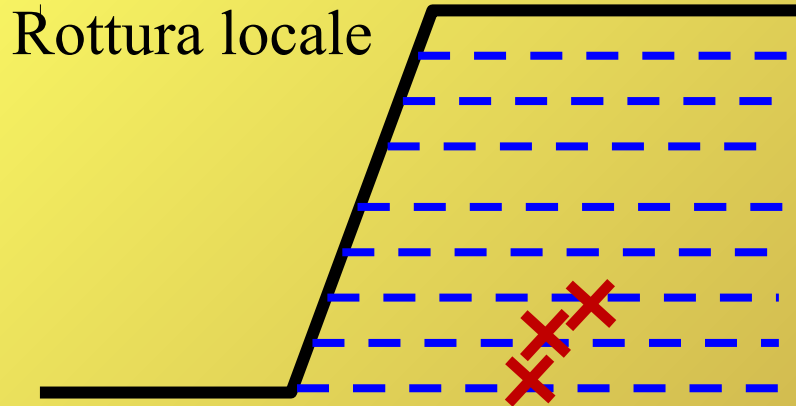
Borselli L.- SSAP2010 (Slope Stability Analysis Program) – rel. 4.2.1 (2013)

Sistema adeguato di rinforzi (spaziatura, resistenza, lunghezza , risvolti)



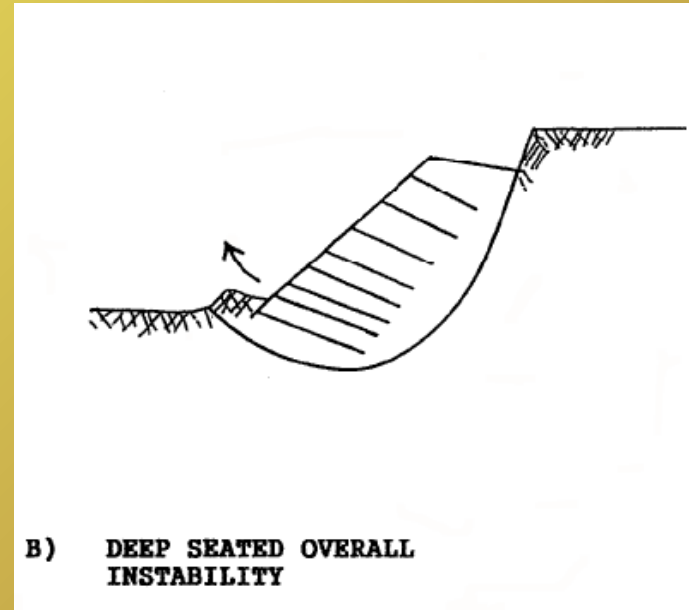
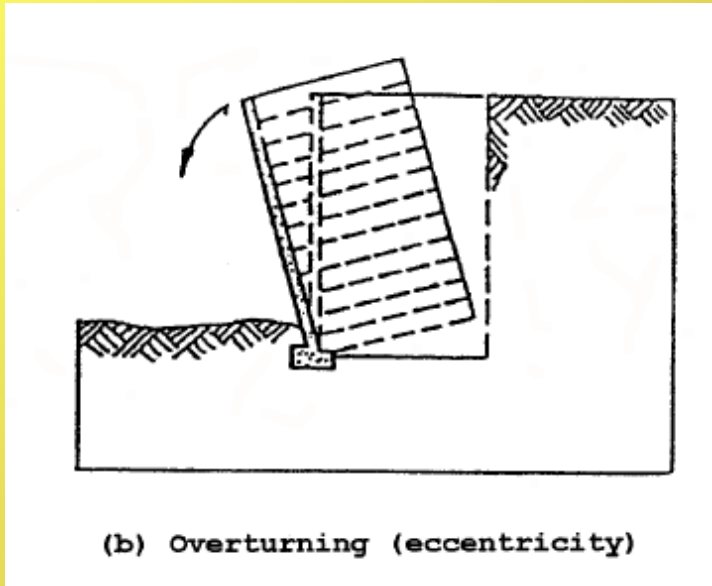
L'unione fa la forza ... ma solo se il tutto è ben progettato....

Processi di rottura e collasso in terre armate

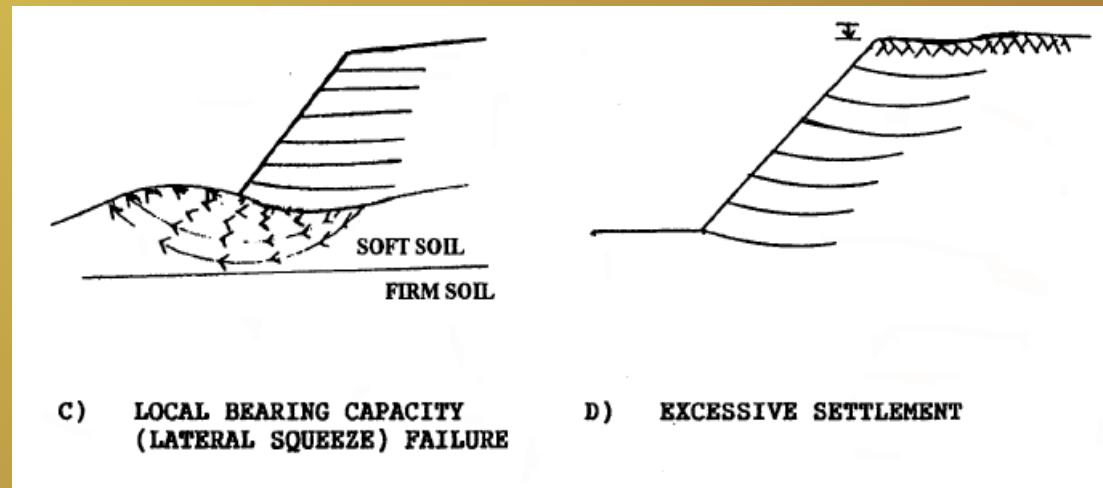


Verifiche stabilità interna
(sfilamento, rottura dei rinforzi, scivolamento diretto)

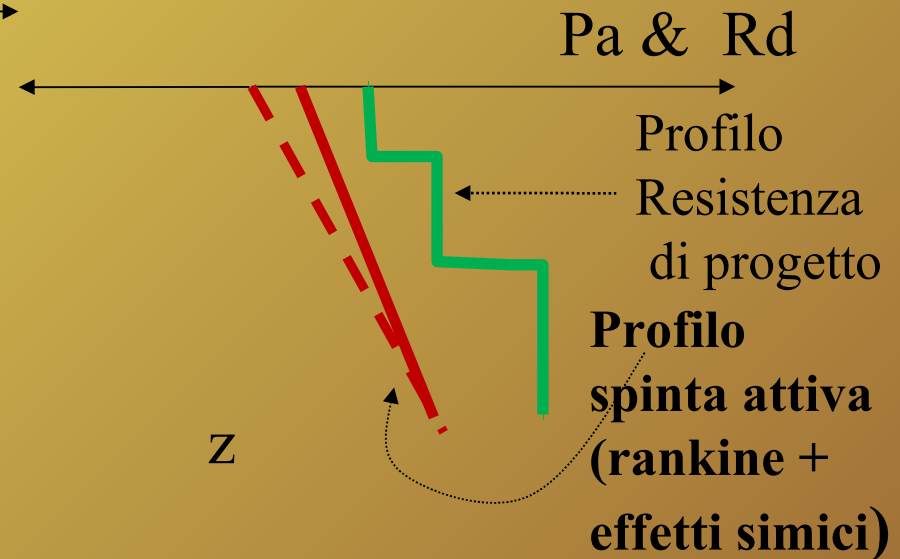
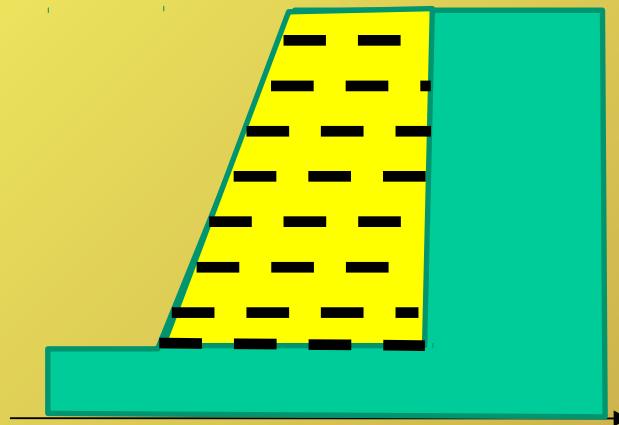
Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità di una TA



Verifiche stabilità esterna
capacità portante
ribaltamento,
scivolamento rotazionale,
sedimento...)

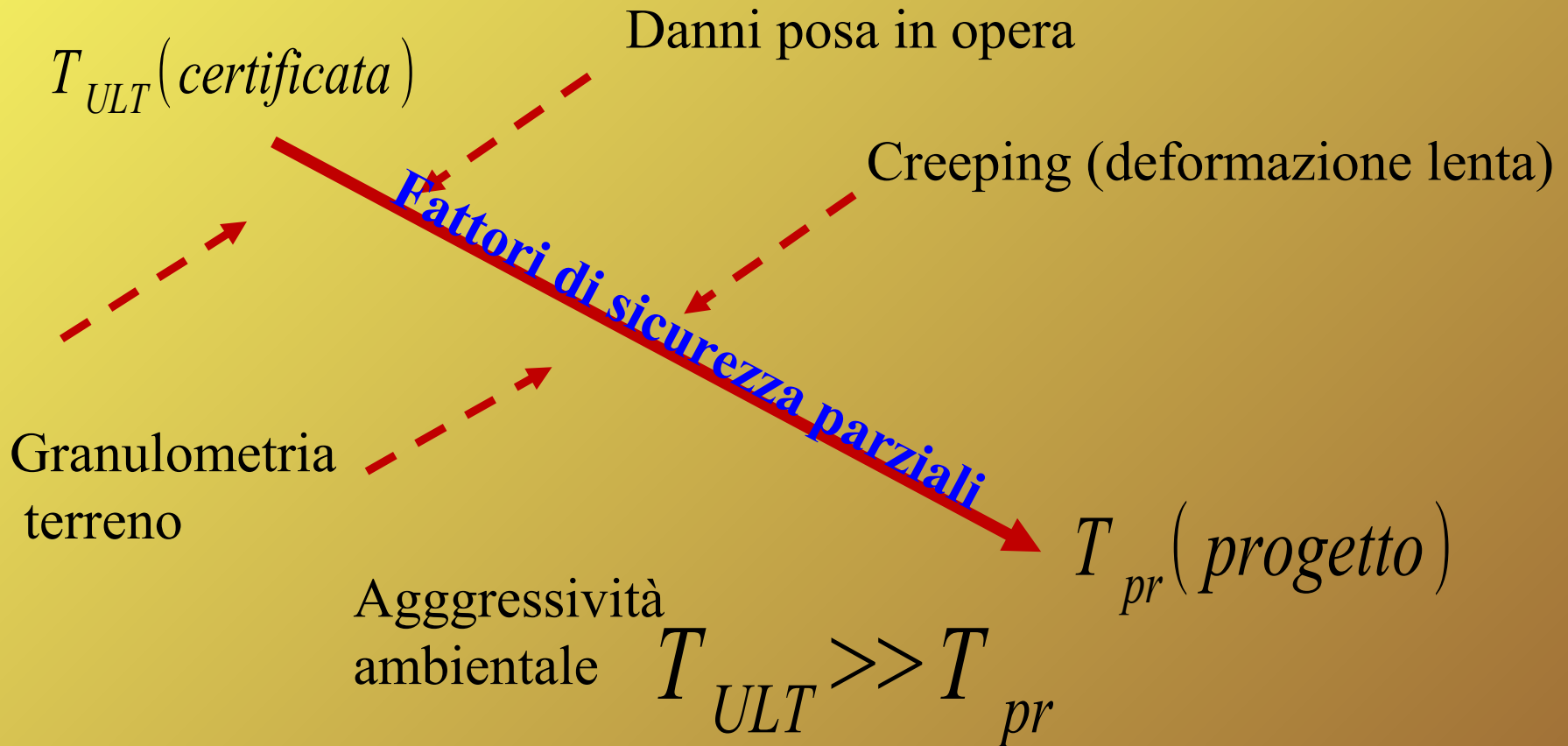


Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità interna di una TA



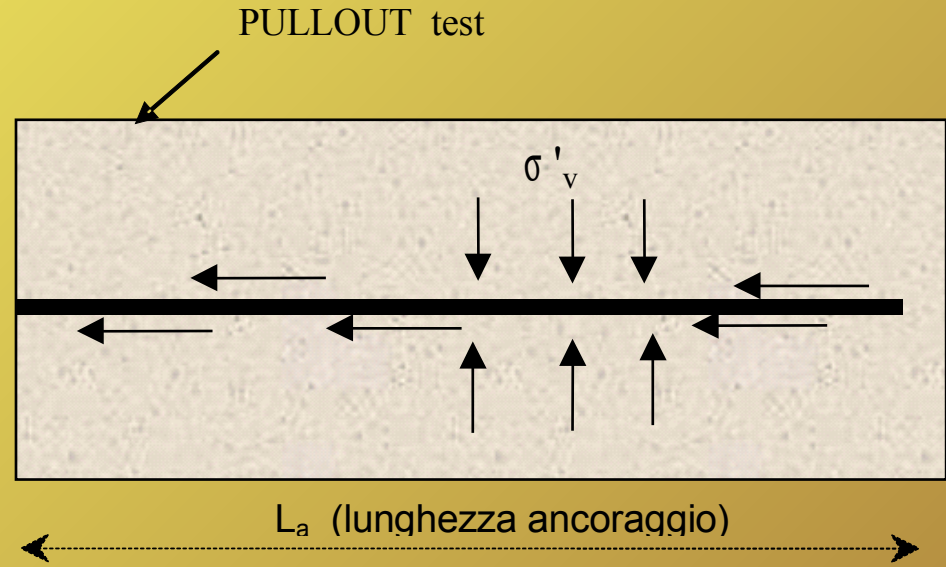
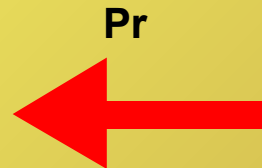
Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità interna di una TA

La Resistenza tensionale ultima T_{ult} e di progetto T_{pr} di un geotessile (in kN/m)



Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità interna di una TA

Resistenza allo
sfilamento (pullout)



$$P_r = 2f_b \tan \varphi'_d \sigma'_v \alpha L_a$$

f_b **coefficiente di interazione suolo/geogriglia-geosintetico; variabile, a seconda di tipo di geosintetico/geogriglia, tra 0.6 e 1.0. Tale parametro è indicato nelle caratteristiche tecniche della geogriglia /geosintetico**

α **fattore di scala nella ripartizione dello sforzo lungo tutta la lunghezza dell'ancoraggio; valore sperimentale variabile tra 1.0 e 0.6;**

$$\tan \varphi'_d = \frac{\tan \varphi'}{F_{S_p}}$$

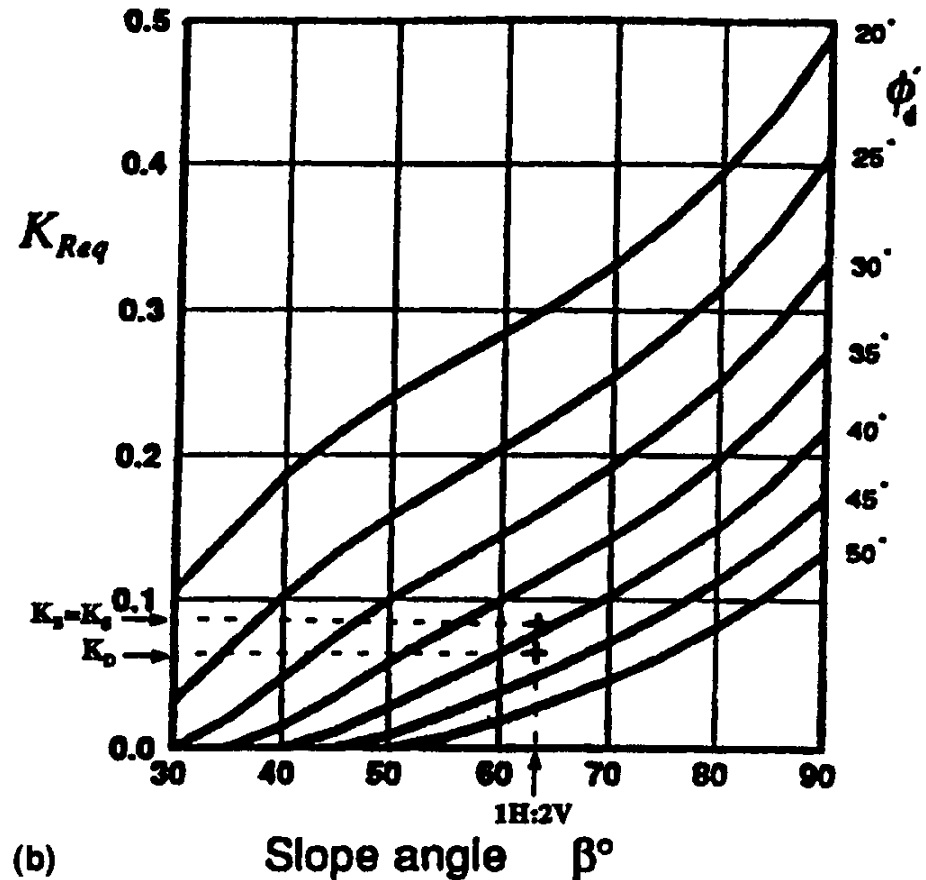
Fattore di attrito di progetto

Terre armate e verifiche di stabilità globale del sistema opera- pendio: criteri e procedure di analisi, trappole frequenti e scelta software

Abachi e nomogrammi
Per la progettazione
e valutazione della
resistenza di progetto
che il sistema di
rinforzi globalmente
deve offrire.

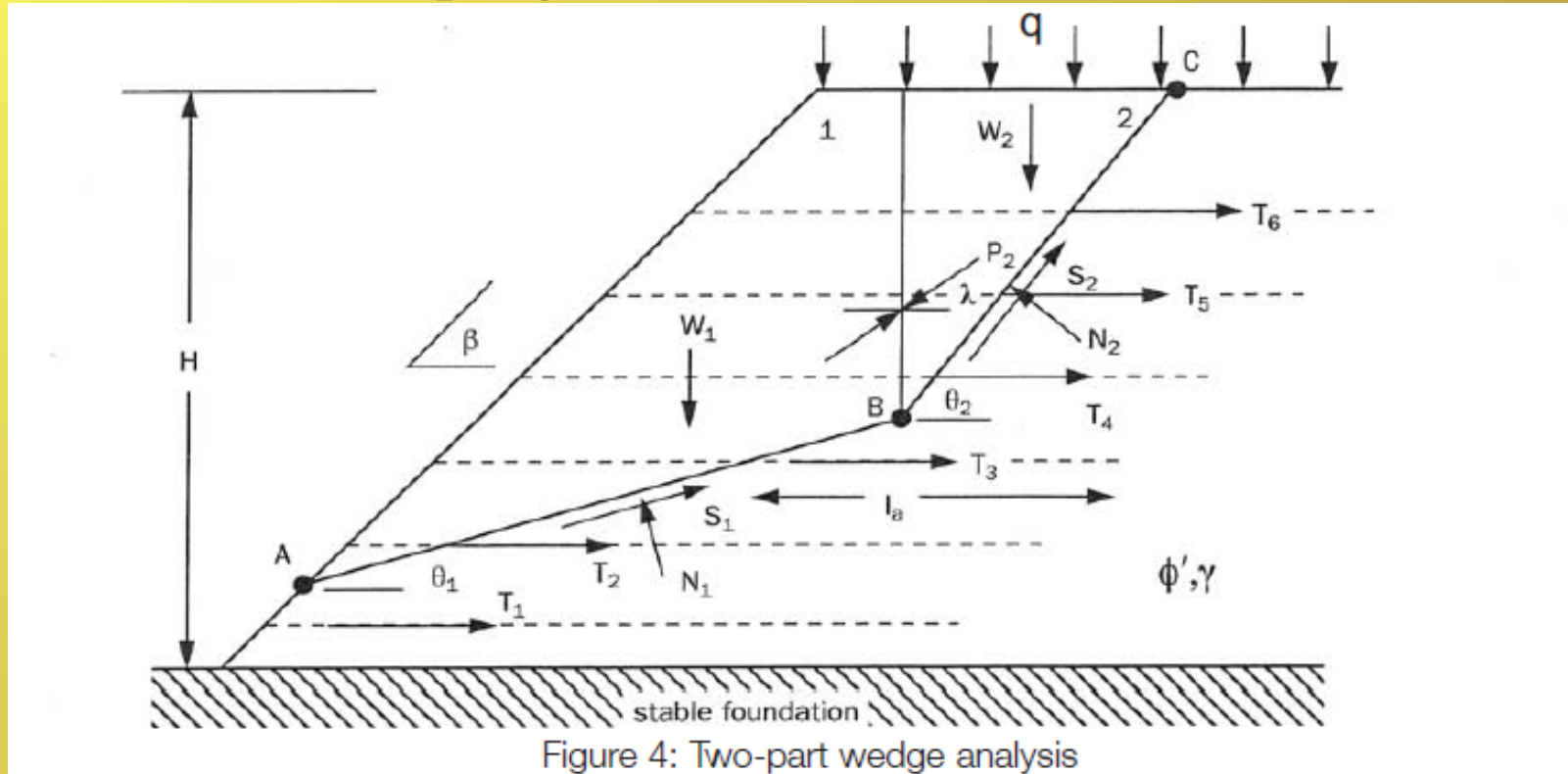
Resist. alla spinta attiva,
Resistenza allo sfilamento
Direct sliding,
Capacità portante....

È sufficiente un foglio
elettronico .. Ma ci sono programmi specifici



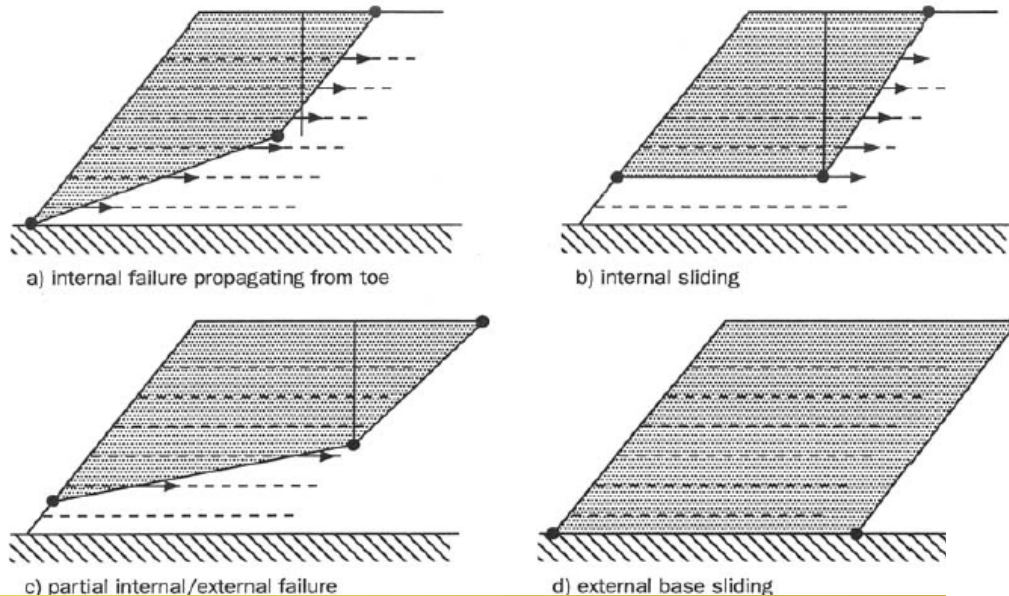
Terre armate e verifiche di stabilità globale del sistema opera-pendio: criteri e procedure di analisi, trappole frequenti e scelta software

Software e criteri di progettazione a due concii (stabilità interna)



Da FHWA NH1-00-043 (2001,2009)

Terre armate e verifiche di stabilità globale del sistema opera- pendio: criteri e procedure di analisi, trappole frequenti e scelta software



Verifiche di stabilità interna
All'equilibrio limite

Sist . 2 conci e
Equilibrio dei momenti

Vengono usati per il dimensionamento
E verifica stabilità interna

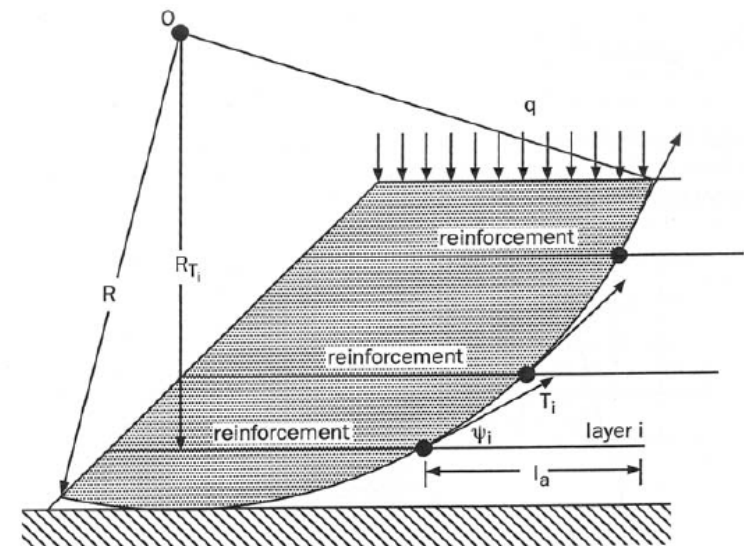
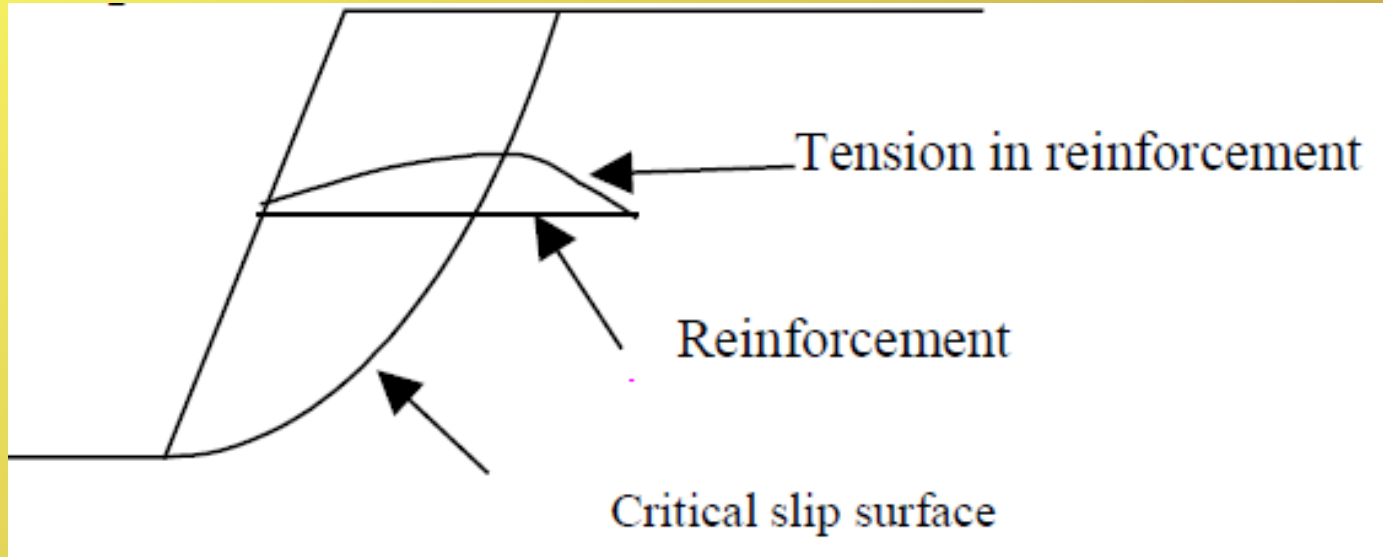


Figure 7: Circular Slip Analysis and Method of Slices for Reinforced Slope

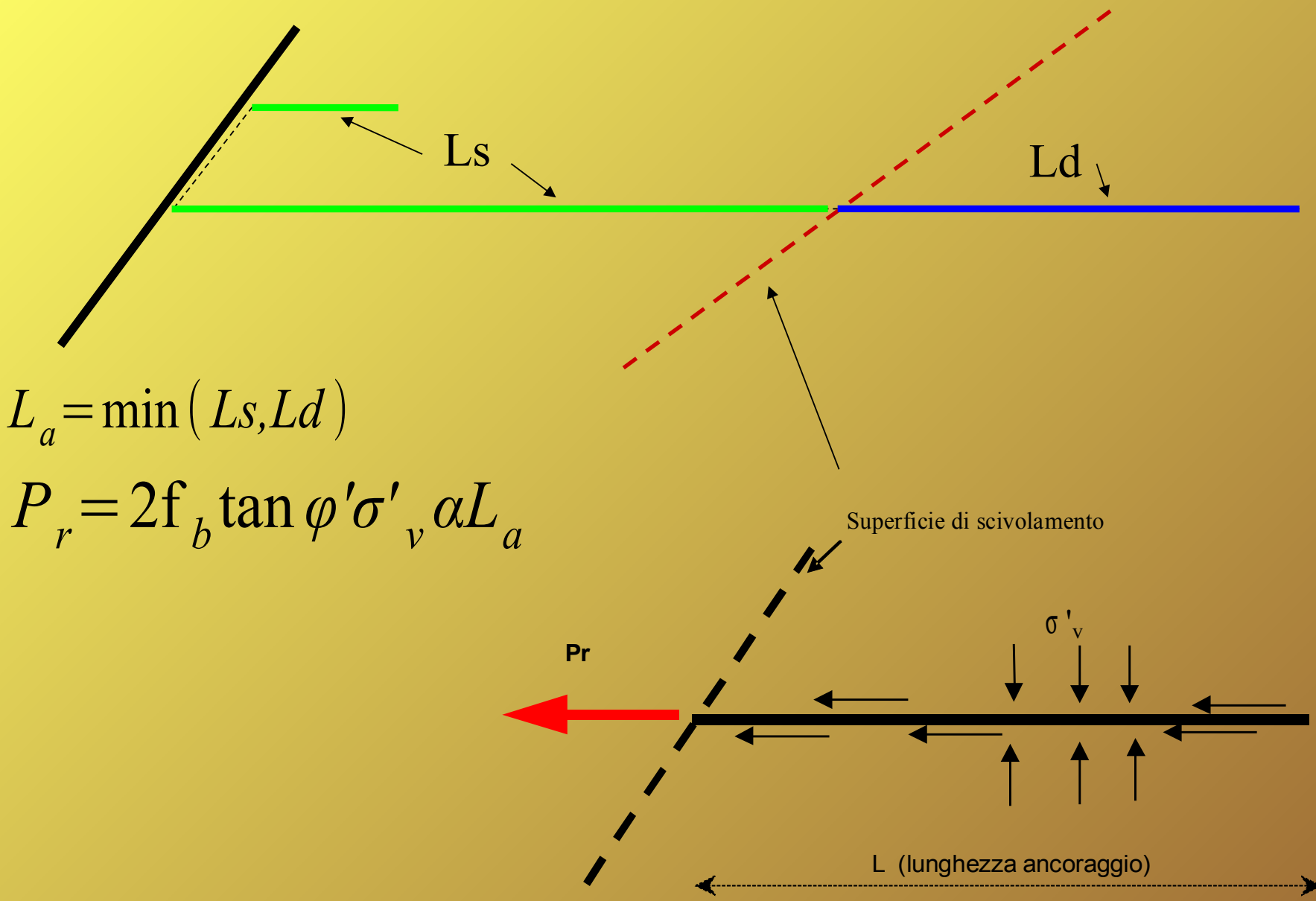
Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità interna di una TA



Nei fatti all'interno della terra armata
La resistenza assunta per ogni armatura
è sempre la minore tra quelle di progetto
La tensione di resistenza al pullout.
A questa si aggiunge la connessione rivestimento – geosintetico (caso dei MSW)

$$T_d = \min [T_{pr}, P_r, \dots]$$

geogriglie



Terre armate e verifiche di stabilità globale del sistema opera-pendio: criteri e procedure di analisi, trappole frequenti e scelta software

Per progettare un opera in terra armata occorre:

- Abachi , calcolatrice o foglio elettronico
- Software forniti dai produttori di geosintetici
- Software commerciali.
- soprattutto il proprio cervello

OPPURE:

Puoi farti fare il progetto completo dal produttore/fornitore del geotessile... !!!! Ma

Terre armate e verifiche di stabilità globale del sistema operando: criteri e procedure di analisi, trappole frequenti e scelta software

Software forniti dai produttori di geosintetici

PREGI: offrono una guida passo-passo nella scelta del tipo di prodotto, nel dimensionamento e progettazione (con i loro stessi prodotti), analisi dei costi e loro ottimizzazione.

DIFETTI: limiti nella scelta dei criteri di progettazione, database prodotti limitato alla sola casa produttrice, ottimizzazione costi limitata (chiaramente orientata a vantaggio del rivenditore o produttore).

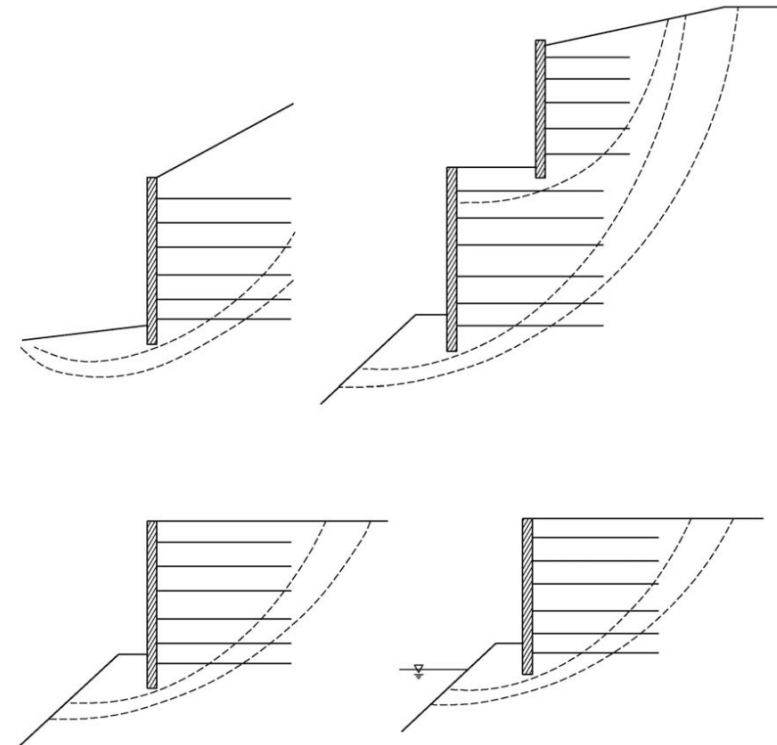
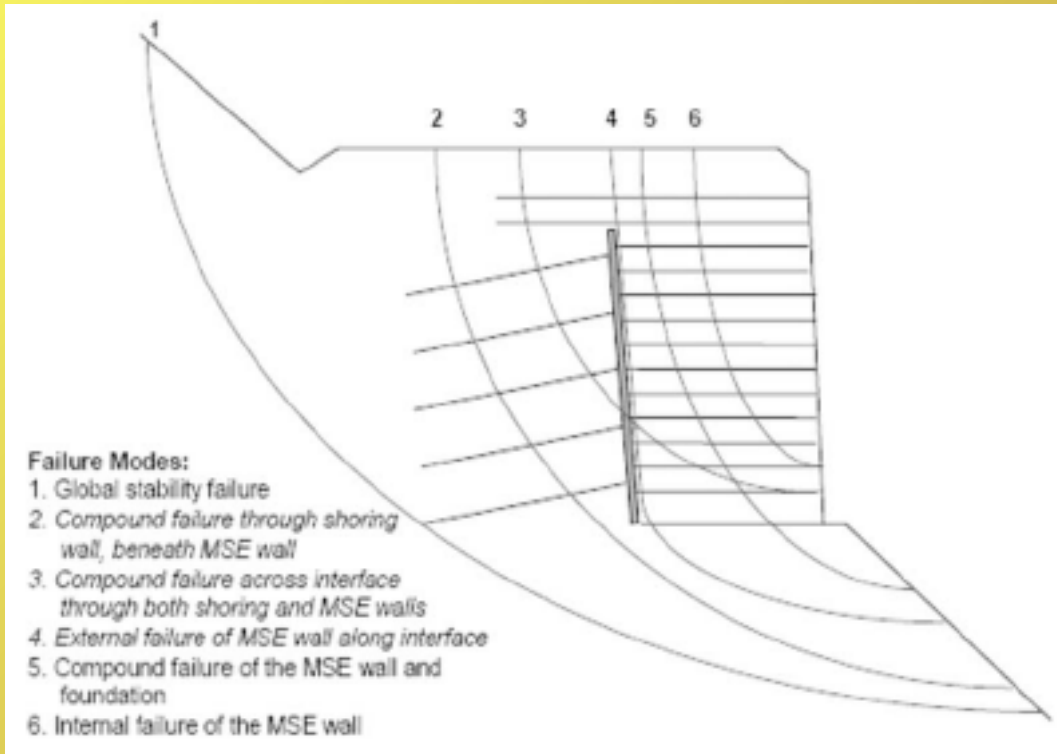
Software commerciali: non legati a specifici geotessili o tipi di strutture.

Richiedono spesso maggiore esperienza e consapevolezza dei problemi e delle possibili soluzioni.

Solo pochi consentono verifiche con tecniche rigorose (es, anche verifiche a equilibrio Limite con metodi rigorosi).

Spesso permettono verifiche della stabilità interna in modo corretto ma non quella globale in modo completo e rigoroso

Verifiche stabilità globale e interazioni con terre armate e altre opere di sostegno.



Le verifiche di stabilità globale sono fondamentali per valutare l'equilibrio idrogeologico dell'area dove le TA sono Inserite

Metodi di verifica stabilità globale con metodo dell'equilibrio limite in presenza di TA

Si devono evitare:

- Metodi di calcolo non rigorosi (es. Fellenius, Bishop e Janbu semplificati)
- Usare solamente ricerca di superfici circolari...

Non si deve rinunciare MAI a :

- Corretta definizione modello geotecnico e idraulico del pendio
- Metodi di calcolo rigorosi (es. Janbu rigoroso, Morgenstern & Price, Spencer, Sarma..) che garantiscono in contemporanea equilibrio delle forze e dei momenti... sempre!
- Interazione rigorosa sup. di scivolamento con i sistemi di rinforzo presenti (TA, tiranti, palificate..sovraccarichi)
- Eliminazione delle superfici, e soluzioni che non sono fisicamente accettabili (... algoritmi di filtro e sub verifica....)
- Ricerca automatica superfici di forma generica (le sup. circoli sono solo un caso particolare...)

Esempio verifica stabilità globale con TA su terreni sabbiosi e argilloso-limosi

SSAP 4.0 (2010) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - CNR IRPI (FI)
 SSAP/DXF generator rel. 1.0 (2010)

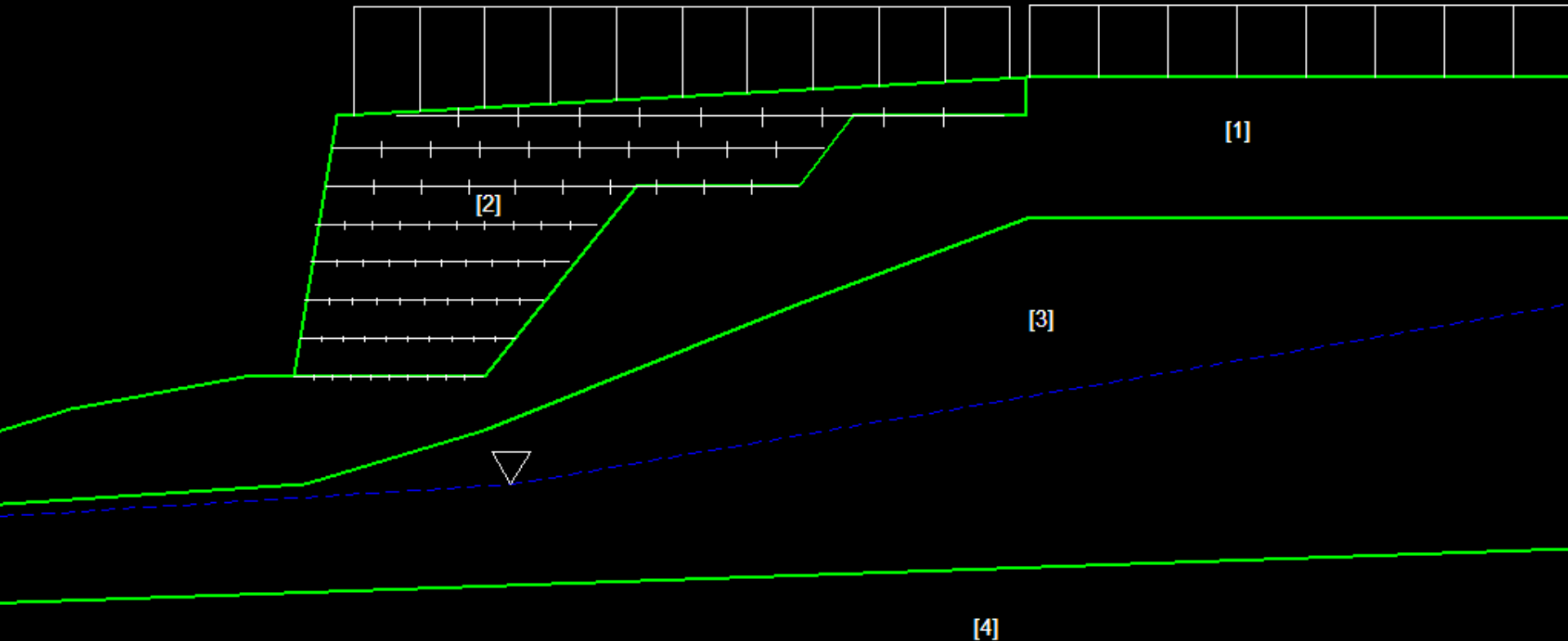
Data : 22/9/2010
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	29.00	2.00	0	20.00	21.00	0	0	0	0
2	30.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
3	25.00	10.00	0	19.30	20.30	0	0	0	0

S1=5(kPa)

S2=100(kPa)

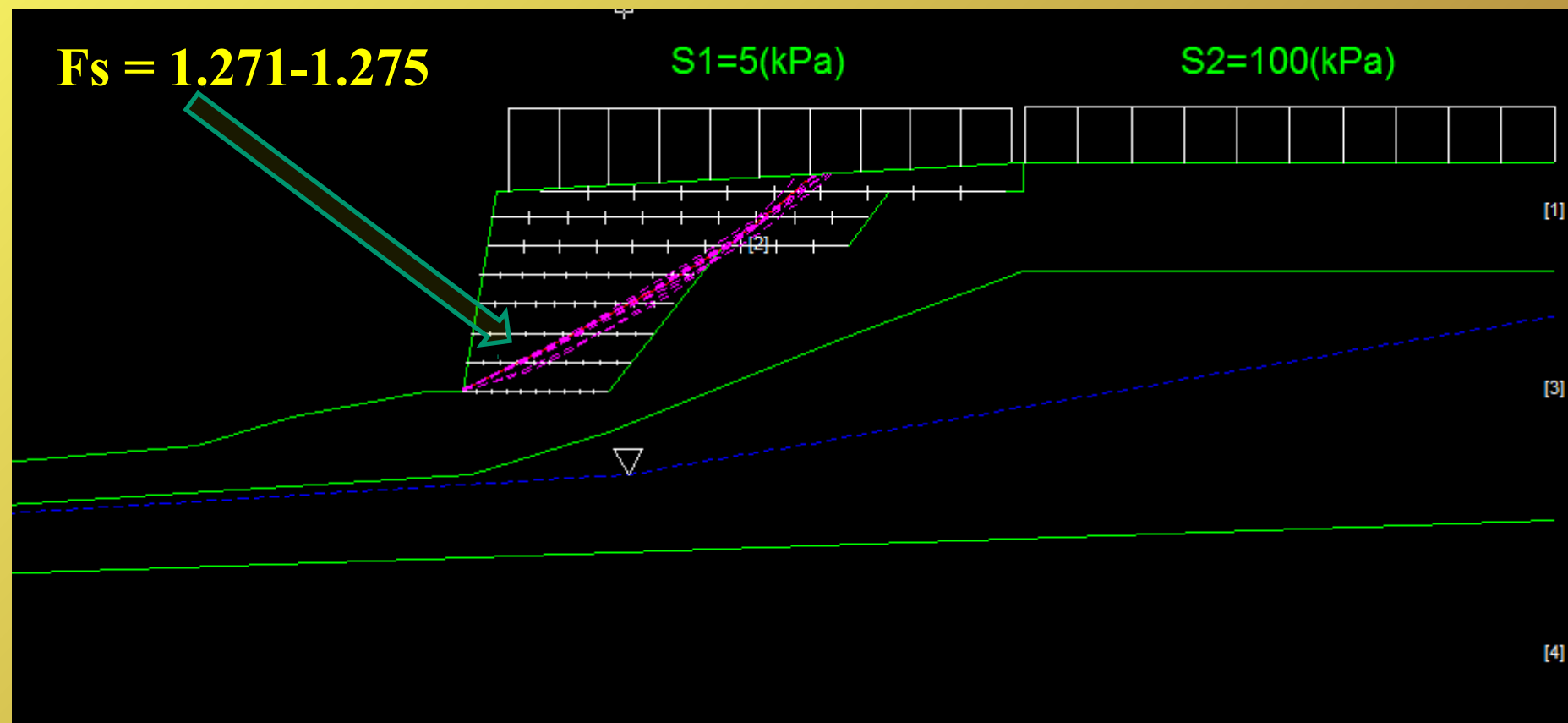


Analisi di stabilità globale (con effetto sismico $K_h=0.05$; $K_v=0.025$) limitata alla sola TA

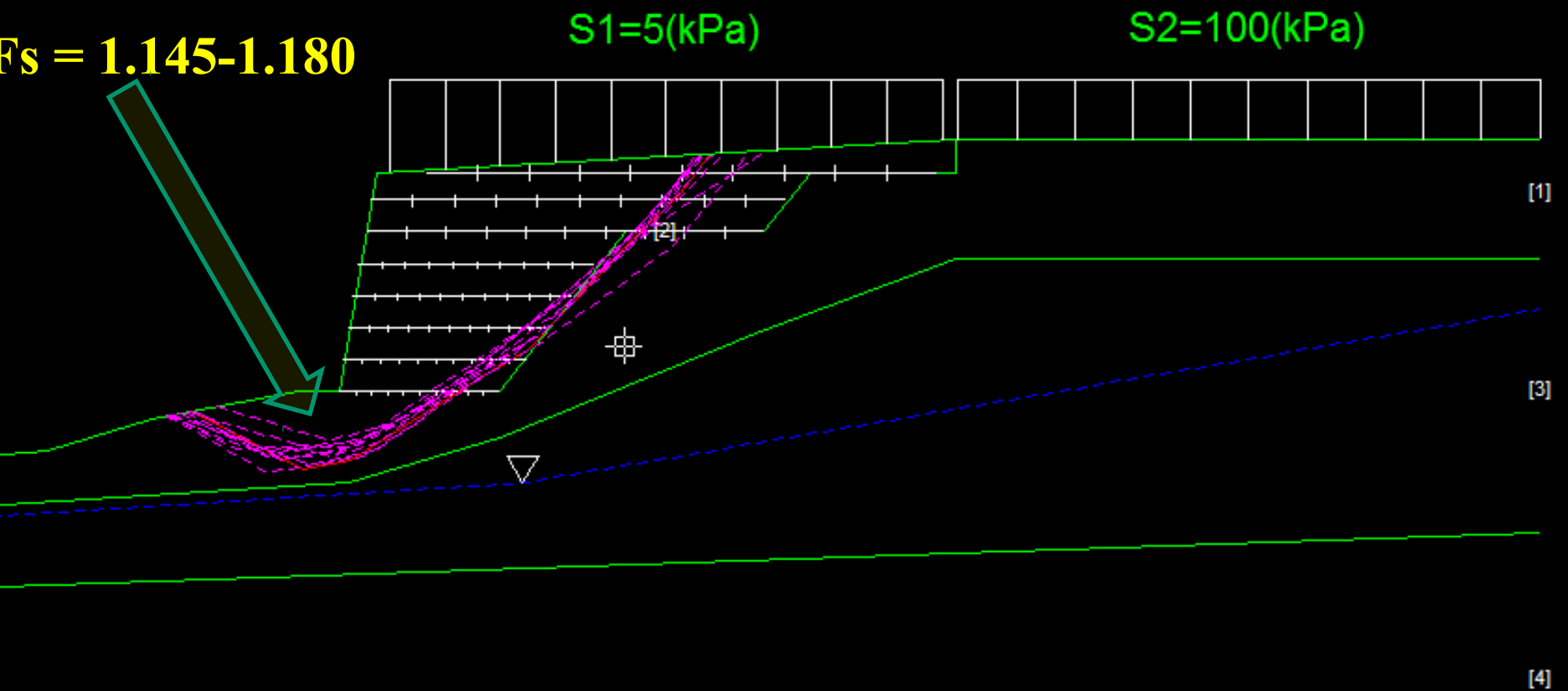
$F_s = 1.271-1.275$

$S1=5(\text{kPa})$

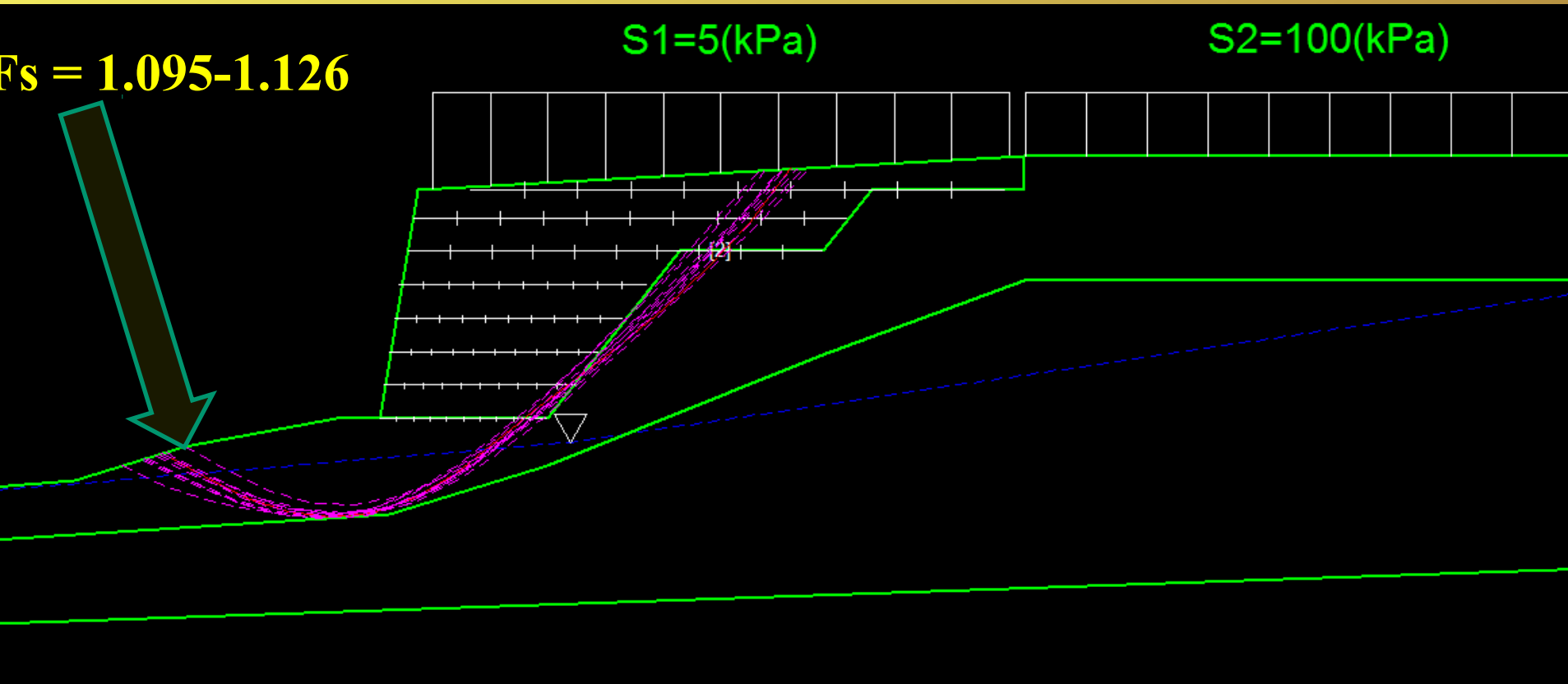
$S2=100(\text{kPa})$



Analisi di stabilità globale (con effetto sismico $K_h=0.05$; $K_v=0.025$) generale

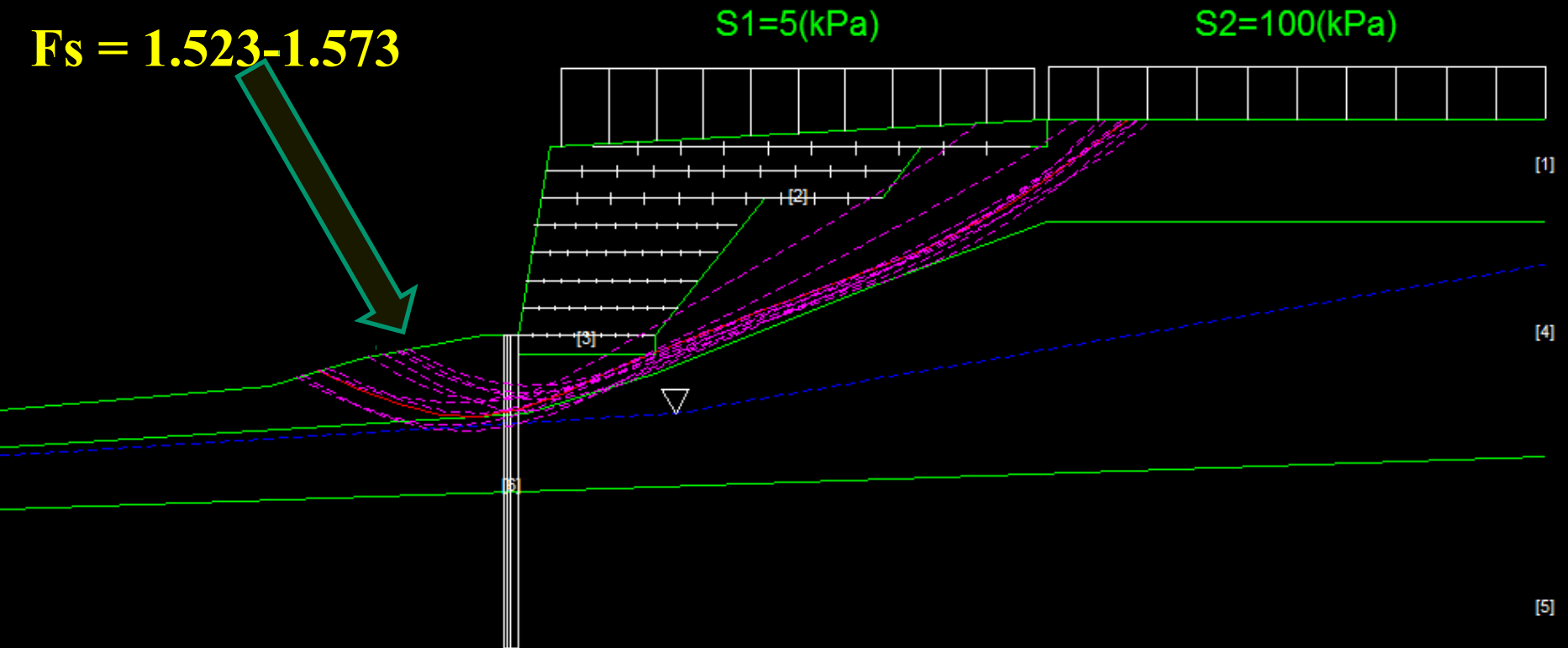


**Verifica di stabilità globale (con effetto sismico $K_h=0.05$; $K_v=0.025$)
.. Generale Simulazione risalita falda di 1.2 m**

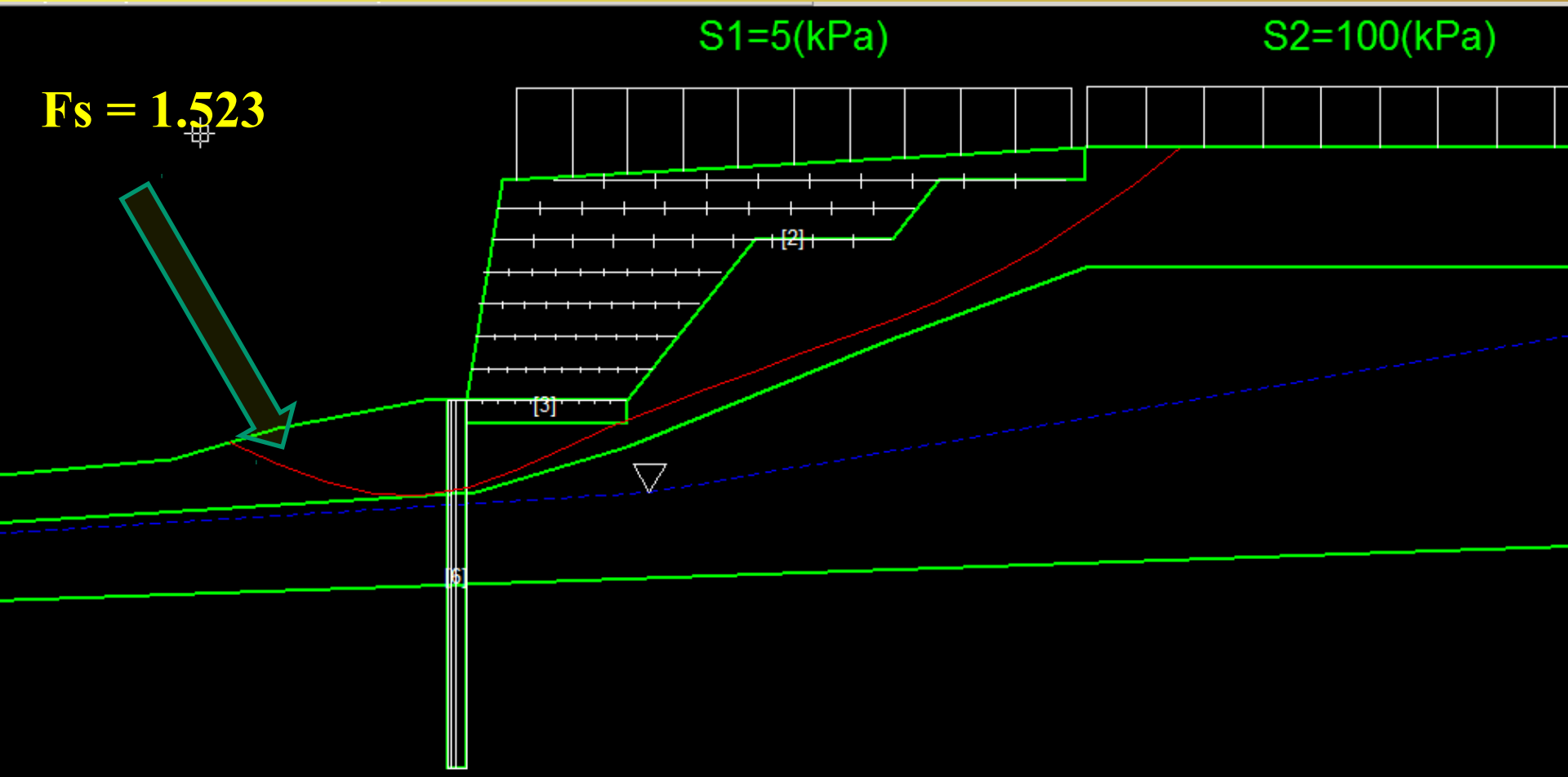


**Verifica di stabilità globale (con effetto sismico $K_h=0.05$; $K_v=0.025$)
.. inserimento di palificata alla base (d= 40 interasse 1.5 m L =8 m)
E strato drenante alla base della TA
Le 10 superfici con minor FS su 14000 calcolate...**

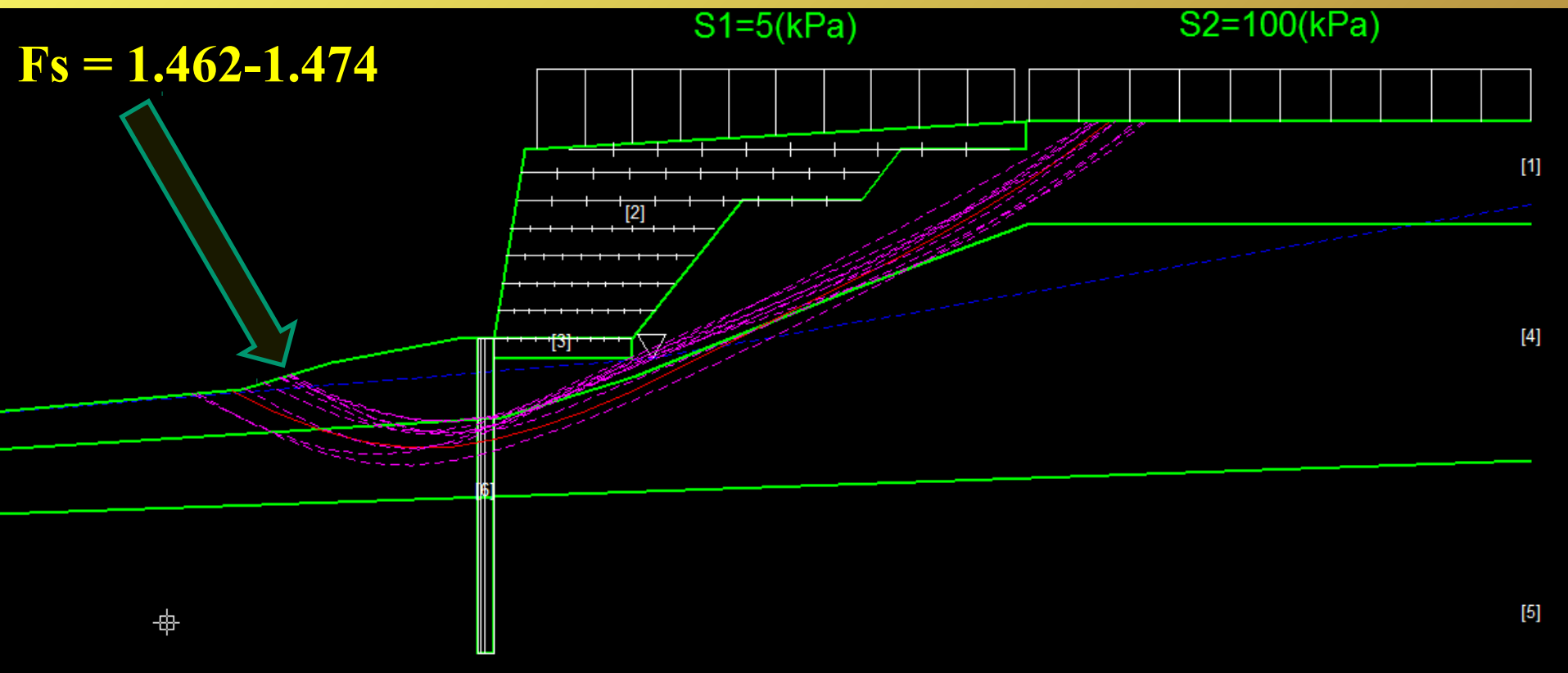
$F_s = 1.523-1.573$



Verifica di stabilità globale (con effetto sismico $K_h=0.05$; $K_v=0.025$) .. Generale



Analisi di stabilità globale (con effetto sismico $K_h=0.05$; $K_v=0.025$) Simulazione risalita falda di 1.2 m



Assemblaggio Files con utility MKFILES.EXE

File .GRD - geogriglie

Crea File Dati Geogriglie

1	25.00	15.00	5.00	50.00	0.75	0.80	2.00
2	25.50	15.50	5.00	50.00	0.75	0.80	2.00

Coordinata X Testa: 25.50 Lunghezza (m): 5.00 fb: 0.75

Coordinata Y Testa: 15.50 Forza (kN/m): 50.00 alpha: 0.80

Lwa (m): 2.00

Scrivi Dati Geogriglia MKFILES 3.1.1 by L. Borselli (2007,2010) Cancella Ultima

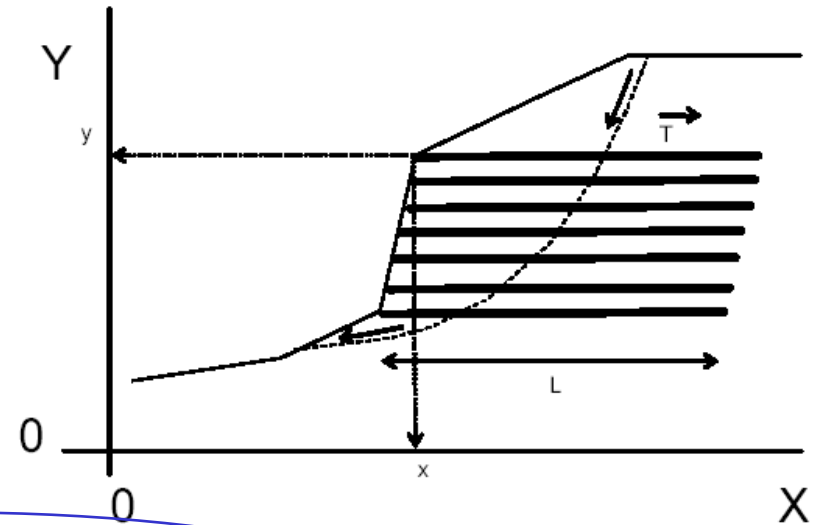
GENERATI DATI GRIGLIA n. 2

Doppio Click con il mouse nella Scheda Gialla per aggiornarla dopo l'editing !!

HELP Salva Scheda e ESCI Annulla Scheda e ESCI

Modello del pendio - Geogriglie/Geosintetici - files .GRD

X	(in m)
y	(in m)
Lunghezza - L	(in m)
Res. Unit.	(in kN/m)
Trazione T	
Coeff. fb	(adimensionale)
Coeff α	(adimensionale)
Lunghezza risolto Lw	(in m)



35	25	8	50	0.8	0.8	1.5
36	26	5	50	0.9	0.8	1.5
37	27	5	50	0.9	0.8	3
38	28	5	50	0.9	0.8	3

Nella **prima e nella seconda colonna** sono indicate rispettivamente le coordinate X ed Y dove la geogriglia interseca la superficie topografica. Tali coordinate sono espresse in metri.

Nella **terza colonna** è indicata la lunghezza L della geogriglia espressa in metri.

Nella **quarta colonna** è indicata la resistenza unitaria **T** massima di progetto della geogriglia espressa in kN/m (1 T/m è equivalente a circa 10 kN/m).

Nella **quinta colonna** il coefficiente f_b interazione suolo-geogriglia (indicato nelle caratteristiche tecniche del rinforzo).

Nella **sesta colonna** il fattore di scala α nella ripartizione della resistenza al pullout del rinforzo (indicato nelle caratteristiche tecniche del rinforzo).

Nella **settima colonna** la lunghezza **Lw** del risolto (nel caso di risolto assente inserire 0.0)

Esempio .. verifica di stabilità interna e globale con sisma

Cartella esempi: corso_avanzato\sile\sil77.mod

Scenario di verifica: classico con sisma ($K_h=0.1$)

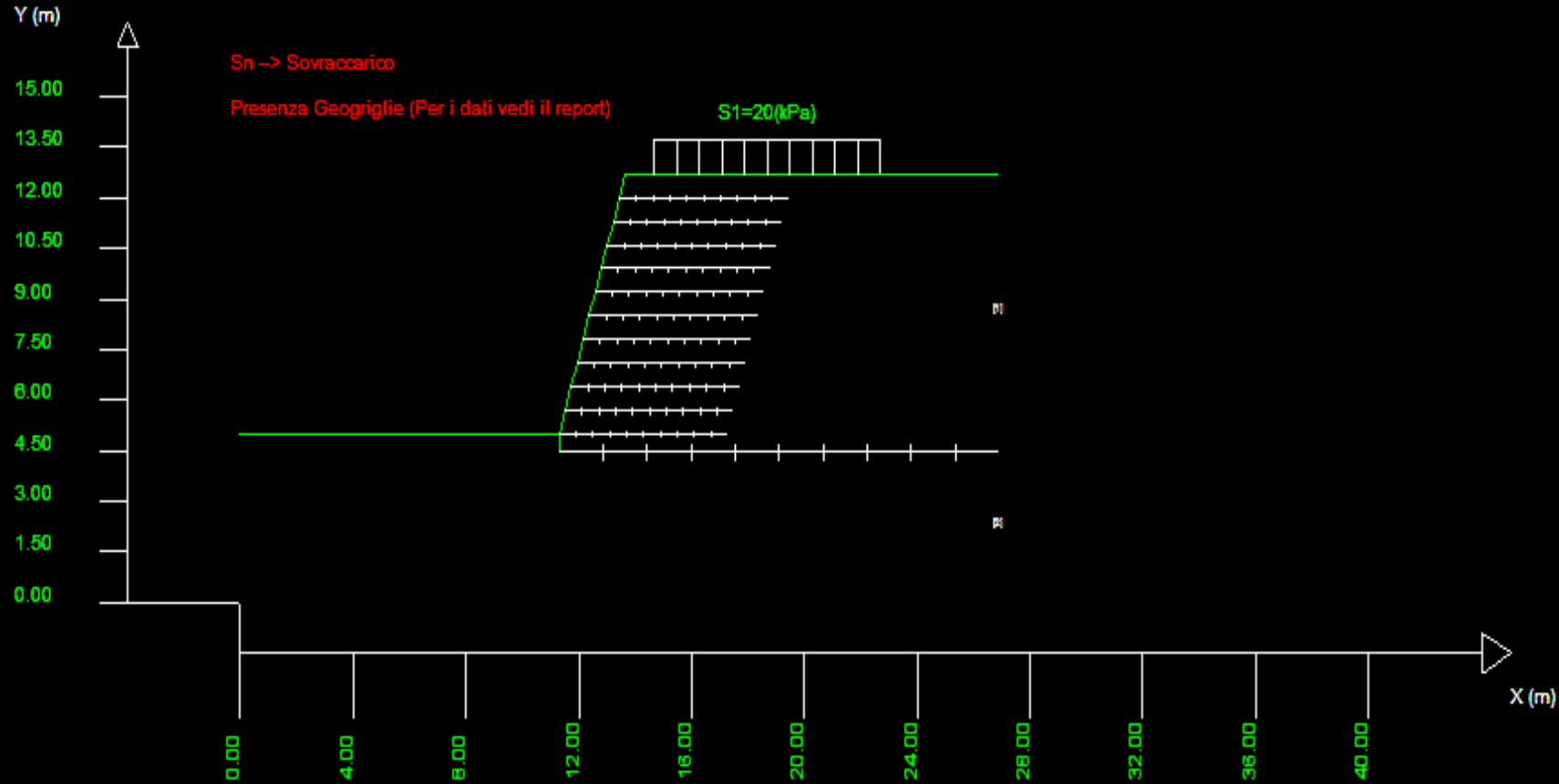
Condizioni particolari: cambiare lunghezza e resistenza geogrliglie

Condizioni opzionali:

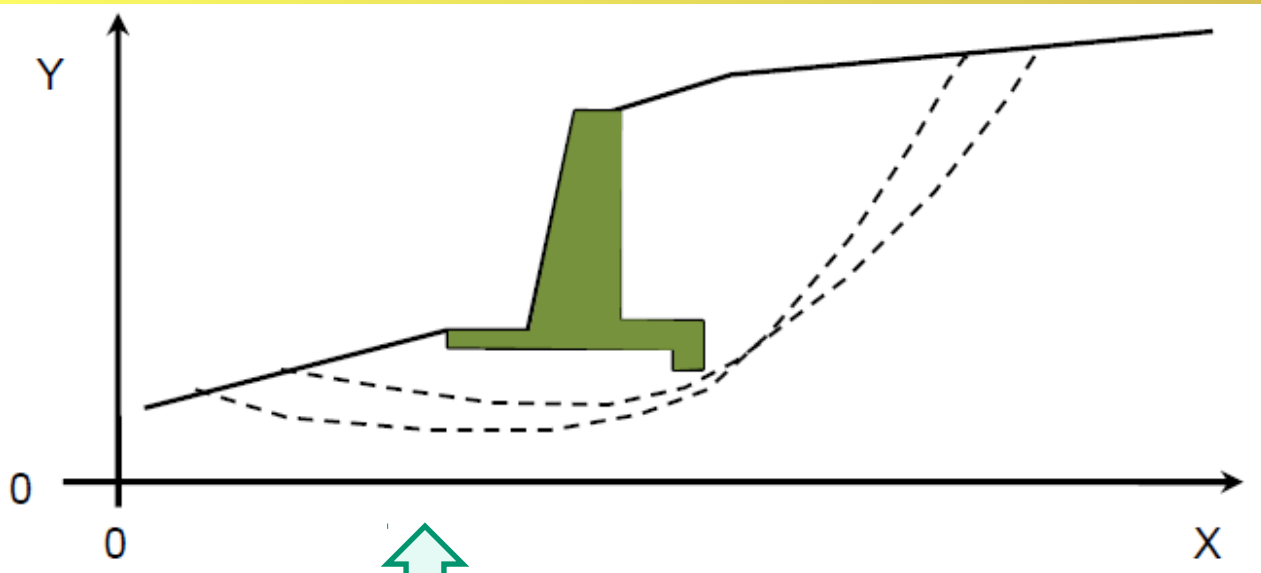
Data : 24/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0

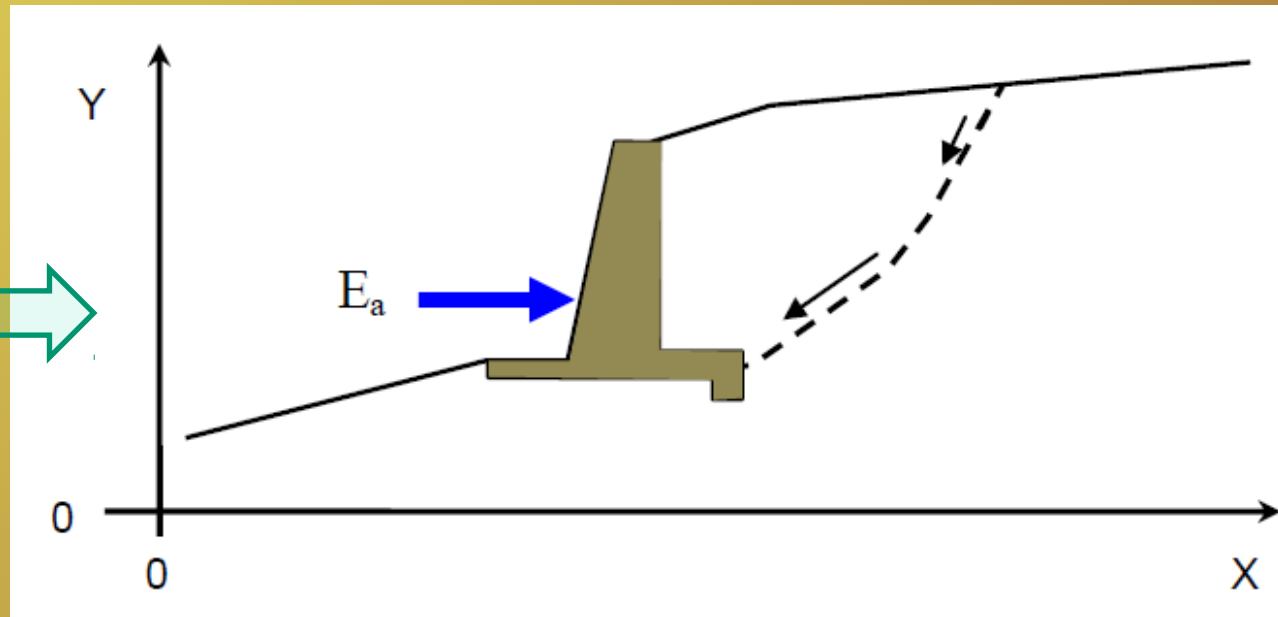


Muri

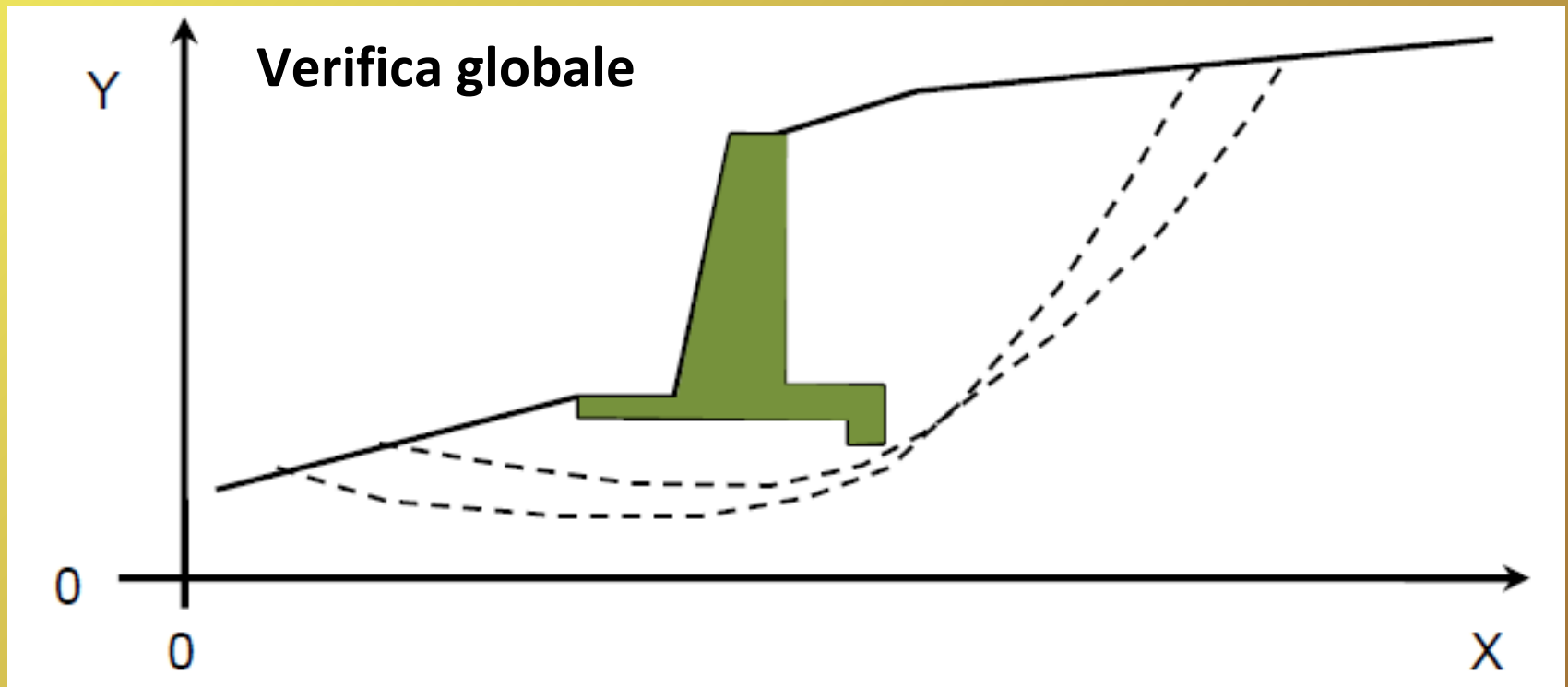


Una tipo di opera con Particolari interazioni Sono i muri di sostegno a gravità

SSAP consente le verifiche globali
Includendo il muro
E speciali verifiche singole
Che comprendono la reazione alla base del muro (verifica locale)



Nel codice SSAP è possibile considerare al presenza di opere di sostegno posizionate in vari punti su di un pendio. La verifica viene sviluppata considerando le opere stesse come ostacoli invalicabili per le superfici di scorrimento o come entità aventi una resistenza meccanica elevata (indicata dall'utente) e potenzialmente attraversabili da superfici di rottura



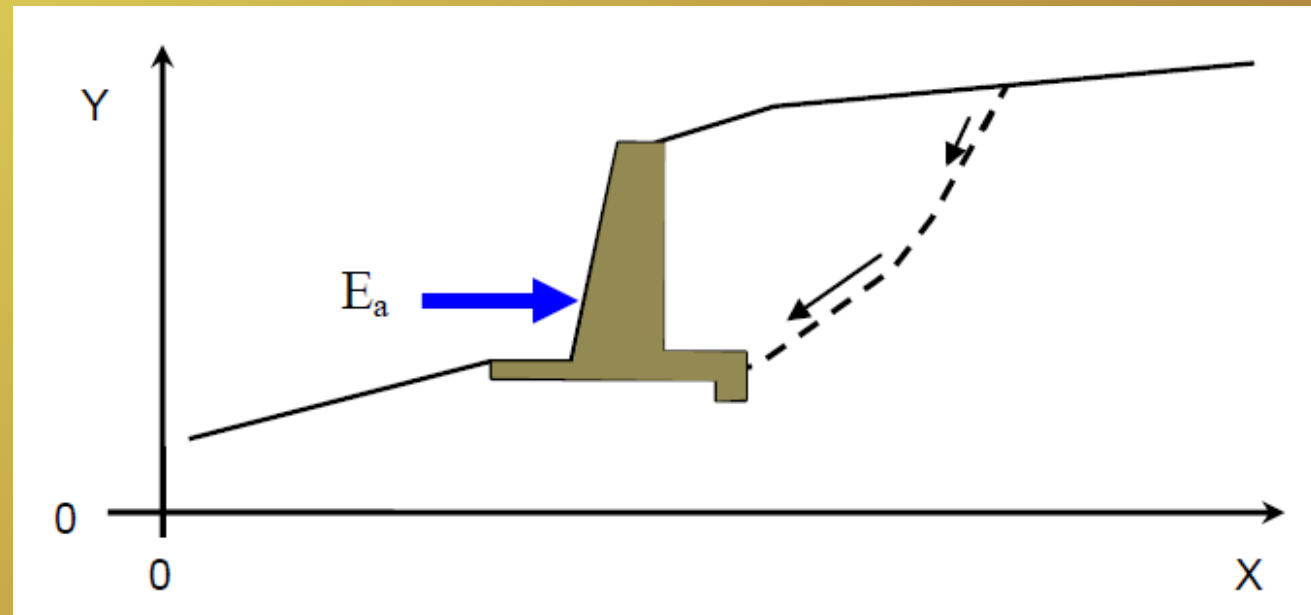
Il SSAP può quindi essere utilizzato per la verifica di stabilità globale necessaria ai fini progettuali dell'opera . La normativa italiana infatti prevede che sia effettuata una verifica di stabilità generale del complesso opera-pendio. **Le potenziali superfici di scivolamento testate dovranno considerare possibili scorrimenti superficiali e profondi (caso di muro fondato su pali).**

In generale le superfici di scivolamento dovranno passare in prossimità dello spigolo più interno, rispetto al pendio, dell'opera stessa e dovranno essere verificate anche superfici più profonde (BOWLES 1991).

Tuttavia si consideri che **i muri di sostegno offrono solo un effetto locale alla stabilità e la presenza di superfici più profonde, con minor F_s , potrebbe indicare un grado di stabilità globale ancora inadeguato.**

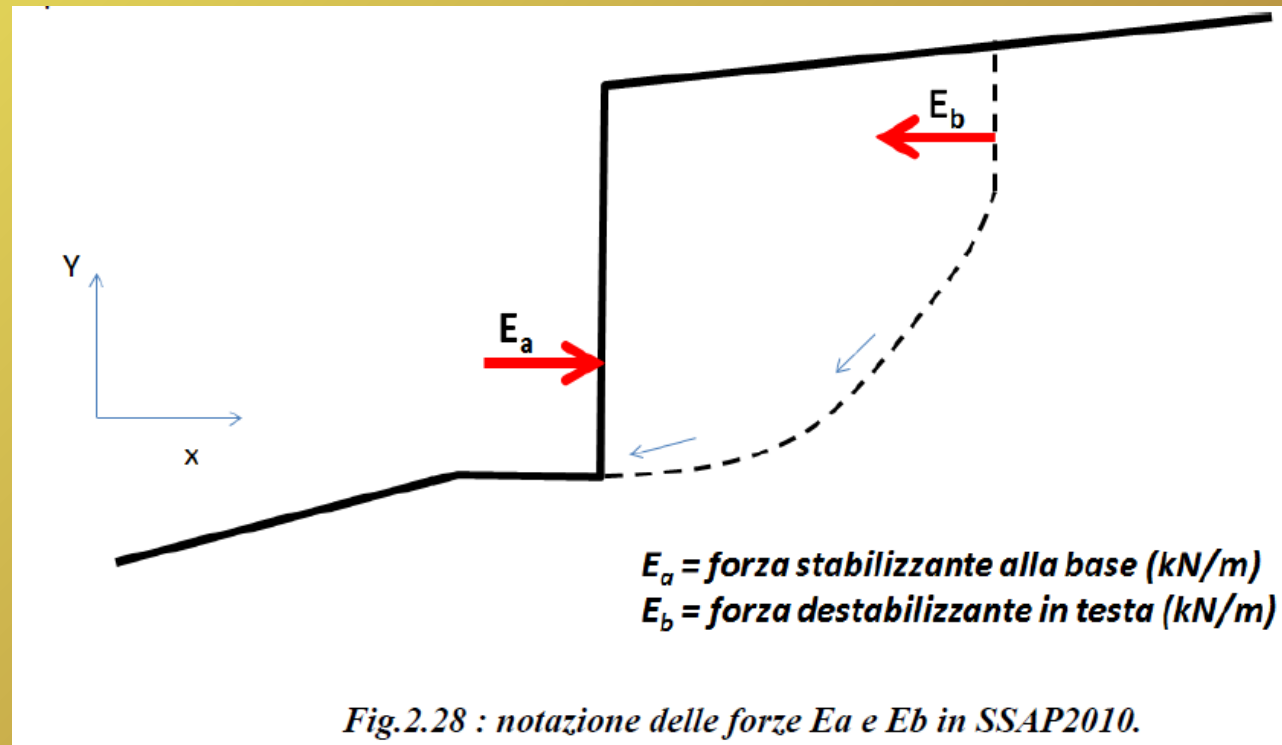
Nel caso di muri di sostegno il programma SSAP è in grado di valutare l'entità massima del cuneo di spinta a tergo del muro. In questo caso, dopo che la superficie a cui compete la maggior spinta, è stata identificata è possibile ripetere l'analisi su tale superficie (salvata e ricaricata come superficie singola) aggiungendo però una spinta orizzontale esterna E_a pari alla reazione orizzontale offerta dal muro e valutare così l'incremento del valore di F_s dovuto all'opera

Verifica singola
Con effetto di
reazione del muro
Dovuto alla
Frizione base
muro/suolo



Effetti aggiuntivi di spinta in testa alla superficie di scorrimento singola (forza E_b) Possono essere aggiunti (effetto Tension crack riempito di acqua)

I valori introdotti di E_a e E_b influenzano direttamente la distribuzione delle Forze interconco interne $E(x)$ e $T(x)$, e quindi il risultato come F_s finale.
La applicazione della forza E_a comporterà un incremento del F_s finale; mentre la applicazione della forza E_b produrrà un decremento del valore di F_s .



Vedasi anche manuale ssap pagina 42-43

In sintesi in presenza di Muri di sostegno:

- Inserire il muro come sua sezione e strato(lente) entro il pendio.
- Assegnare al muro di sostegno, in funzione del materiale costitutivo, opportuni valori di densità e resistenza al taglio:
(es. $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$; $C_u = 500-2000 \text{ kPa}$).
- Effettuare verifiche di stabilità globali con il metodo usuale, considerando anche superfici che passano per lo spigolo interno dell'opera
- Considerare superfici singole che si originano nello spigolo esterno in basso dell'opera e aggiungere una forza di reazione stabilizzante alla base
- Considerare possibili effetti di forze destabilizzanti in testa alla superficie come tension crack riempiti di acqua

Esempio con muro di sostegno con tension crack a tergo con e senza sisma ($kh=0.1$).

Cartella esempi: `...\corso_avanzato\scott\mod.mod`

Scenari di verifica: verifica globale e locale con e senza sisma ($kh=0.1$).

Condizioni particolari: verifica sup singola originata nello spigolo esterno e forza alla base di 100 kN/m (10 T)

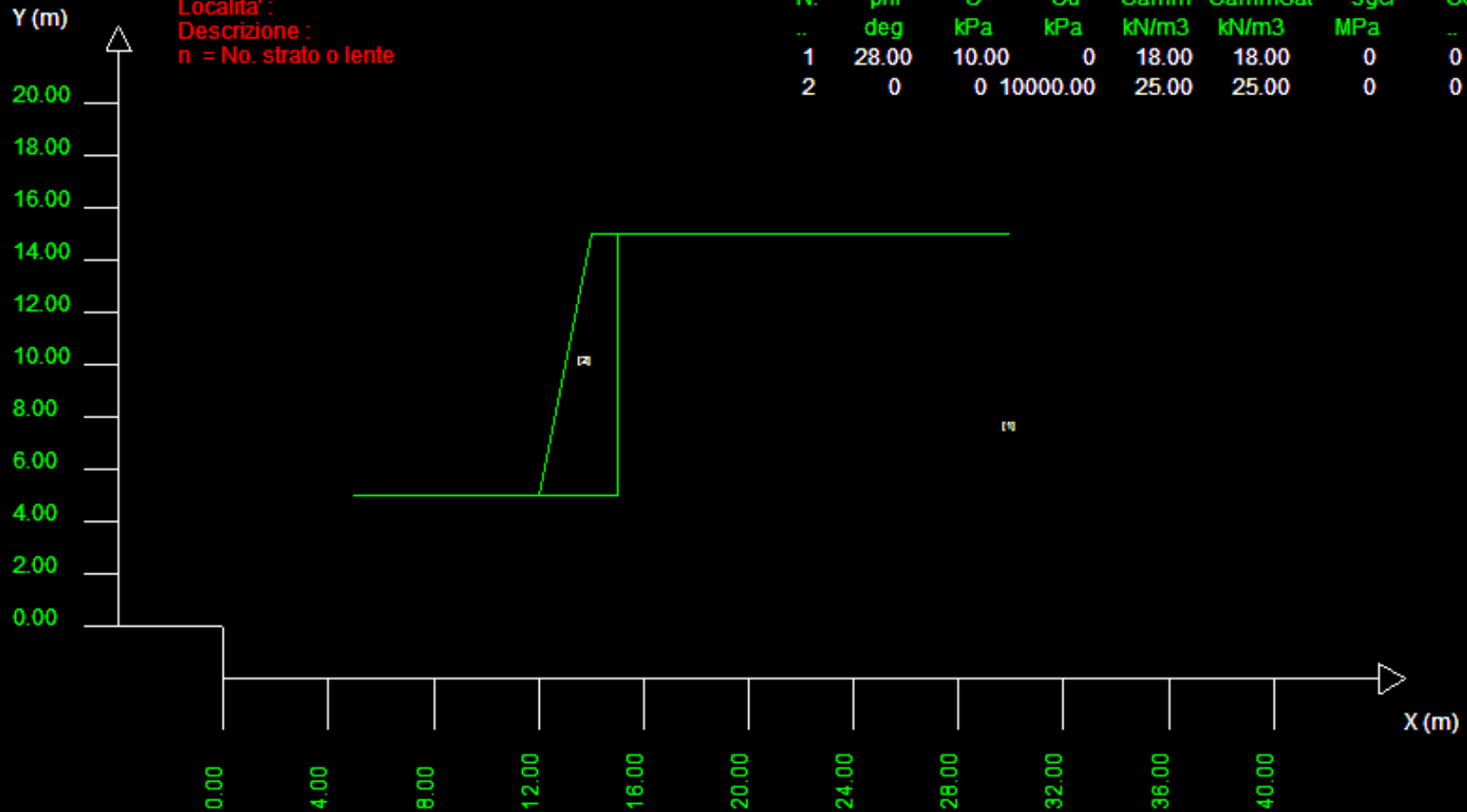
Condizioni opzionali: tirante da 20 T aggiuntivo

SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Data : 15/1/2013
 Localita' :
 Descrizione :
 n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	28.00	10.00	0	18.00	18.00	0	0	0	0
2	0	0	10000.00	25.00	25.00	0	0	0	0



Zoom All

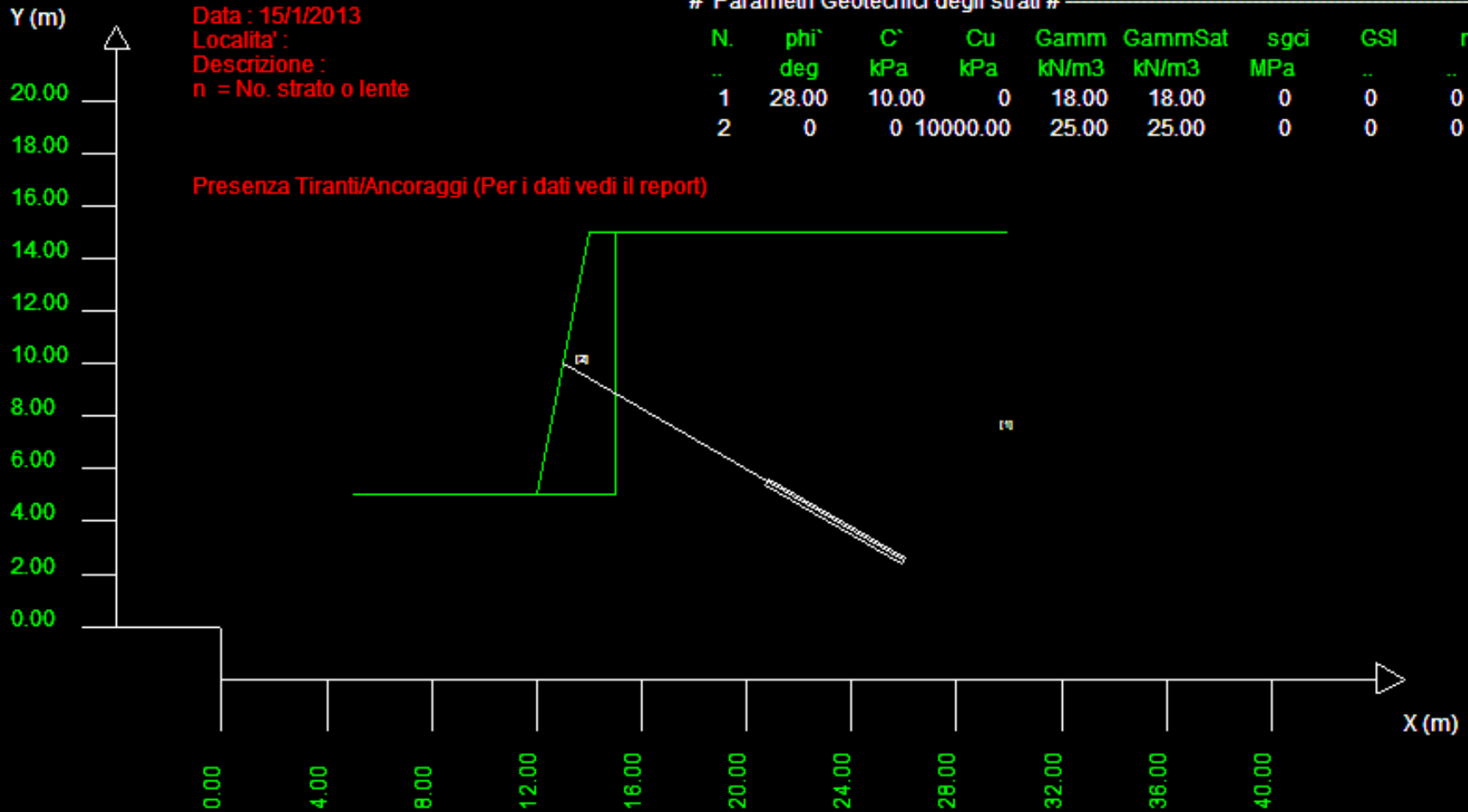
SSAP 4.2.0 (2012) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.1.0 (2012)

Data : 15/1/2013
Localita' :
Descrizione :
n = No. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi° deg	C° kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	28.00	10.00	0	18.00	18.00	0	0	0	0
2	0	0	10000.00	25.00	25.00	0	0	0	0

Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)



Futuri sviluppi da SSAP 2010... (rel. 4.2.0) ...a SSAP 2012 .. (rel. 5.0)

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D

Universidad Autónoma de San Luis Potosi -UASLP

Instituto de Geología

Facultad de Ingeniería.

San Luis Potosi, MEXICO

E_mail:

lborselli@gmail.com

lorenzo.borselli@uaslp.mx

http://www.lorenzo-borselli.eu

AVVIO VERIFICA

VERIFICA GLOBALE

VERIFICA SINGOLA



RISULTATI

DIAGRAMMI FORZE

GENERA / VEDI MAPPA Fs LOCALE

VEDI GRAFICI SUPERFICI

MONITOR VERIFICA

MODELLO PENDIO :

ES6.MOD

MODELLO DI CALCOLO

MODELLO DI CALCOLO : Morgestern e Price (1965)

COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh) : 0.0000

VERTICALE (Kv) : 0.0000

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA SUPERFICI Convex Random Search (CRS)

ZONA DI INIZIO - Progressive - (m) : da 0.00 a 108.00

ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m) : da 12.00 a 117.60

QUOTA LIMITE INFERIORE (m) : 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m) : 4.80

SMUSSA SUPERFICI: *Disattivato* EFFETTO TENSION CRACKS: *Attivato*RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: *Attivato* METODO (lambda0.Fs0): Δ

RISULTATI IN TEMPO REALE

Fs ITERATIVO : 2.837

RANGE Fs 10 SUPERFICI CON MINOR Fs : 1.440 - 1.521

n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: 301 di 10000

% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA : 21.24 -- 92.33

PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETATE: 3.01 %

Premi ESC per Terminare - Premi INVIO/ENTER per stop temporaneo

SETUP VERIFICA



INFO

OPZIONI

PARAMETRI

GESTIONE ACQUIFERI

OPZIONI AGGIUNTIVE

STRUMENTI



GENERA REPORT VERIFICA

GENERA FILES DXF

ESPORTA SUPERFICI

CAMBIA PAR. GEOTECNICI

EDITA FILES

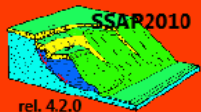
MAKEFILES 3.2

File SSAP2010.INI

<http://WWW.SSAP.EU>

MODELLO PENDIO

LEGGI MODELLO



rel. 4.2.0

VEDI MODELLO

HELP

ESCI dal PROGRAMMA

MESSAGGI

SUGGERIMENTI: effettuata una verifica di stabilità è possibile generare un rapporto (file di testo) con tutti i risultati e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica.

Da SSAP 2010...
a SSAP 2012

Quali futuri sviluppi per il CODICE ssap



EVOLUZIONE CERTA per SSAP2012:

- **INTERFACCIA UTENTE** (per tenere il passo con la evoluzione Sistemi operativi di PC o tablet)
- **METODI DI CALCOLO:** possibili miglioramenti e nuove opzioni per migliorare ancora la stabilità numerica e i filtri post-processing.
- **MOTORI DI RICERCA:** nuove opzioni e ottimizzazioni
- **Nuovo MOTORE DI RICERCA BASATO SU GLOBAL OPTIMIZATION E GENETIC ALGORITHMS**
- **STRUTTURE:** nuove opzioni (per tiranti e pali)
- **GRAFICI E OUTPUT GRAFICO RISULTATI:** mappe F_s , e DXF migliorati e rendering alternativo in GNUPLOT
- **ESTENSIONE REPORTING**
- **SITO WEB:** aggiornamento continuo
- **MANUALE UTENTE:** aggiornamento continuo

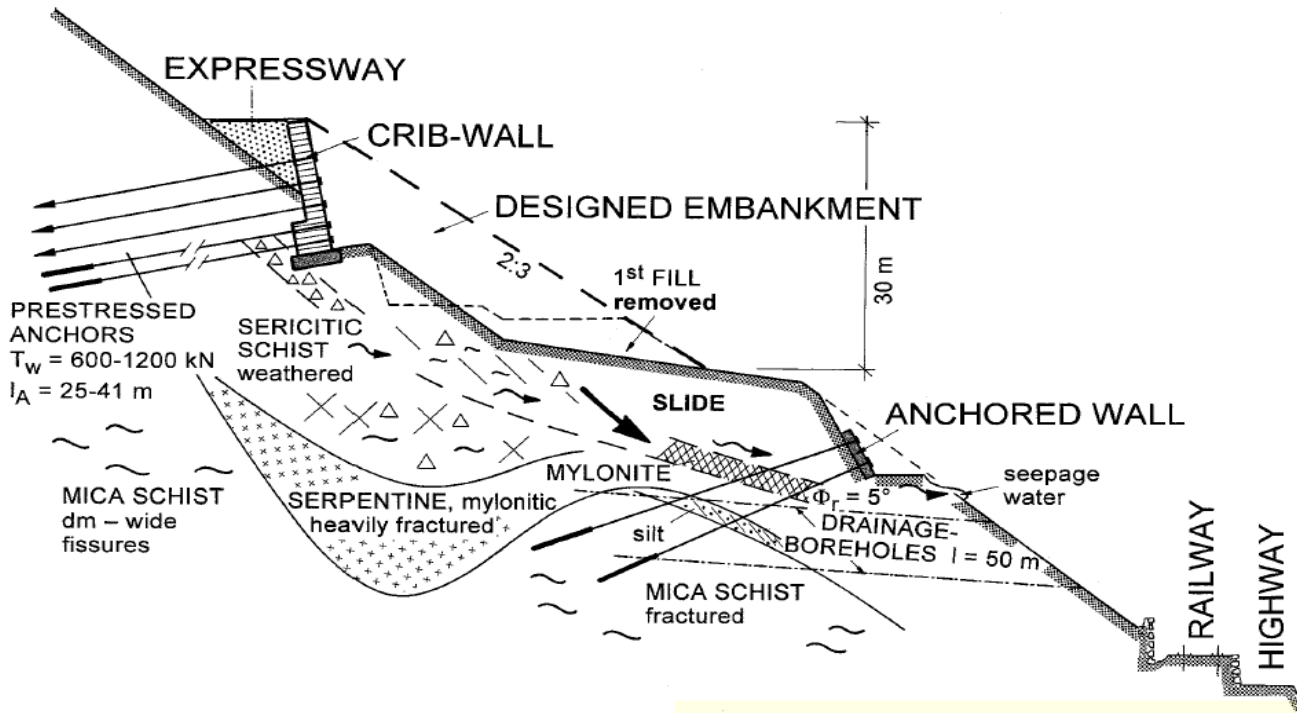
SVILUPPI POSSIBILI..

INTEGRAZIONE CRITERIO DI ROTTURA di Barton con il criterio GSI di Hoek et al. (2002.2006) per ammassi rocciosi fratturati

ALTRI SISTEMI OPERATIVI (linux ubuntu..MacOSx , android (TABLET...??))

VARIE E EVENTUALI SUGGERITE DAGLI UTENTI
(*come è sempre stato..*)

Da SSAP 2010...
a SSAP 2012



**Grazie per il vostro tempo
e la vostra attenzione ...
Buon lavoro a tutti... !!
*Lorenzo Borselli***