

# *I FRONTI DI SCAVO*

*Il rischio connesso alle  
attività di scavo in materiale  
sciolto o roccioso*

# Quadro normativo principale

- ❖ D.LGS. N.81 DEL 9 APRILE 2008
- ❖ dpcm 14 ottobre 1997, n. 412
- ❖ d.p.r. n. 321 del 20 marzo 1956
- ❖ d.p.r. n. 320 del 20 marzo 1956
- ❖ dm dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 e Circolare del Ministero dei lavori Pubblici 24/09/88 n. 30483
- ❖ d.p.r. del 14 settembre 2011, n. 177
- ❖ dm 17 gennaio 2018, NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI e CIRCOLARE 21/01/2009 N. 7 del C.S.LL.PP

Durante la progettazione dei lavori o delle operazioni di scavo il coordinatore per la progettazione deve redigere il piano di sicurezza e di coordinamento (PSC, d.lgs. 81/08 e s.m.i.).

Il PSC dovrà tenere conto che tra i lavori comportanti rischi particolari per la sicurezza e la salute dei risultano compresi *i lavori:*

## DI SCAVO CON RISCHIO DI SEPPELLIMENTO O DI SPROFONDAMENTO



*D.LGS. 81/2008*  
*SEZIONE III: SCAVI E FONDAZIONI*

*Articoli:*

*118. Splanteamento e sbancamento*

*119. Pozzi, Scavi e cunicoli*

*120. Deposito di materiali in prossimità degli scavi*

*121. Presenza di gas negli scavi*



## 118. Splatemento e sbancamento

1. Nei lavori di splatemento o sbancamento se previsto l'accesso di lavoratori, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti.

Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

2. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.

3. Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.

4. Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo.

5. Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

## 119. Pozzi, Scavi e cunicoli

1. *Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.*
2. *Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 centimetri.*
3. *Nello scavo dei cunicoli, a meno che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.*
4. *Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbriche o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.*
5. *Nella infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine con pericolo per i lavoratori.*

6. Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3 metri deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo ed all'asportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna.

7. Nei pozzi e nei cunicoli deve essere prevista una adeguata assistenza all'esterno e le loro dimensioni devono essere tali da permettere il recupero di un lavoratore infortunato privo di sensi.

7-bis. Il sollevamento di materiale dagli scavi deve essere effettuato conformemente al punto 3.4 dell'Allegato XVIII.

## ***120. Deposito di materiali in prossimità degli scavi***

1. E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

## **121. Presenza di gas negli scavi**

- 1. Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, **specie in rapporto alla natura geologica del terreno** o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo ad infiltrazione di sostanze pericolose.*
- 2. Quando sia accertata o sia da temere la presenza di gas tossici, asfissianti o la irrespirabilità dell'aria ambiente e non sia possibile assicurare una efficiente aerazione ed una completa bonifica, i lavoratori devono essere provvisti di idonei dispositivi di protezione individuale delle vie respiratore, ed essere muniti di idonei dispositivi di protezione individuale collegati ad un idoneo sistema di salvataggio, che deve essere tenuto all'esterno dal personale addetto alla sorveglianza. Questo deve mantenersi in continuo collegamento con gli operai all'interno ed essere in grado di sollevare prontamente all'esterno il lavoratore colpito dai gas.*

## *121. Presenza di gas negli scavi*

- 3. Possono essere adoperate le maschere respiratorie, in luogo di autorespiratori, solo quando, accertate la natura e la concentrazione dei gas o vapori nocivi o asfissianti, esse offrano garanzia di sicurezza e sempreché sia assicurata una efficace e continua aerazione.*
- 4. Quando si sia accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione; deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica, se siano da temere emanazioni di gas pericolosi, l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti ad incendiare il gas.*
- 5. Nei casi previsti dai commi 2, 3 e 4, i lavoratori devono essere abbinati nell'esecuzione dei lavori.*

# NTC 2018

Le Norme Tecniche forniscono le  
specifiche indicazioni al capitolo 6  
«*Progettazione Geotecnica*» con  
particolare riferimento al cap. 6.2, 6.3 e 6.8



# Progettazione geotecnica – Capitolo 6 | NTC 2018

**Il Capitolo 6** tratta il problema della progettazione geotecnica distinguendo, in particolare, il progetto e la realizzazione:

- delle opere di fondazione;
- delle opere di sostegno;
- delle opere in sotterraneo;
- delle opere e manufatti di materiali sciolti naturali;
- dei fronti di scavo;
- del miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi;
- del consolidamento dei terreni interessanti opere esistenti, nonché la valutazione della sicurezza dei pendii e la fattibilità di opere che hanno riflessi su grandi aree.

Nell'articolazione del progetto vengono introdotte, distintamente, la modellazione geologica e la modellazione geotecnica del sito i cui metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati, rispettivamente, nella "relazione geologica" e nella "relazione geotecnica". Dopo le indicazioni relative alle verifiche agli stati limite, si fa un breve ma significativo cenno al metodo osservazionale ed al monitoraggio del complesso opera-terreno. È introdotto, infine, un importante paragrafo sui tiranti di ancoraggio, con le relative verifiche, regole di realizzazione e prove di carico.



## **6.1. Disposizioni generali**

6.1.1. Oggetto delle norme

6.1.2. Prescrizioni generali

## **6.2. Articolazione del progetto**

6.2.1. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

6.2.2. Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

6.2.3. Fasi e modalità costruttive

6.2.4. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

6.2.4.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (slu)

6.2.4.1.1 Azioni

6.2.4.1.2 Resistenze

6.2.4.1.3. Verifiche SLU con l'analisi di interazione terreno-struttura

6.2.4.2 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici

6.2.4.3 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (sle)

6.2.5 Impiego del metodo osservazionale

6.2.6. Monitoraggio del complesso opera-terreno



## **6.3. Stabilità dei pendii naturali**

6.3.1. Prescrizioni generali

6.3.2. Modellazione geologica del pendio

6.3.3. Modellazione geotecnica del pendio

6.3.4. Verifiche di sicurezza

6.3.5. Interventi di stabilizzazione

6.3.6. Controlli e monitoraggio



## 6.5. Opere di sostegno

### 6.5.1 Criteri generali di progetto

### 6.5.2 Azioni

#### 6.5.2.1 Sovraccarichi

#### 6.5.2.2 Modello geometrico di riferimento

### 6.5.3 Verifiche agli stati limite

#### 6.5.3.1 Verifiche di sicurezza (slu)

##### 6.5.3.1.1 Muri di sostegno

##### 6.5.3.1.2 Paratie

#### 6.5.3.2 Verifiche di esercizio (sle)

## 6.6. Tiranti di ancoraggio

### 6.6.1. Criteri di progetto

### 6.6.2. Verifiche di sicurezza (slu)

### 6.6.3. Aspetti costruttivi

### 6.6.4. Prove di carico

#### 6.6.4.1. Prove di progetto su ancoraggi preliminari

#### 6.6.4.2. Prove di carico in corso d'opera sugli ancoraggi

## 6.7. Opere in sottoterraneo

### 6.7.1. Prescrizioni generali

### 6.7.2. Caratterizzazione geologica

### 6.7.3. Caratterizzazione e modellazione geotecnica

### 6.7.4. Criteri di progetto

### 6.7.5. Analisi progettuali e verifiche di sicurezza

### 6.7.6. Controllo e monitoraggio

## 6.8. Opere di materiali sciolti e fronti di scavo

### 6.8.1. Criteri generali di progetto

### 6.8.2. Verifiche di sicurezza (slu)

### 6.8.3. Verifiche di esercizio (sle)

### 6.8.4. Aspetti costruttivi

### 6.8.5. Controlli e monitoraggio

### 6.8.6. Fronti di scavo

#### 6.8.6.1 Indagini geotecniche e caratterizzazione geotecnica

#### 6.8.6.2 Criteri generali di progetto e verifiche di sicurezza



## 6.9. Miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi

6.9.1. Scelta del tipo di intervento e criteri generali di progetto

6.9.2. Monitoraggio

## 6.10. Consolidamento geotecnico di opere esistenti

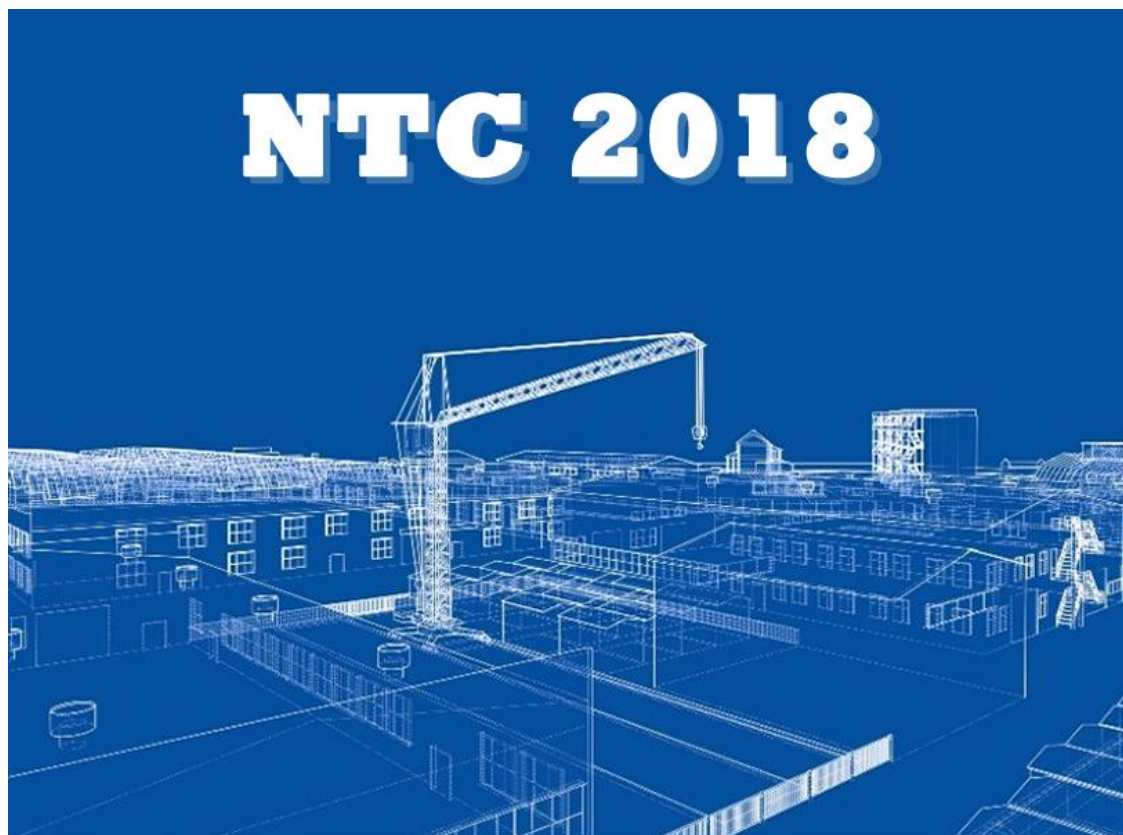
6.10.1. Criteri generali di progetto

6.10.2. Indagini geotecniche e caratterizzazione geotecnica

6.10.3. Tipi di consolidamento geotecnico

6.10.4. Controlli e monitoraggio

# NTC 2018



In particolare le NTC2018 chiariscono che:

*“...il progetto deve tener conto dell’esistenza di opere e sovraccarichi in prossimità dello scavo, deve esaminare l’influenza dello scavo sul regime delle acque superficiali e deve garantire la stabilità e la funzionalità delle costruzioni preesistenti nell’area interessata dallo scavo per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo;*

*le azioni dovute al terreno, all'acqua e ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate in modo da pervenire, di volta in volta, alle condizioni più sfavorevoli;*

*le ipotesi per il calcolo delle azioni del terreno e dell'armatura devono essere giustificate portando in conto la deformabilità relativa del terreno e dell'armatura, le modalità esecutive dell'armatura e dello scavo, le caratteristiche meccaniche del terreno e il tempo di permanenza dello scavo*

# FRONTI DI SCAVO:

cosa sono?



...le pareti in materiale sciolto (naturale o antropico) o in roccia che si vengono a formare a seguito dei lavori di scavo necessari alla realizzazione di infrastrutture o complessi edilizi più o meno articolati o complessi



# SCAVI PER OPERE DI FONDAZIONE







# SCAVI PER SOTTOSERVIZI (spesso scavi in trincea)





# COSTRUZIONI STRADE



# PENDII NATURALI

...rampe o versanti naturali in materiale  
sciolto o in roccia.











# CARATTERISTICHE DEI TERRENI

## ROCCE

R. Coerenti

R. Semicoerenti

R. Pseudocoerenti



## TERRENI SCIOLTI (SUOLO-DETRITI)

Materiali granulari

Materiali coesivi

# Rocce coerenti

Si tratta di materiali lapidei ad alta coesione e resistenza meccanica.

L'ammasso roccioso è però caratterizzato da famiglie di discontinuità (faglie, giunti, stratificazione, fratture ecc) che ne possono degradare le caratteristiche geotecniche (geomeccaniche)









# Rocce semicoerenti

Rocce clastiche debolmente cementate (conglomerati) o rocce marnose, a bassa resistenza geomeccanica.













# Rocce pseudocoerenti

Rocce caratterizzate da interstrati argillosi, limosi che in presenza di acqua possono comportarsi come un corpo plastico o liquido perdendo rapidamente le caratteristiche geotecniche iniziali.



## Terre a comportamento granulare

Nell'ambito di questa ulteriore categoria sono classificabili le *sabbie* ed i *materiali clastici* fino alle *ghiaie*, contraddistinti da reazioni agli sforzi di taglio imputabili essenzialmente alla resistenza per attrito interno, ossia alle forze di attrito che si generano in corrispondenza delle superfici di contatto tra i granuli.

## Terre a comportamento coesivo

Le terre *a forte componente argillosa* sono invece dette a comportamento coesivo, analogamente alle rocce pseudocoerenti, poiché le loro caratteristiche meccaniche sono essenzialmente condizionate dalla coesione esistente fra le particelle di natura argillosa. In questo caso, il valore della coesione può variare da 10 KPa a 0.5 Mpa.

Le forze in gioco sono dovute all'attrazione elettrostatica tra gli elementi lamellari costituenti il materiale argilloso; all'aumentare del contenuto d'acqua e, quindi, della pressione interstiziale o neutrale, la struttura flocculare diviene instabile e pertanto si riduce sensibilmente la compattezza della massa pelitica, che assume un comportamento plastico, fino a fluido-viscoso.

# STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO O DEL PENDIO

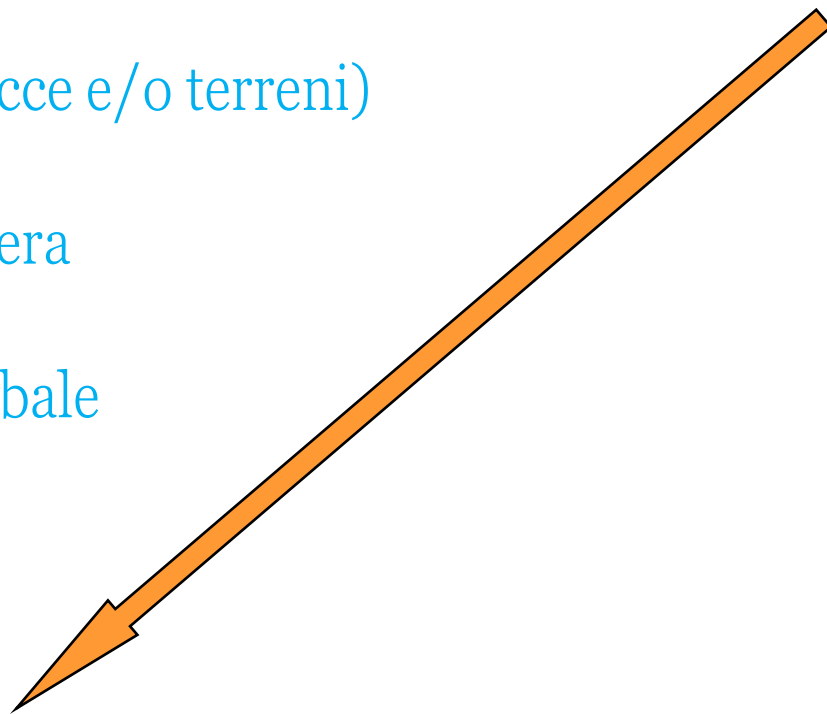
La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione deve essere valutata in sede progettuale in modo rigoroso; è necessario quindi effettuare tutte le indagini preliminari di natura geologica e geotecnica e le relative elaborazioni. Infatti, è possibile dare allo scavo un'inclinazione (definita Inclinazione di sicurezza, scarpa, angolo di scarpa) tale per cui essa risulti stabile **nel breve periodo** e non vi sia pericolo di crollo.





## RELAZIONE GEOLOGICA → MODELLO GEOLOGICO

- Litologie (rocce e/o terreni)
- Stratigrafia
- Falda acquifera
- Dissesti
- Stabilità Globale

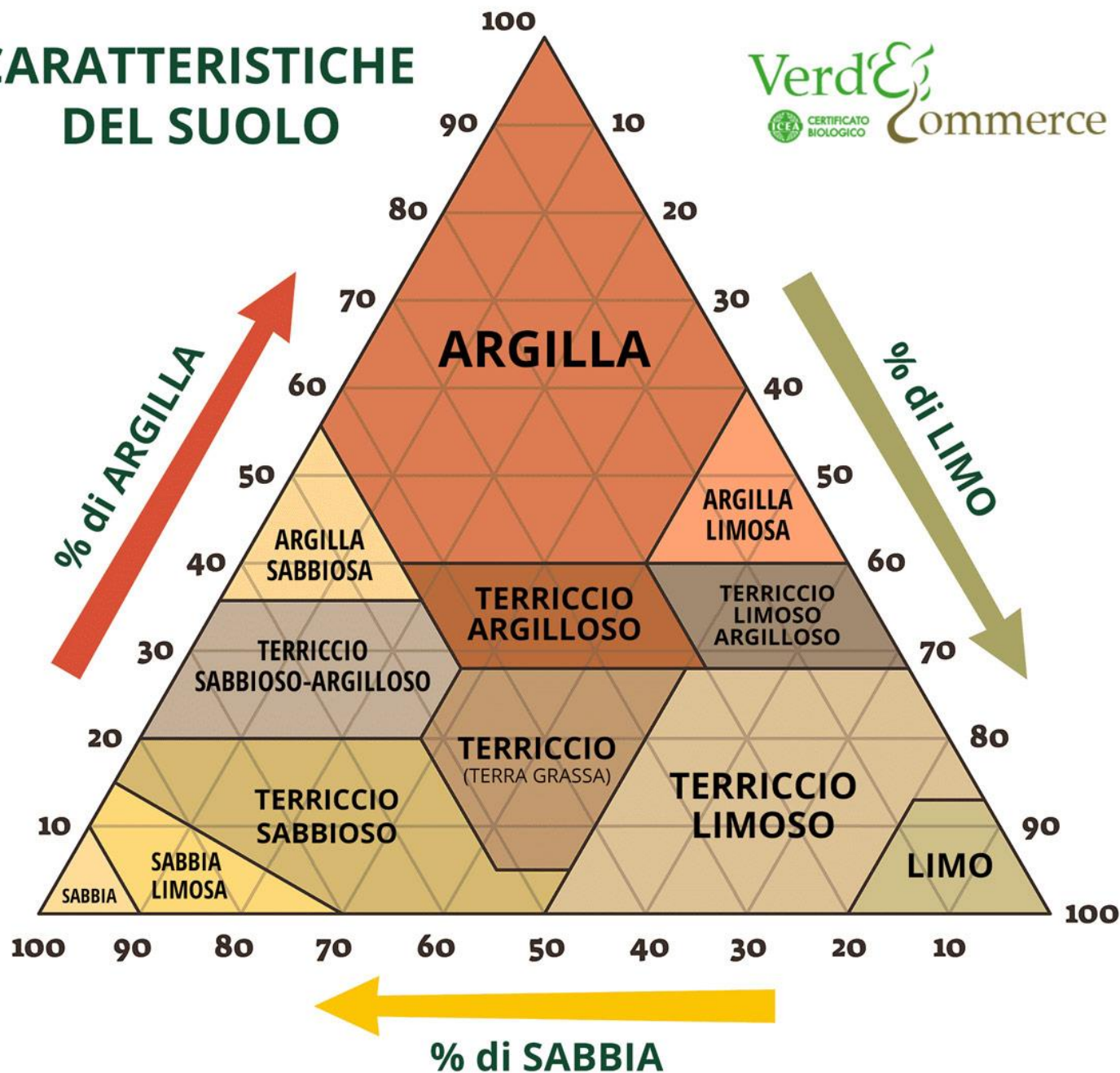


## RELAZIONE GEOTECNICA → MODELLO GEOTECNICO

- Parametri geotecnici della roccia o del terreno
- Verifiche di stabilità
- Dimensionamento strutture

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥80										
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

# CARATTERISTICHE DEL SUOLO





## Terreni granulari (NON coesivi)

La stabilità in questi terreni dipende direttamente dalle caratteristiche geotecniche e può essere ricondotta, indipendentemente dall'altezza dello scavo, al valore dell'angolo di attrito interno del materiale non coesivo.

Definito il *Fattore di Sicurezza* (FS) di una parete di scavo come:

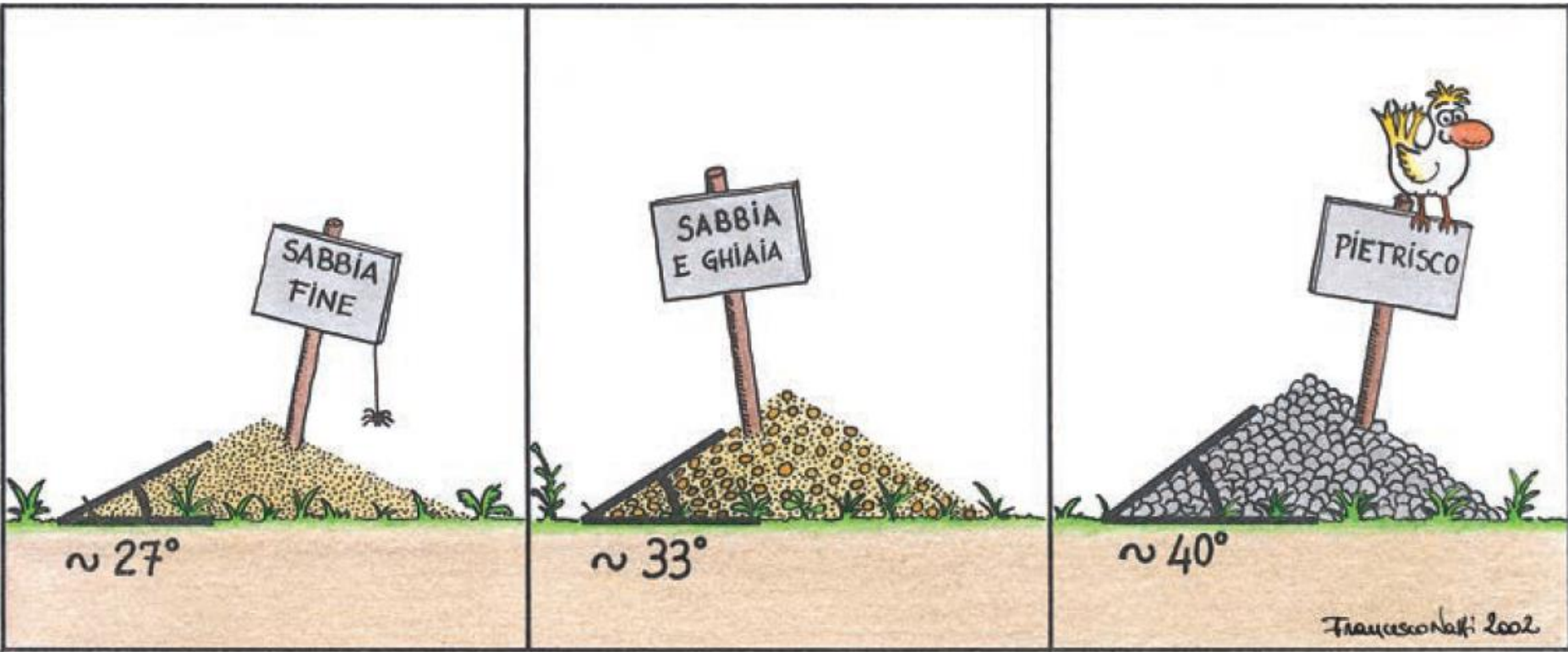
$$FS = \operatorname{tg} \Phi / \operatorname{tg} \beta$$

dove:

$\Phi$  = angolo di attrito interno del materiale

$\beta$  = inclinazione della parete di scavo

per valori di FS maggiori o uguali a 1 lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno



Francesco Neri 2002

## Terreni coesivi (fini)

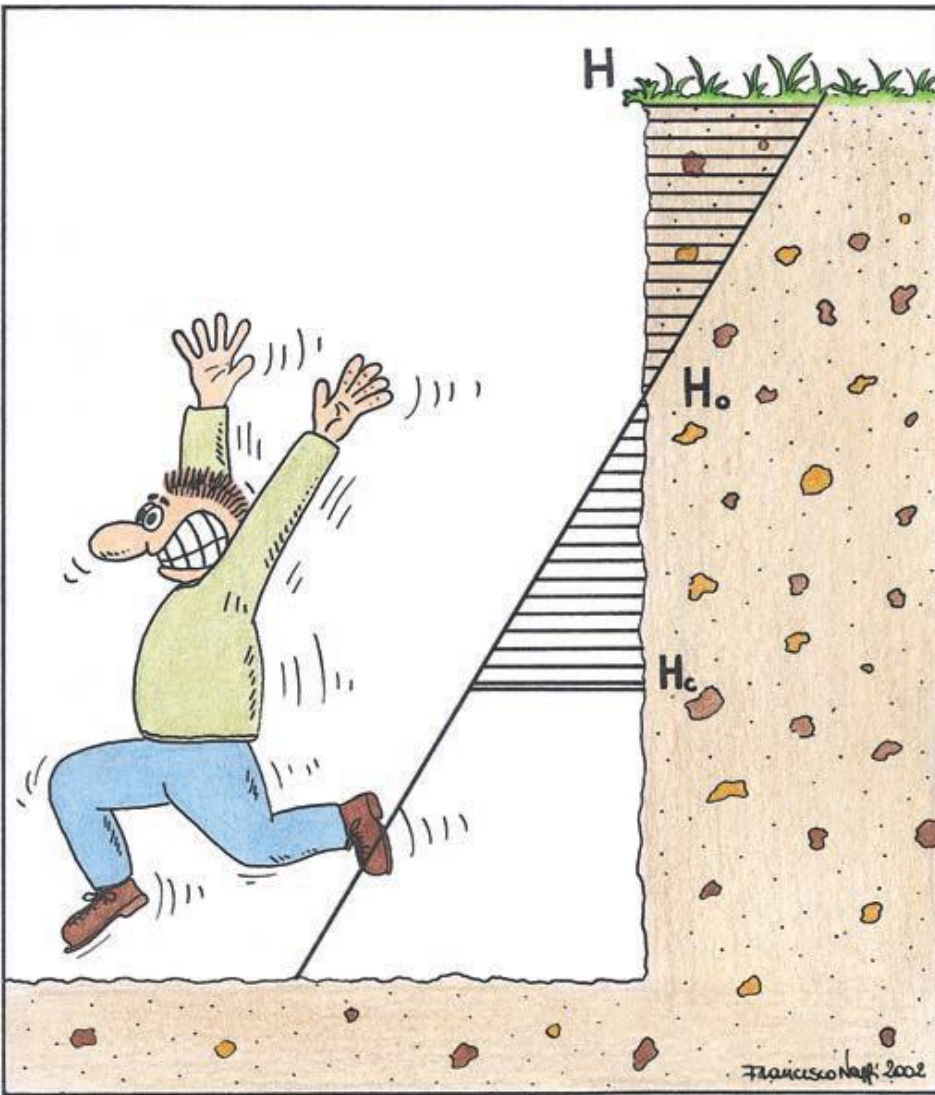
Nei terreni coesivi si può superare l'inclinazione dell'angolo d'attrito, in virtù della maggiore resistenza interna del materiale, per la presenza di forze di coesione tra le particelle.

Queste condizioni vengono convenzionalmente definite mediante le notazioni

$$\Phi = \Phi_u = 0 ; \quad c = c_u > 0$$

per indicare che il terreno reagisce alle tensioni indotte principalmente grazie alla coesione interna, poiché le forze di attrito potrebbero risultare del tutto inibite dalle sovrappressioni neutre.

Ciò risulta particolarmente evidente nei terreni argillosi, dove è possibile, per un tempo limitato, realizzare pareti verticali in grado di autosostenersi. In tal caso il fattore di controllo della stabilità è costituito dall'altezza della parete verticale.



Tale valore può essere calcolato con la seguente relazione:

$$H_c = 4c / \gamma_n$$

dove:

$H_c$  = altezza critica

$c$  = coesione

$\gamma_n$  = densità naturale del terreno.

Nel caso più generale, in cui la reazione dei terreni è funzione sia dell'attrito interno che della coesione, è possibile ricorrere ad uno strumento definito "Curve di Taylor".

Il valore della scarpa e della relativa altezza critica dello scavo possono essere ricavati da grafici che pongono in relazione l'angolo di scarpa con un coefficiente adimensionale  $N_s$  (Fattore di Stabilità) in dipendenza dei valori dell'angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) del materiale.

Il Fattore di Stabilità  $N_s$ , in tal caso correlato al valore approssimativo dell'angolo di attrito interno del terreno, permette di risalire all'altezza critica dello scavo, ossia alla massima altezza consentita con un determinato angolo di scarpa ( $b$ ), secondo la relazione:

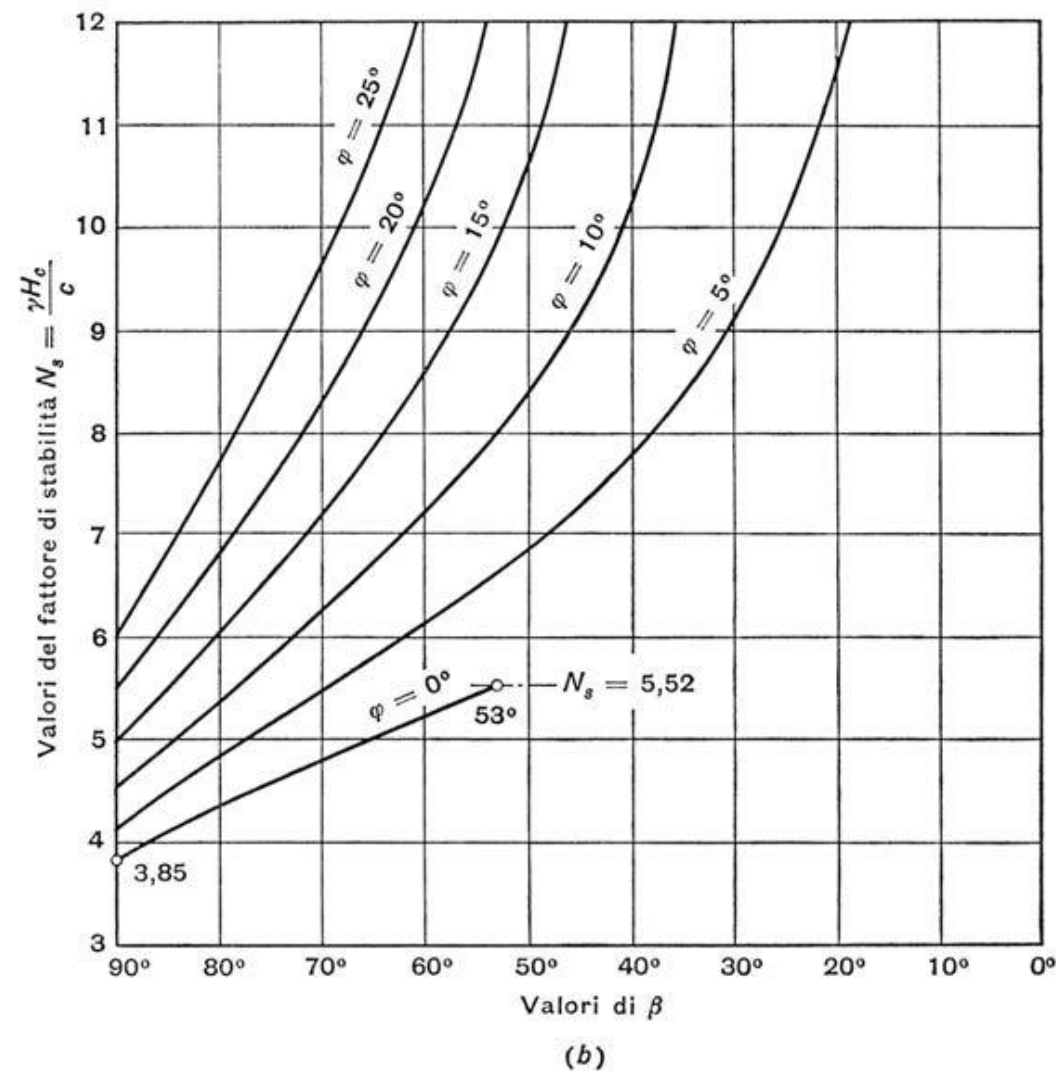
$$H_c = N_s \cdot c / \gamma_n$$

dove:

$c$  = coesione del materiale;

$\gamma_n$  = densità naturale del materiale;

$H_c$  = altezza critica dello scavo



Con il grafico è possibile verificare speditivamente la stabilità **a breve termine** di una parete di taglio, note le principali caratteristiche geotecniche dei materiali.

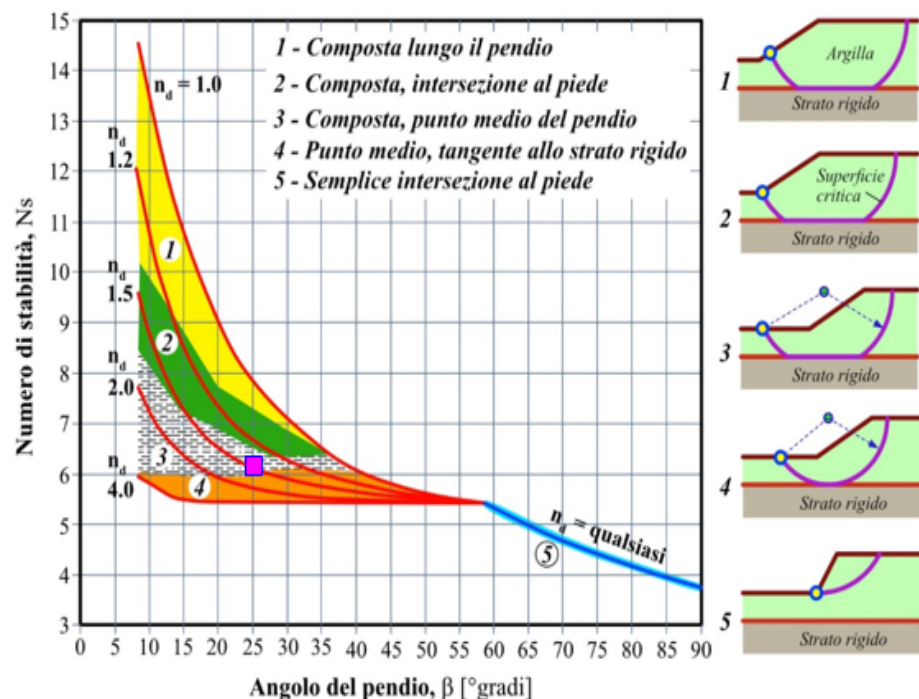
Si rileva come il caso particolare, relativo ai terreni solo coesivi ( $\varphi = 0^\circ$ ), di una parete verticale ( $\beta = 90^\circ$ ) porta a determinare sul grafico un valore di  $N_s$  pari a 3,85 (circa 4)



## Carta di stabilità di dei pendii

Pendii omogenei - Taylor rivisitato (da Steward, Sivakugan, Shukla e Das, 2011)

Terreni argillosi



$H = 1,00$  [m]  
 $\beta = 25,00$  [°gradi]

$\gamma_b = 19,00$  [kN/m<sup>3</sup>]  
 $c_u = 60,00$  [kN/m<sup>2</sup>]

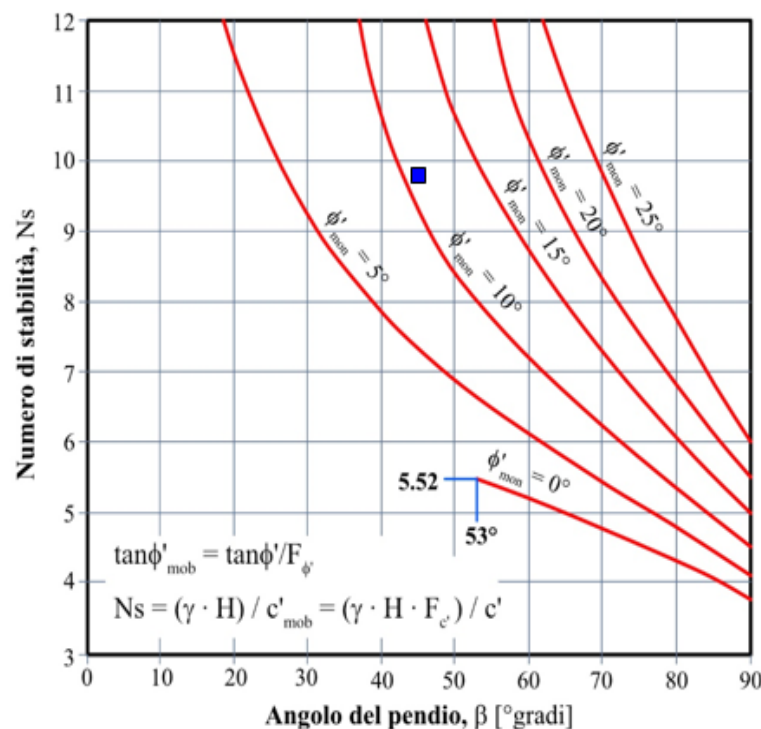
$n_d = 1,50$  -  
 $N_s = 6,18$  -

$F = 19,516$  -

## Carta di stabilità di dei pendii

Pendii omogenei - Taylor rivisitato (da Steward, Sivakugan, Shukla e Das, 2011)

Terreni con angolo di attrito e coesione



$H = 5,00$  [m]  
 $\beta = 45,00$  [°gradi]

$\gamma_b = 18,50$  [kN/m<sup>3</sup>]  
 $c' = 5,00$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $\phi' = 26,50$  [°gradi]

$F_\phi = 2,00$  -  
 $F_c = 1,50$  -

$\phi'_{mob} = 14,00$  [°gradi]  
 $c'_{mob} = 3,33$  [kN/m<sup>2</sup>]

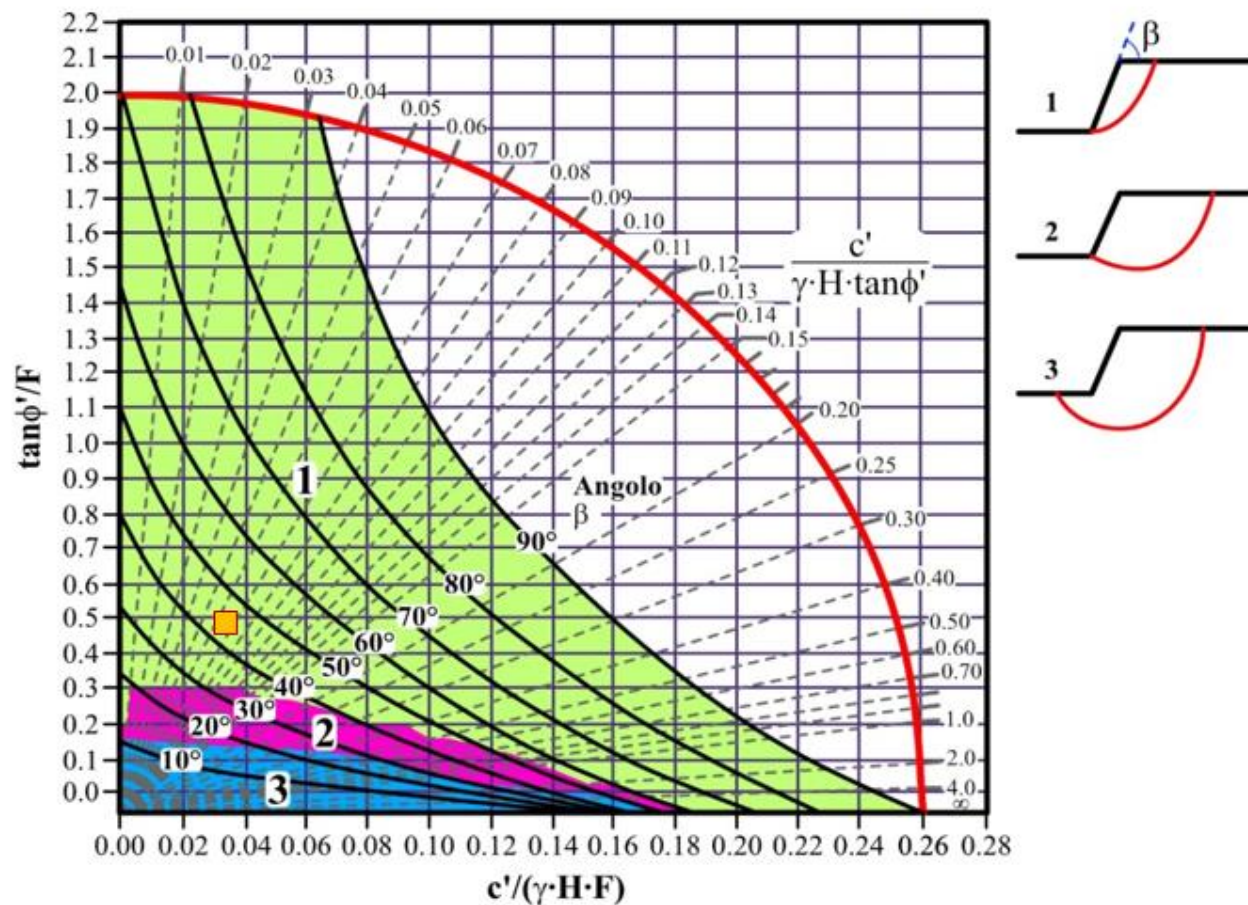
$N_s = 9,800$  -

$H_{cri} = 1,77$  [m]

# Carta di stabilità di dei pendii

Pendii omogenei - Taylor rivisitato (da Steward, Sivakugan, Shukla e Das, 2011)

Fattori di sicurezza



$H = 6,00$  [m]

$\beta = 0,00$  [°gradi]

$\gamma = 18,50$  [kN/m<sup>3</sup>]

$c' = 4,00$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\phi' = 28,30$  [°gradi]

$$c' / (\gamma \cdot H \cdot \tan \phi') = 0,067 -$$



PROGETTO  
SALUTE



# ATTENZIONE!!



Queste verifiche di stabilità speditive valgono solo per:

- Terreni omogenei
- Assenza di carichi alla sommità del pendio o dello scavo
- Assenza di falda acquifere
- Assenza di crepe o fature
- Sommità del pendio pianeggiante



# ALTRIMENTI VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE COME RACCOMANDATO DALLE NTC2018

**In condizioni statiche:**

$A2+M2+R2$  con  $\gamma R2= 1,1$

(no azione sismica per fronti temporanei, riduzione parametri caratteristici geotecnici del terreno)

**In condizioni sismiche:**

$A2+M2+R2$  con  $\gamma A2=1$   $\gamma M2=1$  e  $\gamma R2= 1,2$

(azione sismica e no riduzione parametri caratteristici geotecnici del terreno, non si amplificano le azioni)

**IL VALORE DI  $F_s$  è STABILITO DA PROGETTISTA  
( $\geq 1,0$ )**

**Da NTC2018 par. 6.8.6.2:**

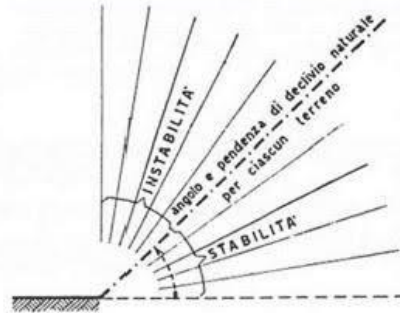
**Per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m**, nei quali sia prevista la permanenza di personale, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo. Le verifiche devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE), quando pertinenti.

**Da D.Lgs. 81/2008 artt. 118 e 119:**

118. 1: Nei lavori di splateamento o sbancamento se previsto l'accesso di lavoratori, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. **Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50**, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

119: 1. **Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50**, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.

Nel caso in cui non siano disponibili studi specifici (per esempio relazioni geotecniche) riguardanti la tipologia del terreno interessato dalle operazioni di scavo, di norma in Italia la scarpata di monte si realizza con una pendenza di 1:1, anche se sono tuttavia possibili inclinazioni maggiori sino a 3:2 sui terreni più stabili (di natura grossolana). Dovranno invece essere ridotte a 2:3 per terreni fini coesivi, soprattutto in presenza di acque sottosuperficiali. Nelle scarpate di riporto, il materiale può essere disposto secondo l'angolo naturale di attrito interno (Bortoli, 1982).



DENOMINAZIONE TERRE	ANGOLI DI DECLIVIO NATURALE PER TERRE		
	ASCIUTTE	UMIDE	BAGNATE
Rocce dure .....	80 ÷ 85°	80 ÷ 85°	80 ÷ 85°
Rocce tenere e fessurate, tufo .....	50 ÷ 55°	45 ÷ 50°	40 ÷ 45°
Pietrame .....	45 ÷ 50°	40 ÷ 45°	35 ÷ 40°
Ghiaia .....	35 ÷ 45°	30 ÷ 40°	25 ÷ 35°
Sabbia grossa non argillosa .....	30 ÷ 35°	30 ÷ 35°	25 ÷ 30°
Sabbia fine (non argillosa) .....	30 ÷ 40°	30 ÷ 40°	10 ÷ 25°
Terra vegetale .....	35 ÷ 45°	30 ÷ 40°	20 ÷ 30°
Argilla, marne (terra argillosa) .....	40 ÷ 50°	30 ÷ 40°	10 ÷ 30°
Terre forti .....	45 ÷ 55°	35 ÷ 45°	25 ÷ 35°

*Tabella VI: Linee guida per la pendenza delle scarpate di scavo e di riporto (modificato da British Columbia Forest Code, 1995)*

<b>Scarpate di scavo</b>		<b>Scarpate di riporto</b>	
<i>materiale<sup>2</sup></i>	<i>pendenza</i>	<i>materiale</i>	<i>pendenza</i>
miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie da sciolte ad addensate (SW, SP)	1/1.5	miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie (SW, SP) miscele di ghiaia, sabbia, limo e argilla (GM, GC)	1/1.5
sabbie limose (SM)	1/1		
limi da addensati a molto addensati sino a cementati (ML)	1/0.75	limi (ML, MH) argille (CL, CH)	1/2.5
limi soffici, limi argillosi (MH)	1/1.5		
argille limose (CL) argille inorganiche (CH)	1/1		





# POSSIBILI CAUSE CEDIMENTO DELLO SCAVO

(deterioramento caratteristiche geotecniche)

1. Altezza dello scavo superiore all'altezza critica (in relazione all'angolo di scarpa, scarse proprietà geotecniche)
2. Presenza di acqua sul fronte o acque superficiali
3. Carichi alla sommità del fronte di scavo
4. Vibrazioni
5. Piogge intense e prolungate o acque non correttamente regimate
6. Sisma

# POSSIBILI CAUSE CEDIMENTO DEL PENDIO NATURALE

1. Scavo alla base del pendio
2. Aumento dell'acqua sul pendio (superficiale e freatica)
3. Carichi alla sommità del fronte del pendio
4. Vibrazioni
5. Piogge intense e prolungate o acque non correttamente regimate
6. Sisma
7. Frana pre-esistente
8. In roccia: intensa fratturazione, giaciture sfavorevoli e presenza di apparati radicali

# PRECAUZIONI, ACCORGIMENTI, ATTENZIONI E PRESCRIZIONI

## Premessa

1. *Verificare SEMPRE preventivamente allo scavo, la presenza di sottoservizi. Se del caso, contattare l'Ente gestore per la verifica puntuale ed ottenere i necessari permessi*
2. *Verificare la compatibilità archeologica*
3. *In determinate zone è obbligatorio, preventivamente allo scavo, la ricerca di ordigni bellici inesplosi*
4. *Se il lavoro è previsto su pendio verificare sempre con il Geologo le caratteristiche del versante e l'esclusione di dissesti in atto o presunti*



5. *Attenersi sempre alle indicazioni e prescrizioni di sicurezza del fronte di scavo riportate nella relazione geologica e geotecnica. In particolare al rispetto dell'altezza e dell'angolo massimo della scarpata*
6. *In caso di scavi particolarmente rilevanti ed in siti particolarmente sensibili (zone urbane, limitrofi a sedi stradali o ferroviarie) avvalersi della Assistenza Geologica alla D.L.*

### Domande di controllo

Per garantire la sicurezza dei lavoratori, il responsabile tecnico dei lavori di scavo deve verificare, durante la prima e le successive visite al cantiere, l'adeguatezza delle misure di sicurezza approntate con riferimento alle seguenti domande:

1. Il lavoro riguarda una trincea o uno scavo a cielo aperto?
2. Lo scavo è profondo più di 1,5 metri?
3. Nello scavo vi è presenza di acqua?
4. Nello scavo sono presenti adeguati mezzi per l'ingresso e l'uscita dei lavoratori?
5. Sono presenti passerelle della giusta larghezza e dotate di parapetti per attraversare lo scavo?
6. È presente traffico veicolare nelle immediate vicinanze dello scavo?
7. Sono presenti edifici in prossimità dello scavo?
8. I mezzi di scavo sono dotati di segnali acustici di avviso?
9. È presente un tecnico competente durante i lavori?
10. Sono previste procedure per l'individuazione di sostanze pericolose dentro lo scavo?
11. È stato determinato il tipo di terreno di scavo da parte di un tecnico competente?
12. Il terreno di scavo è posto ad una distanza di almeno 1 metro dal bordo di quest'ultimo?
13. Nel caso in cui si usino scale a mano quale mezzo per uscire dallo scavo, queste sono raggiungibili entro un raggio di 10 metri?
14. È presente la documentazione di precedenti visite di controllo fatte allo scavo in oggetto?

## Raccomandazioni importanti

Per la particolare pericolosità dei lavori di scavo, il responsabile tecnico, durante i controlli, dovrebbe avere cura di rinnovare le seguenti importanti raccomandazioni che costituiscono una buona base culturale per prevenire il verificarsi del rischio:

1. nessuno può stabilire con assoluta certezza che uno scavo sia sicuro e che non occorra predisporre alcun tipo di armatura;
2. infortuni mortali o estremamente gravi si possono verificare anche se il lavoratore non è completamente sommerso dal terreno. Lavoratori seppelliti solo fino alla cinta sono purtroppo deceduti in conseguenza della forte pressione esercitata sul corpo dal terreno;
3. gli scavi eseguiti vicino a precedenti scavi sono particolarmente pericolosi in quanto il terreno possiede scarsa compattezza;
4. la presenza di acqua aumenta la possibilità che lo scavo possa franare. L'incremento della pressione dell'acqua nel terreno può essere il fattore determinante per eventuali smottamenti delle pareti di scavo;
5. l'argilla può essere estremamente pericolosa se asciugata dal sole. Grandi blocchi di terreno possono franare dalle pareti della trincea dopo essere stati stabili per lunghi periodi di tempo;
6. le pareti gelate di uno scavo non devono essere considerate come alternative alle strutture di sostegno;



7. lo scavo deve essere considerato alla stregua di uno spazio confinato in cui controllare e verificare che i lavoratori non siano esposti a sostanze pericolose;
8. le strutture di sostegno degli scavi devono sempre tener conto dei carichi addizionali determinati dal peso del terreno accumulato ai bordi della trincea, del traffico veicolare, di altre strutture adiacenti, ecc;
9. quando un lavoratore o una parte di una macchina o attrezzatura edile si trova ad una distanza inferiore a 3 metri da una linea elettrica interrata o aerea, occorre contattare l'azienda erogatrice al fine di poter proseguire i lavori;
10. le opere di sostegno vanno sempre realizzate secondo gli schemi predisposti dal responsabile tecnico competente;
11. i montanti, pannelli, puntoni utilizzati per le opere di sostegno devono sempre essere dimensionate in funzione delle condizioni del suolo, della profondità e della larghezza della trincea, nonché delle condizioni specifiche di carico presenti;
12. nessun lavoratore deve operare in trincea al di fuori dell'armatura di sostegno.

## D.P.I. e buone norme comportamentali

1. L'accesso alla base del fronte dello scavo o del pendio, o all'interno della trincea, deve avvenire solo se necessario per le attività di cantiere e in mancanza di soluzioni alternative
2. Il personale che lavora nella trincea di scavo o alla base di un pendio deve sempre indossare i DPI previsti dalla normativa ed in particolare caschetto, scarpe antiinfortunistica, guanti, occhiali di protezione, indumenti alta visibilità (set minimo)
3. E' bene che il personale che si trovi in uno scavo o alla base di un pendio informi sempre della sua attività e del luogo dove si trova
4. E' bene che durante lavori particolarmente complessi (ad esempio saldature in trincea a fronte verticale, lavori con escavatore) il personale non coinvolto nell'attività controlli costantemente il fronte o il pendio
5. Durante la sospensione dei lavori deve essere adeguatamente segnalata la presenza del fronte di scavo in cantiere

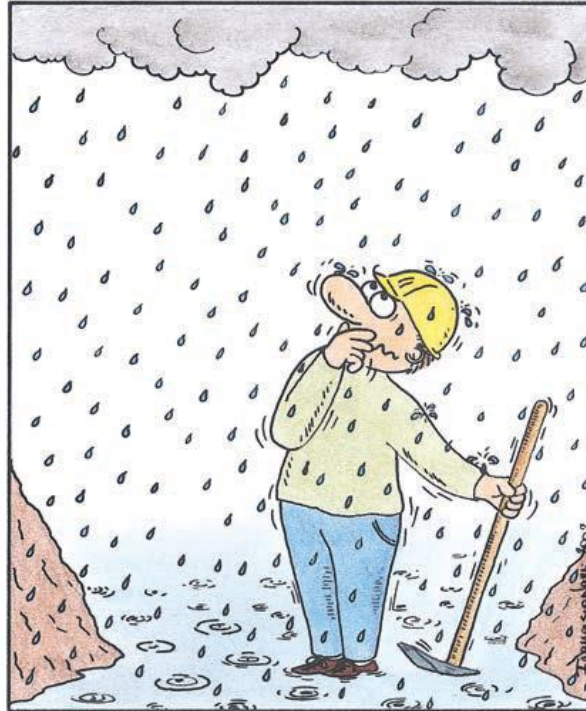






## Fattori ambientali

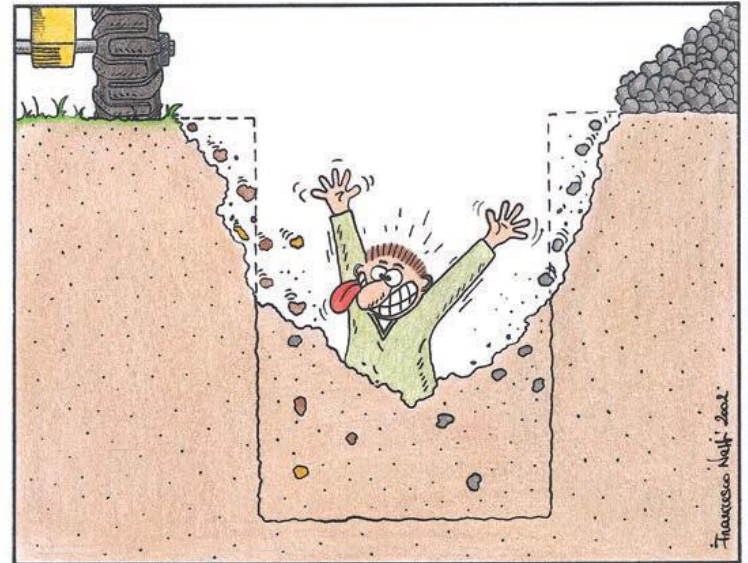
1. *Evitare di procedere con lo scavo o sostare alla base dello stesso o di un pendio durante piogge persistenti e/o intense (o predisporre idonee opere di sostegno e protezione)*
2. *Evitare di procedere con lo scavo o sostare alla base dello stesso o di un pendio in presenza di terreno gelato o in fase di evidente ed inteso disgelo (o predisporre idonee opere di sostegno e protezione)*





## Stabilità dello scavo o del pendio

1. *Lo scavo deve essere sempre protetto con teli impermeabili per evitare l'erosione superficiale e l'eventuale saturazione del materiale sciolto*
2. *In caso di fronti rocciosi è bene procedere preventivamente all'ispezione e disgaggio della parete rocciosa*
3. *In presenza di acqua, è necessario prevedere al drenaggio ed il suo allontanamento dal cantiere*
4. *Realizzazione di idonee opere di sostegno (>2 metri in fronti verticali obbligatorie, >1,5 per il TU 81/08 art. 118-119 )*
5. *Monitoraggi strumentali o visivi*







## Opere di sostegno e protezione

### PENDII O SCAVI IN ROCCIA:

- ❖ Opere di protezione attive: chiodature, reti o pannelli fune in aderenza, disgaggi e demolizioni
- ❖ Opere di protezione passive: barriere paramassi, tomo-vallo

### PENDII O SCAVI IN TERRENO:

- ❖ Opere di protezione attive: gradonature del versante, interventi di ingegneria naturalistica (es. rinverdimenti, copertura con pacciamature o fieno, palificate), drenaggi
- ❖ Opere di protezione passive: paratie micropali, berlinesi, palancole, teli di protezione, scogliere, blindaggio scavi, gabbionate



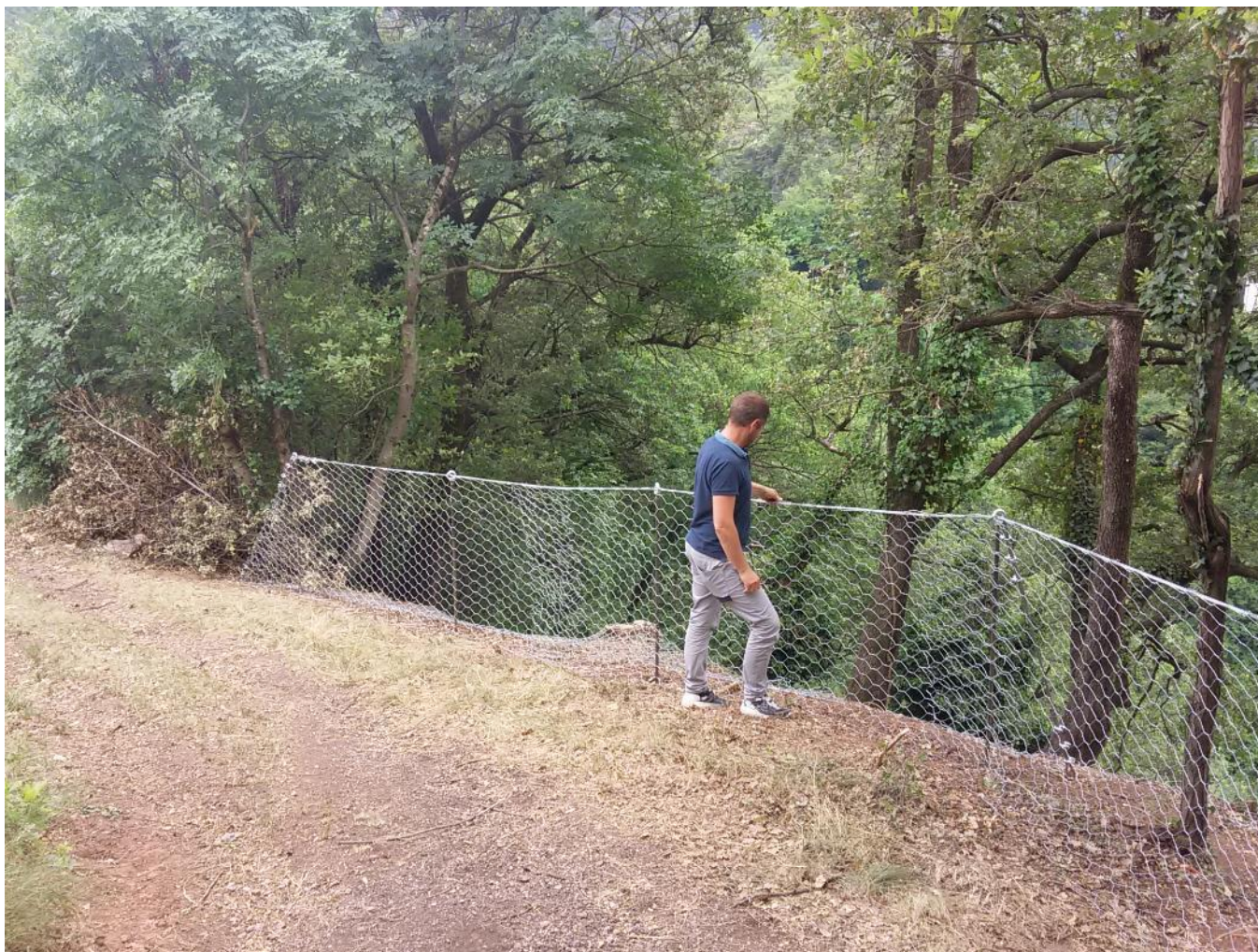
















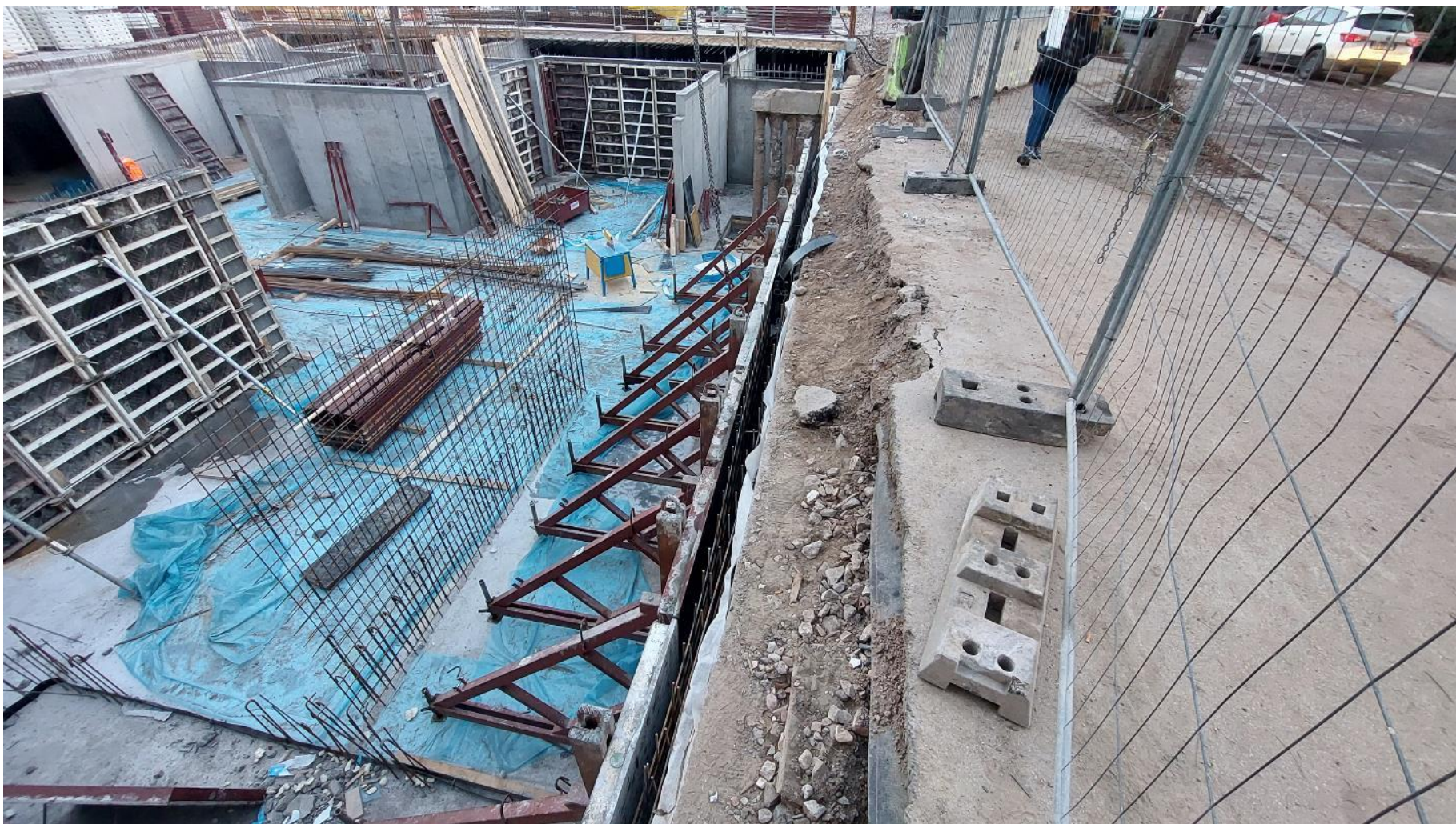






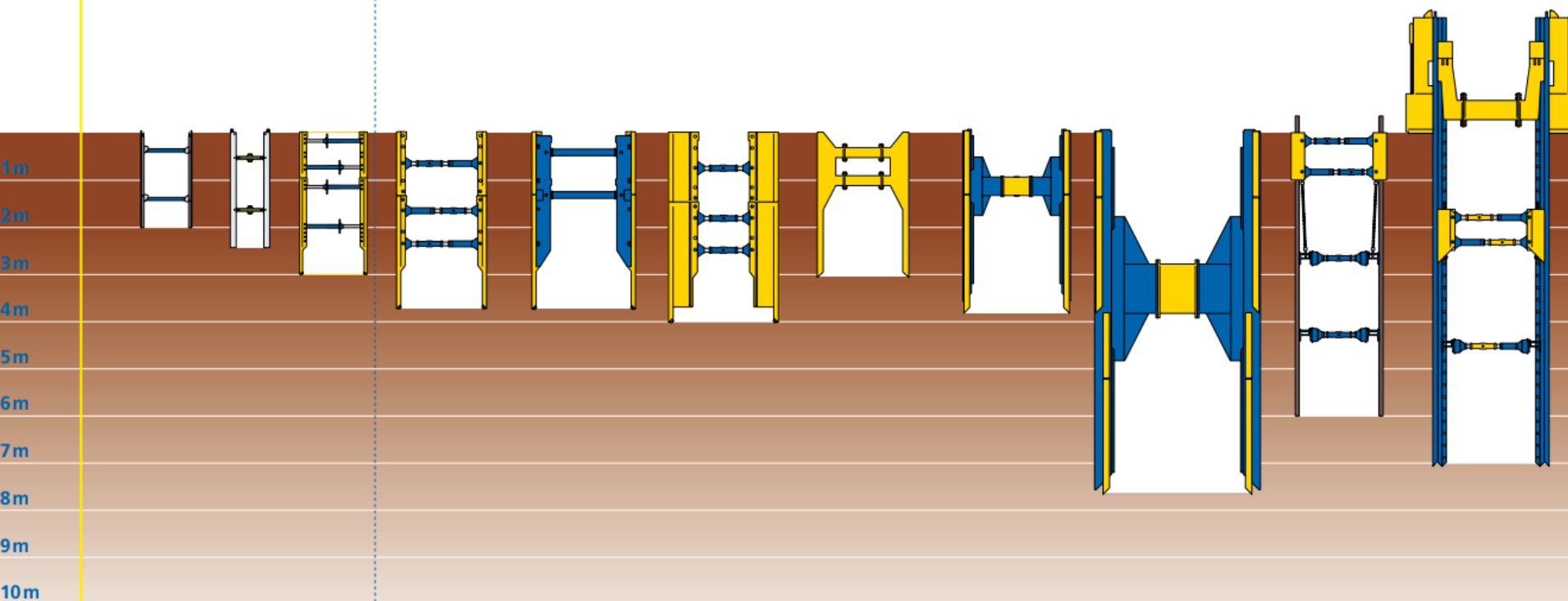












Blindaggio rapido	Blindaggio alluminio	Blindaggio leggero	Box di blindaggio	Box di blindaggio per grandi tubi	Box speciali		Blindaggio con slitte di scorrimento		Blindaggio con presenza di servizi nello scavo	
					per pozzetti	a traino	a rotaia di guida semplice	a rotaia di guida doppia	con pannelli porta palancole	con macchina pressa palancole
consigliato fino a 2,00 m	consigliato fino a 2,40 m	consigliato fino a 3,00 m	consigliato fino a 4,00 m	consigliato fino a 4,00 m	consigliato fino a 4,00 m	consigliato fino a 3,00 m	consigliato fino a 3,80 m	consigliato fino a 7,60 m	consigliato fino a 6,00 m	consigliato fino a 7,00 m
			Box leggero Box extra Box standard	Box con guide di giunzione Box maxi Box RS	Box a cassa chiusa	Box per impiego in zone senza servizi			combinato con palancoline KD6/8	in fissione idraulica di palancole scatolari

### Attrezzatura di scavo

Non necessaria	Mini scavatore	Scavatore gommato	Scavatore gommato o cingolato	Scavatore gommato o cingolato	Scavatore gommato o cingolato	Scavatore cingolato	Scavatore gommato o cingolato	Scavatore cingolato	Scavatore gommato	Scavatore gommato o cingolato
	3 - 9 t	9 - 13 t	solo box base 12 - 18 t	18 - 30 t	18 - 30 t	30 - 50 t	18 - 30 t	bis T ≤ 6,2m 24 - 31 t	9 - 13 t	18 - 30 t + autoaru da 80 t





PROGETTO  
SALUTE







































