

# ***SCAVI e GALLERIE nei Cantieri***

---



---

*ing. Francesco Micomonaco*



## Argomenti :

### 1) **SCAVI**

- *Normativa*
- *Scavi a cielo aperto*
  - *di sbancamento e splateamento*
  - *a sezione ristretta*
  - *protezione delle pareti di scavo*
  - *presenza di luoghi confinati e Piano delle Emergenze*
- *Tavola Tecnica degli Scavi*
- *Macchine Movimento Terra*
- *ACSR 17/2025 formazione lavoratori*
- *Scavi in Sotterraneo*
- *Presenza Ordigni Bellici*
- *Palancolato*

### 2) **GALLERIE**

- *Normativa*
- *Tunnel ad arco rovescio*
- *Scavo e smarinamento*
- *Pozzi (cenni)*
- *Microtunnelling*
- *TBM – TUNNELBOHRMASCHINE*
- *Piano delle Emergenze*

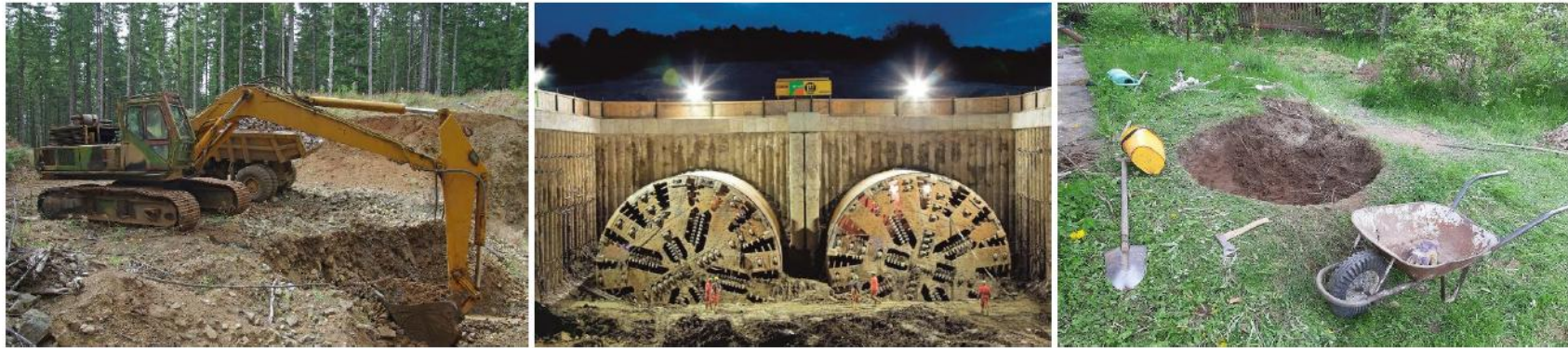


## DEFINIZIONE

# 1 – Scavi

### Definizione di Scavo:

*Asportazione di vegetazione, terre, rocce e altri materiali per creare o modificare superfici di terreno, tramite l'uso di mezzi meccanici specializzati e/o manuali.*



*È un'attività propedeutica alla realizzazione di infrastrutture civili (strade, ferrovie, gallerie, ponti, dighe, ecc.), di opere edilizie e di servizi, tubazioni, condotte, impianti idrici ed elettrici, impianti di trasmissioni dati, oltre che per le indagini archeologiche.*

**Definizione di Scavo:**

*Asportazione di vegetazione, terre, rocce e altri materiali per creare o modificare superfici di terreno, tramite l'uso di mezzi meccanici specializzati e/o manuali.*

**SCAVI A CIELO APERTO (con e senza opere di sostegno e/o consolidamenti)**

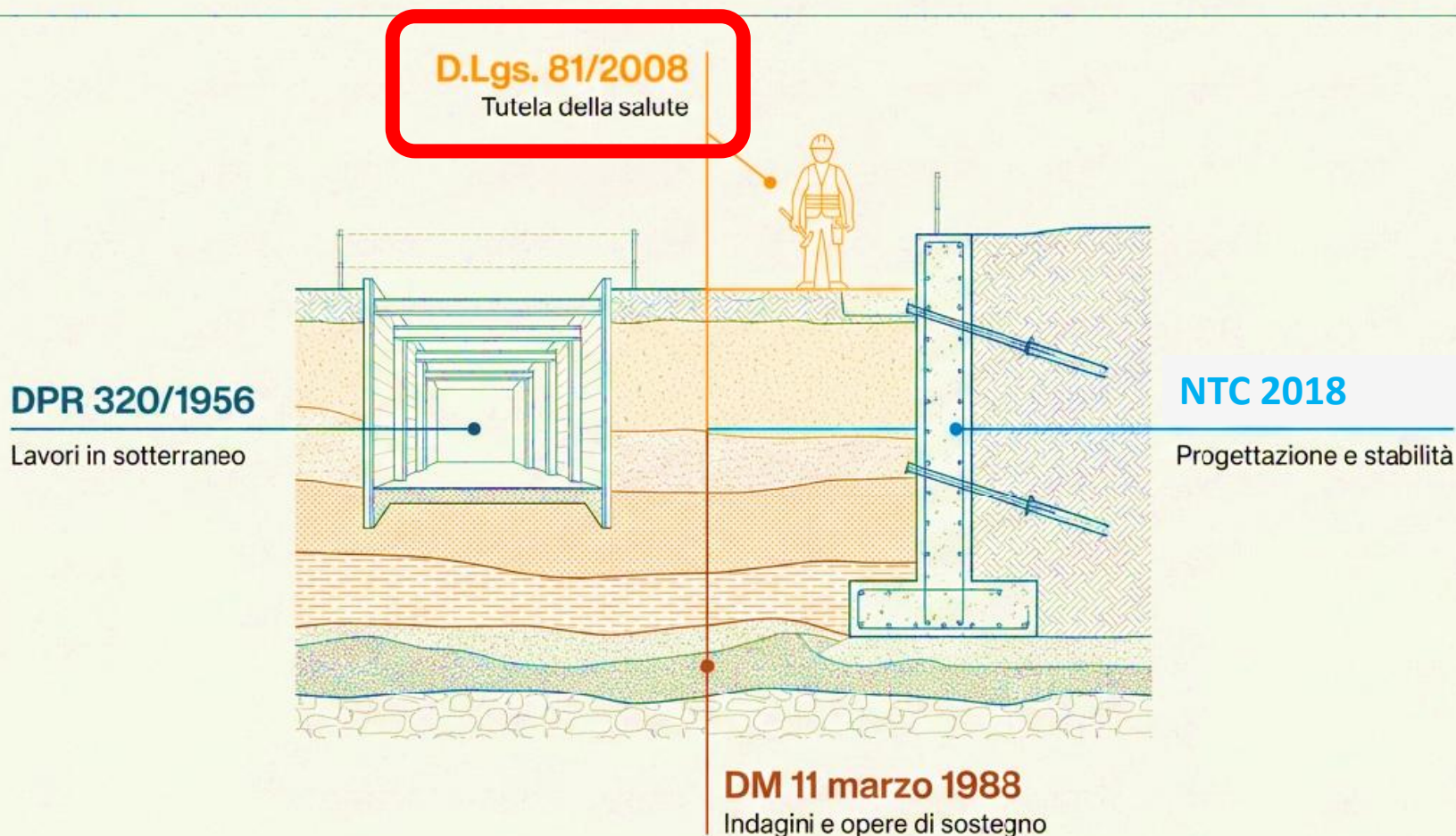
- *Sbancamento e Splatemento*
- *Sezione Aperta per esecuzione di fondazioni*
- *Sezione Obbligata per sottomurazioni o fondazioni*
- *Gallerie Artificiali*
- *Pozzi*

**SCAVI IN SOTTERRANEO**

- *Andamento orizzontale o inclinato: gallerie o cunicoli stretti*
- *Andamento verticale: camini*



# Ecosistema Normativo Integrato



# Il Testo Unico: La Tutela della Salute

RIF: D.Lgs. 81/2008

Costituisce il quadro normativo fondamentale per la sicurezza nelle attività di cantiere. Il suo obiettivo primario non è la struttura in sé, ma l'essere umano che vi opera.

**FUNZIONE CHIAVE:** Definisce i criteri obbligatori per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori durante le fasi di scavo.



**APPLICAZIONE PRATICA:** Questo è il riferimento primario per il CSP/CSE e la redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).



### **T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

#### **Articolo 100 - Piano di sicurezza e di coordinamento**

Comma 1. Il piano è costituito da una relazione tecnica e prescrizioni correlate alla complessità dell'opera da realizzare ed alle eventuali fasi critiche del processo di costruzione, atte a prevenire o ridurre i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi i rischi particolari di cui all'**ALLEGATO XI**, con specifico riferimento ai **rischi derivanti dal possibile rinvenimento di ordigni bellici inesplosi nei cantieri interessati da attività di scavo**, nonché la stima dei costi di cui al punto 4 dell'**ALLEGATO XV**. **Il piano di sicurezza e coordinamento (PSC) è corredato da tavole esplicative di progetto, relative agli aspetti della sicurezza, comprendenti almeno una planimetria sull'organizzazione del cantiere e, ove la particolarità dell'opera lo richieda, una tavola tecnica sugli scavi.**

#### **Articolo 105 - Attività soggette - ALLEGATO X**

Comma 1. Le norme del presente capo (TITOLO IV - CAPO II) si applicano alle attività che, da chiunque esercitate e alle quali siano addetti lavoratori subordinati o autonomi, concernono la esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione, risanamento, ristrutturazione o equipaggiamento, la trasformazione, il rinnovamento o lo smantellamento di opere fisse, permanenti o temporanee, in muratura, in cemento armato, in metallo, in legno o in altri materiali, comprese le linee e gli impianti elettrici, le opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche, di bonifica, sistemazione forestale e di sterro. Costituiscono, inoltre, lavori di costruzione edile o di ingegneria civile, **gli scavi**, ed il montaggio e lo smontaggio di elementi prefabbricati utilizzati per la realizzazione di lavori edili o di ingegneria civile.



**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

**ALLEGATO XI - ELENCO DEI LAVORI COMPORTANTI RISCHI PARTICOLARI PER LA SICUREZZA E LA SALUTE DEI LAVORATORI**

Comma 6. **Lavori in pozzi, sterri sotterranei e gallerie.**

**Articolo 118 - Splateamento e sbancamento  
(TITOLO IV - CAPO II - SEZIONE III - SCAVI E FONDAZIONI)**

**Comma 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.

**Comma 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 (SBADACCIATURA, PALANCOLATO, ecc.).**

**Comma 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.

**Comma 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.**

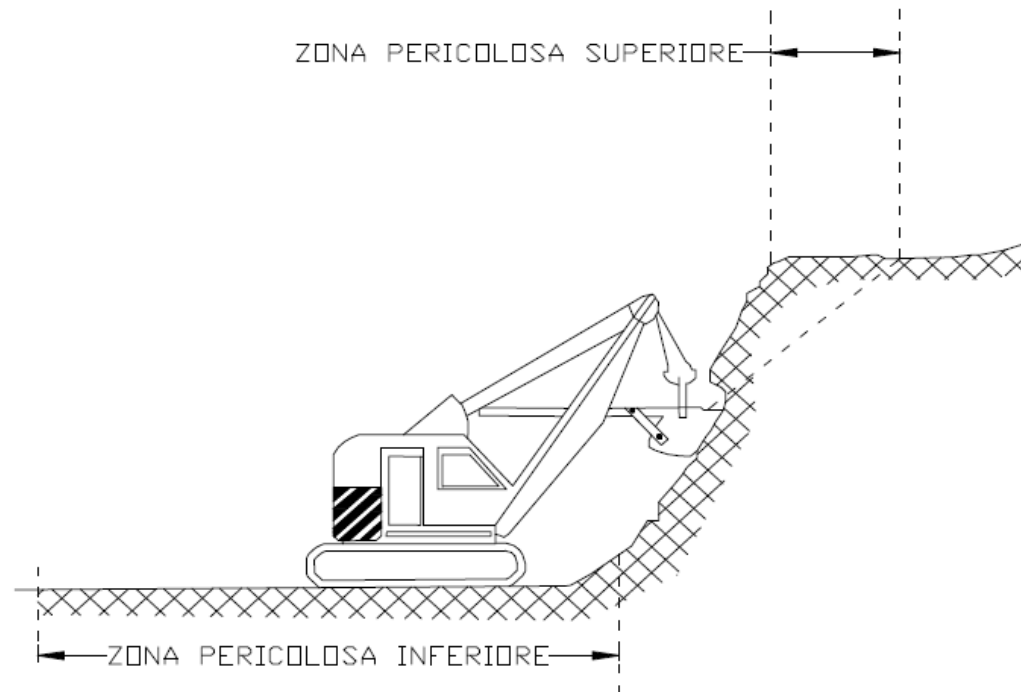


**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

**ALLEGATO XI - ELENCO DEI LAVORI COMPORTANTI RISCHI PARTICOLARI PER LA SICUREZZA E LA SALUTE DEI LAVORATORI**

Comma 6. **Lavori in pozzi, sterri sotterranei e gallerie.**

**Articolo 118 - Splateamento e sbancamento  
(TITOLO IV - CAPO II - SEZIONE III - SCAVI E FONDAZIONI)**



## SCAVI in TRINCEA o a Sezione Ristretta o a Sezione Obbligata

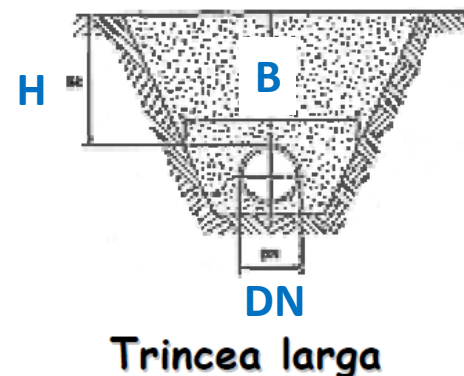
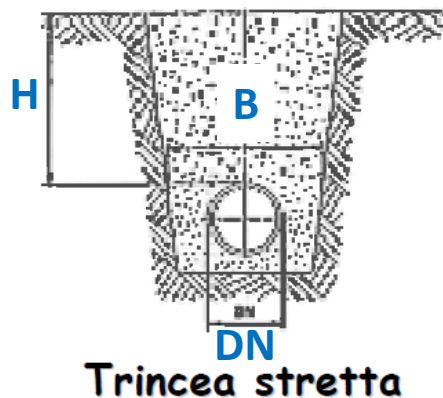
Scavo in cui in genere la profondità di scavo è maggiore della sua larghezza ed in cui comunque la larghezza alla base dello scavo **non sia maggiore di 2-3 m**.

Tabella "classificazione degli scavi"		
Tipo di trincea	B	
Trincea stretta	= 3 DN	< H/2
Trincea larga	> 3 DN	< H/2
	< 10 DN	< H/2
Trincea infinita	= 10 DN	= H/2

DN = diametro nominale del tubo

B = larghezza della trincea misurata ai livelli della generatrice superiore del tubo.

H = altezza del riempimento a partire dalla generatrice superiore del tubo.



### SCAVI A CIELO APERTO: sbancamento e splateamento

- *estensione planimetrica preponderante rispetto alla profondità*
- *sezione sufficientemente ampia da consentire l'**accesso a mezzi meccanici** di scavo e movimentazione del materiale asportato*



#### **Sbancamento**

*modifica della configurazione naturale con asportazione di notevoli volumi di materiale*



#### **Splateamento**

*Vasto scavo con andamento pianeggiante*

### SCAVI A CIELO APERTO: Sezione Aperta

- *estensione planimetrica preponderante rispetto alla profondità*
- *realizzazione di **platee** di fondazione e corpi di fabbrica interrati*



### SCAVI A CIELO APERTO: Sezione Obbligata e Ristretta

- *estensione dell'area di scavo vincolata dalla presenza di **strutture o servizi** (aree urbane e/o fortemente antropizzate)*
- ***larghezza uguale o inferiore alla profondità** di scavo*



### SCAVI A CIELO APERTO: Galleria Artificiale

- Scavo di larghezza tale da **non consentire l'uso di contrasti laterali**
- Il **sostegno** delle pareti di scavo è fornito dalla **struttura stessa**



### SCAVI A CIELO APERTO: Pozzi

- Generalmente la **sezione è circolare**
- La **profondità** di scavo è preponderante rispetto alla larghezza



### SCAVI IN SOTTERRANEO: Gallerie

- Apertura di una *cavità nel sottosuolo ad andamento orizzontale*



### MODALITÀ DI SCAVO

- Mezzi Manuali
- Mezzi Meccanici
- Esplosivi

### Mezzi Manuali: pale, picconi e martelli pneumatici

- *Scavi di estensione limitata e profondità inferiore a 0,50 m*
- *Ambienti urbanizzati e presenza di sottoservizi*



### MODALITÀ DI SCAVO

- **Mezzi Meccanici**

- *La dimensione minima dello scavo deve essere compatibile con l'ingombro dei mezzi per consentirne il movimento e l'operatività*
- *Le macchine di scavo hanno una struttura di base realizzata su cingoli o ruote*
- *Utilizzo di diversi **utensili interscambiabili** che consentono di eseguire lavori specifici:*
  - **Escavatore a cucchiaio dritto o rovescio**
  - **Pala meccanica a carico e scarico frontale**
  - **Trivellatrice**
  - **Perforatrice o fresa**



### MODALITÀ DI SCAVO

- **Esplosivi**
  - *Utilizzata per i fronti di scavo con ‘brillamento’*
  - *Utilizzata per avanzamento controllato in galleria con ‘volata’*



Lo scavo con brillamento di mine è la tecnica principale per l'abbattimento di roccia compatta in cava, basata sull'uso controllato di esplosivi per frammentare l'ammasso roccioso.



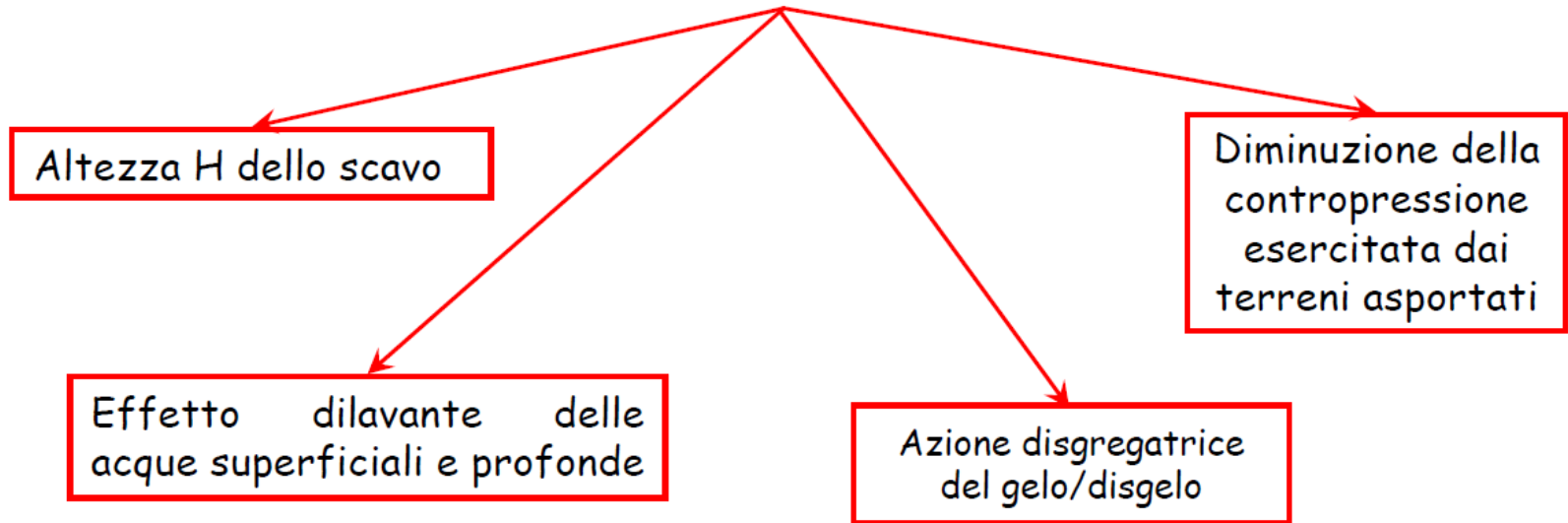
Lo scavo del fronte di avanzamento della galleria avviene con il posizionamento in fori e geometrie studiate per il posizionamento di cariche, che esplodono a distanza di millisecondi differenti (volata).

### INSTABILITA' DI UNO SCAVO

Il comportamento meccanico d'insieme di ciascun terreno è determinato da **2 parametri fondamentali**

coesione → terreni coesivi  
angolo di attrito interno  $\phi$  → terreni granulari

### Stabilità dello scavo



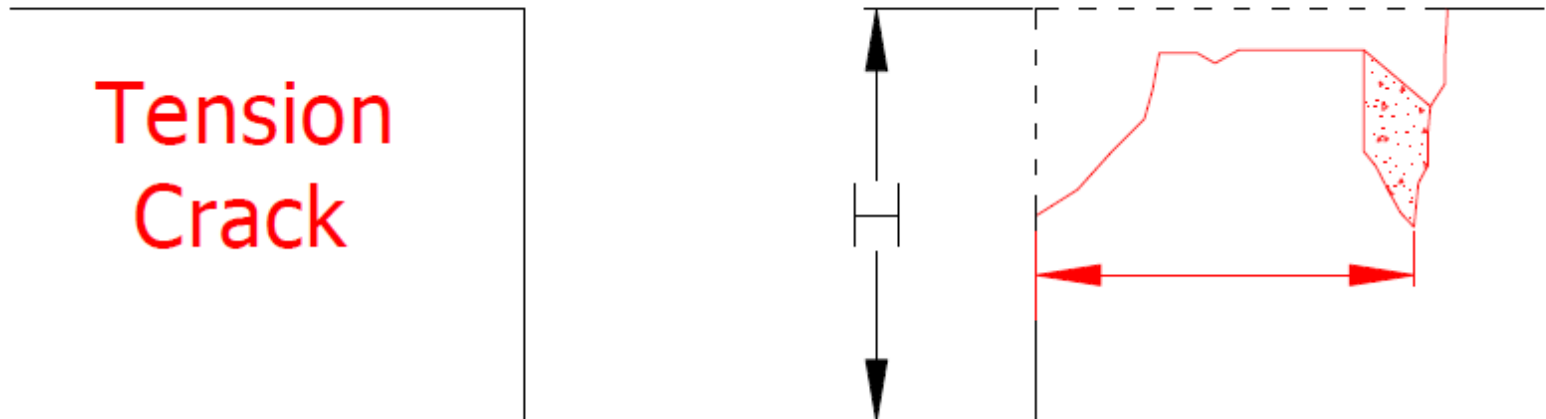
## INSTABILITA' DI UNO SCAVO

TENSION CRACKS (rottura per tensioni di trazione nel terreno)

La linea di frattura si forma usualmente ad una distanza orizzontale compresa tra **0.5 e 0.75 H**

(H = profondità dello scavo)

**La tension cracks comporta lo sliding (scorrimento) o il toppling (ribaltamento)**



### INSTABILITA' DI UNO SCAVO

**Sliding** (scorrimento) e **Toppling** (ribaltamento) sono due distinti meccanismi di instabilità degli scavi, legati alla gravità. Lo **Sliding** comporta lo scivolamento di una parete lungo una superficie di rottura, mentre il **Toppling** indica la rotazione della parete (es. blocchi rocciosi) attorno a un punto base.

#### **Sliding (Scorrimento/Slittamento):**

Movimento traslazionale di un corpo (terreno o roccia) che scivola sopra una superficie di rottura preesistente o neoformata.

**Contesto: Frane, smottamenti, movimenti di pendio.**

#### **Toppling (Ribaltamento/Rovesciamento):**

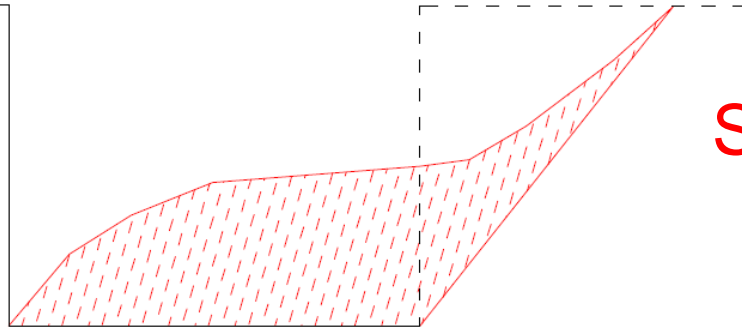
Rotazione di blocchi rocciosi o terreno attorno a un punto base (fulcro) dovuto alla gravità o spinte laterali.

**Contesto: Tipico in ammassi rocciosi con discontinuità verticali dove il baricentro del blocco cade fuori dalla base.**

Differenze chiave: **lo sliding trasla, il toppling ruota; il toppling è più comune nella roccia, mentre lo sliding avviene in terreni.**

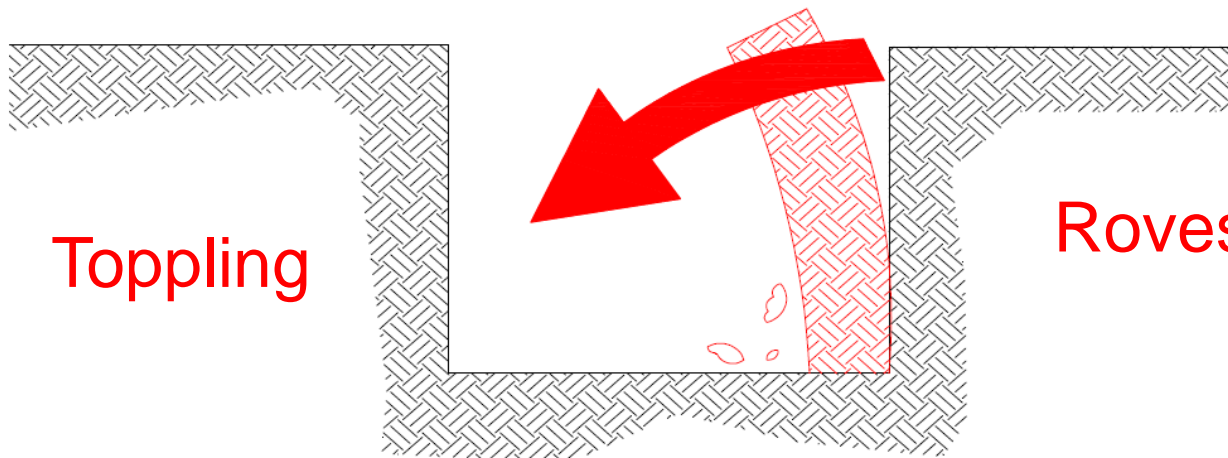
INSTABILITA' DI UNO SCAVO

Sliding



Scorrimento

Toppling

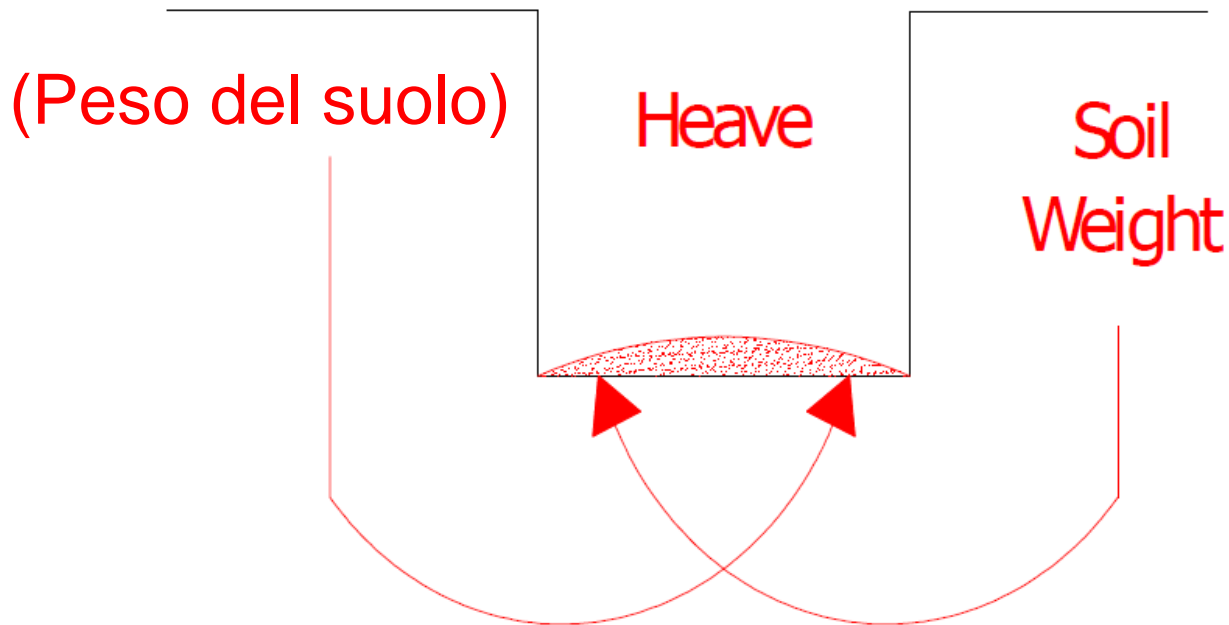


Rovesciamento

**INSTABILITA' DI UNO SCAVO**

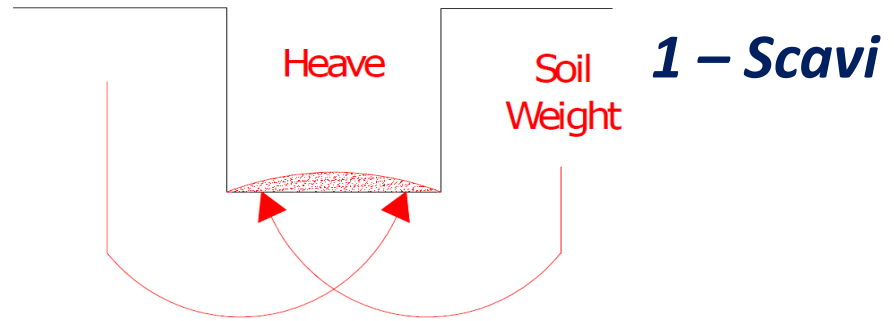
HEAVING OR SQUEEZING (SOLLEVARE O STRIZZARE)

(fenomeni di instabilità del fondo dello scavo)



Sono causati dalla **pressione sul fondo** dello stesso a **causa dal peso del terreno adiacente**. La pericolosità di tali fenomeni sta nel fatto che essi **possono accadere anche quando sono disposte le opere provvisionali di protezione**, che con l'innescarsi di questo fenomeno, possono perdere il contrasto laterale con il terreno e rendersi inefficaci.

### INSTABILITA' DI UNO SCAVO HEAVING OR SQUEEZING



### (fenomeni di instabilità del fondo dello scavo)

In geotecnica, specialmente nello scavo di gallerie, **squeezing** (comportamento spingente) indica una deformazione plastica del terreno o roccia, dipendente dal tempo, che riduce il volume dell'ammasso attorno allo scavo a causa di elevate tensioni deviatoriche. **Heaving** (rigonfiamento) è invece spesso associato a variazioni di volume indotte da tensioni di rigonfiamento.

#### **Squeezing (Spinta/Compressione):**

- **Definizione:** fenomeno di convergenza (chiusura) della galleria per scorrimento plastico del materiale
- **Caratteristiche:** Avviene in ammassi rocciosi deboli o terreni argillosi sovraconsolidati
- **Effetti:** Il rivestimento provvisorio o definitivo subisce carichi elevati che possono causarne la rottura
- **Soluzioni:** Si utilizzano metodi di scavo che permettono la deformazione controllata o l'uso di elementi cedevoli (yieldable elements) nel rivestimento.

#### **Heaving (Rigonfiamento):**

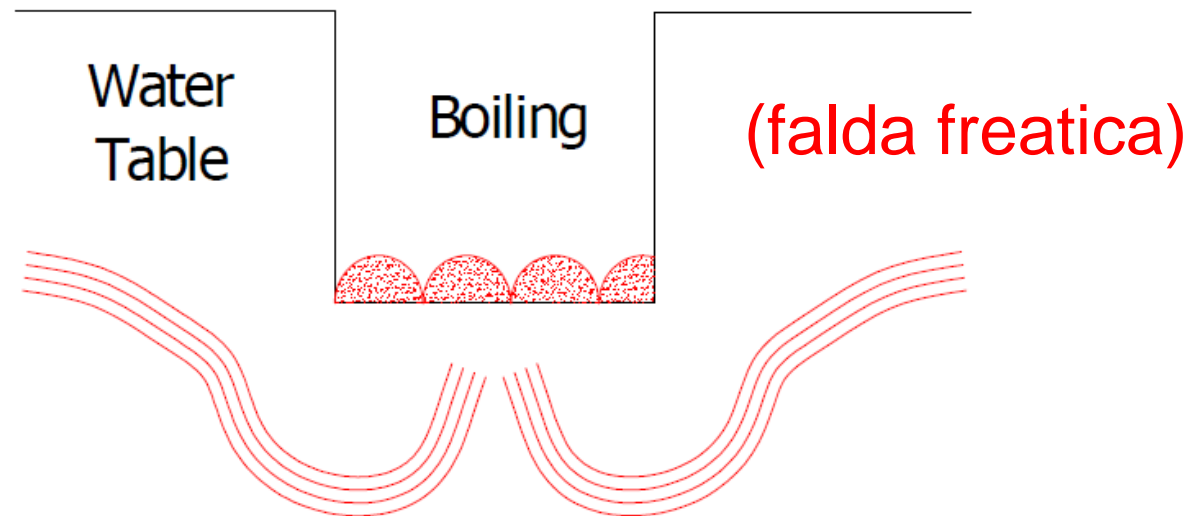
- **Definizione:** Sollevamento del fondo scavo (inversione) causato dall'espansione del materiale
- **Cause:** Solitamente legato ad argille rigonfianti (swelling) che assorbono acqua o a distensione delle tensioni in rocce argillose.

*Nota: Nella letteratura tecnica italiana, "squeezing" viene tradotto con "comportamento spingente", mentre "heaving" si riferisce più genericamente al sollevamento/rigonfiamento, spesso distinto dal rigonfiamento chimico/fisico ("swelling").*

INSTABILITA' DI UNO SCAVO

BOILING (fenomeni di sifonamento)

BOILING  
(fenomeni Di sifonamento)



Sono causati **da infiltrazione di acqua dalla base dello scavo**. Anche questi fenomeni possono accadere quando e già predisposta l'armatura provvisoria, spesso causandone il mancato funzionamento e **quindi il crollo**.



### Scavi non armati

Scavi in terreni coesivi rigidi **fino a 1,5 m di profondità** possono essere **non armati** ed avere pareti verticali.

Per profondità **maggiori ai 1,5 m**, le pendenze delle pareti degli scavi **non devono essere inferiori all'angolo di natura declivio del terreno**, in caso contrario devono essere armati.

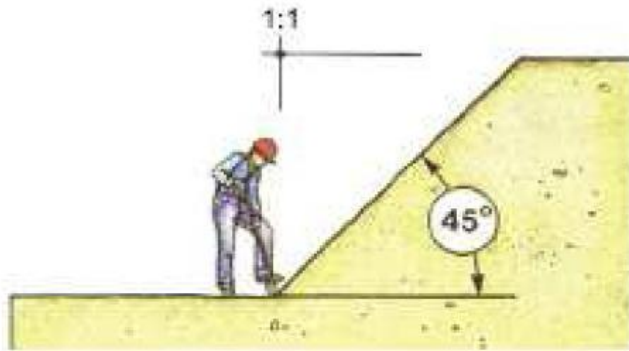
Tipologia di terreno	Angoli $\varphi$ di declivio naturale per terre		
	Asciutte	Umide	Bagnate
Rocce dure	80° ÷ 85°	80° ÷ 85°	80° ÷ 85°
Rocce tenere	50° ÷ 55°	45° ÷ 50°	40° ÷ 45°
Pietrame	45° ÷ 50°	40° ÷ 45°	35° ÷ 40°
Ghiaia	35° ÷ 45°	30° ÷ 40°	25° ÷ 35°
Sabbia grossa	30° ÷ 35°	30° ÷ 35°	25° ÷ 30°
Sabbia fine (non argillosa)	25° ÷ 30°	30° ÷ 40°	20° ÷ 30°
Sabbia fine (argillosa)	30° ÷ 40°	30° ÷ 40°	10° ÷ 25°
Terreno vegetale	35° ÷ 45°	30° ÷ 40°	20° ÷ 30°
Terreno argilloso	40° ÷ 50°	30° ÷ 40°	10° ÷ 30°



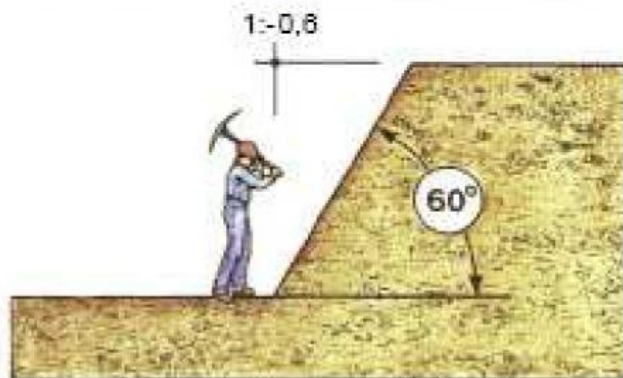
### Scavi non armati

Scavi in terreni coesivi rigidi fino a 1,5 m di profondità possono essere **non armati** ed avere pareti verticali.

Per profondità **maggiori ai 1,5 m**, le pendenze delle pareti degli scavi **non devono essere inferiori all'angolo di natura declivio del terreno**, in caso contrario devono essere armati.



Terreno non coesivo o  
terreno coesivo morbido



Terreno coesivo rigido o  
semirigido



**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

**Allegato XV - 2. PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO**

2.2.3. In riferimento alle lavorazioni, il coordinatore per la progettazione suddivide le singole lavorazioni in fasi di lavoro e, quando la complessità dell'opera lo richiede, in sottofasi di lavoro, ed effettua l'analisi dei rischi presenti, con riferimento all'area e alla organizzazione del cantiere, alle lavorazioni e alle loro interferenze, ad esclusione di quelli specifici propri dell'attività dell'impresa, **facendo in particolare attenzione** ai seguenti:

- a) al rischio di investimento da veicoli circolanti nell'area di cantiere;
- b) al rischio **di seppellimento negli scavi**;
- b-bis) al rischio di esplosione derivante dall'innesco accidentale di un **ordigno bellico inesploso rinvenuto durante le attività di scavo**.

**Allegato XV.1 – COSTI per la SICUREZZA**

Elenco indicativo e non esauriente degli elementi essenziali utili alla definizione dei contenuti del PSC di cui al punto 2.1.2.

1. **Gli apprestamenti comprendono:** ponteggi; trabattelli; ponti su cavalletti; impalcati; parapetti; andatoie; passerelle; **armature delle pareti degli scavi**; gabinetti; locali per lavarsi; spogliatoi; refettori; locali di ricovero e di riposo; dormitori; camere di medicazione; infermerie; recinzioni di cantiere.



### Scavi armati

Opere di contrasto e di sostegno, a protezione degli scavi a cielo aperto, possono essere distinti nel modo che segue:

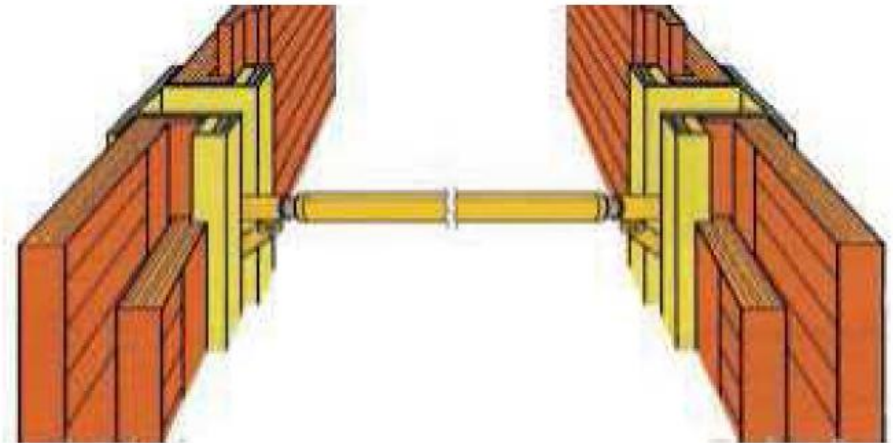
#### 1. sistemi realizzati in cantiere:

- sistemi realizza, totalmente in legno
- sistemi realizza, con puntoni in metallo

#### 2. sistemi realizzati con componenti prefabbricati:

- sistemi realizzati, mediante blindaggi
- sistemi realizzati, mediante palancole

Se si utilizzano puntelli di acciaio disposti perpendicolarmente ai montanti o ai pannelli in legno, occorre sempre **verificare la compatibilità del carico trasmesso dall'acciaio al legno stesso.**



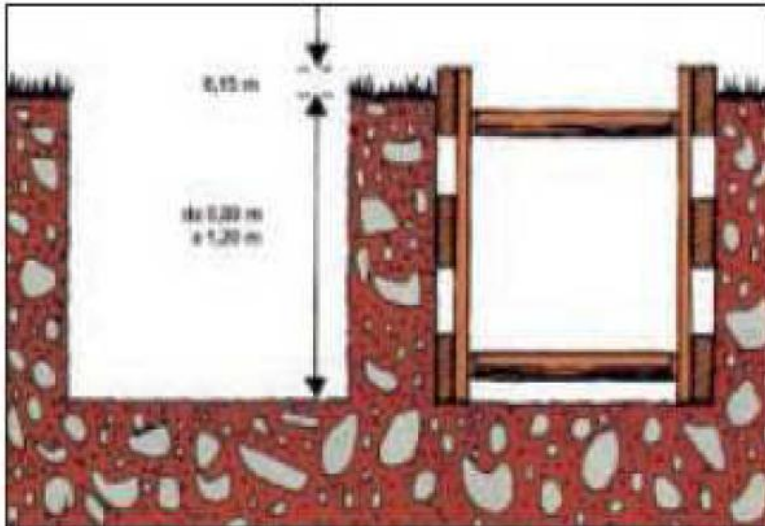


## Scavi armati

### *Armatura di scavi in terreni coesivi.*

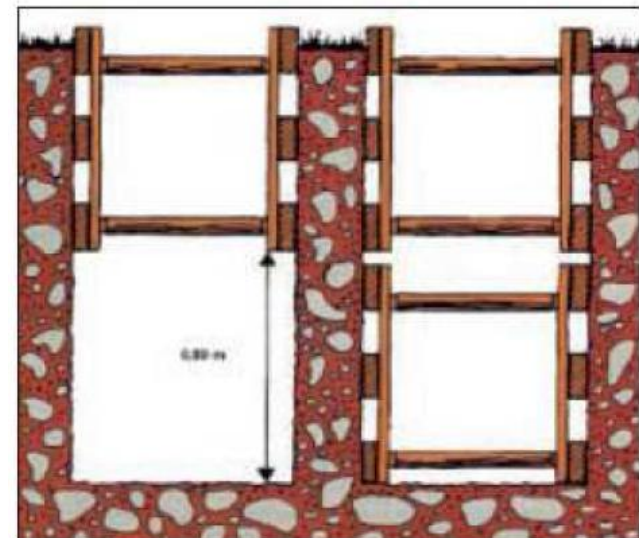
In presenza di un terreno di sufficiente coesione, in cui non e possibile realizzare lo scavo per tutta la profondità richiesta, si può effettuare lo scavo stesso **fino a 80-120 cm** (1a fase) e, dopo aver disposto una prima armatura (2a fase) , si può procedere ad un'altra fase di scavo (3a fase), e cosi via (4a fase), ecc.

**1a  
fase**



**2a  
fase**

**3a  
fase**



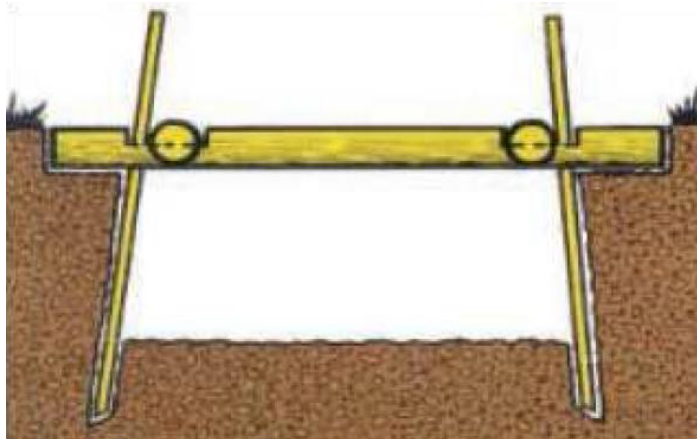
**4a  
fase**



### Scavi armati

#### **Armatura di scavi in terreni granulari.**

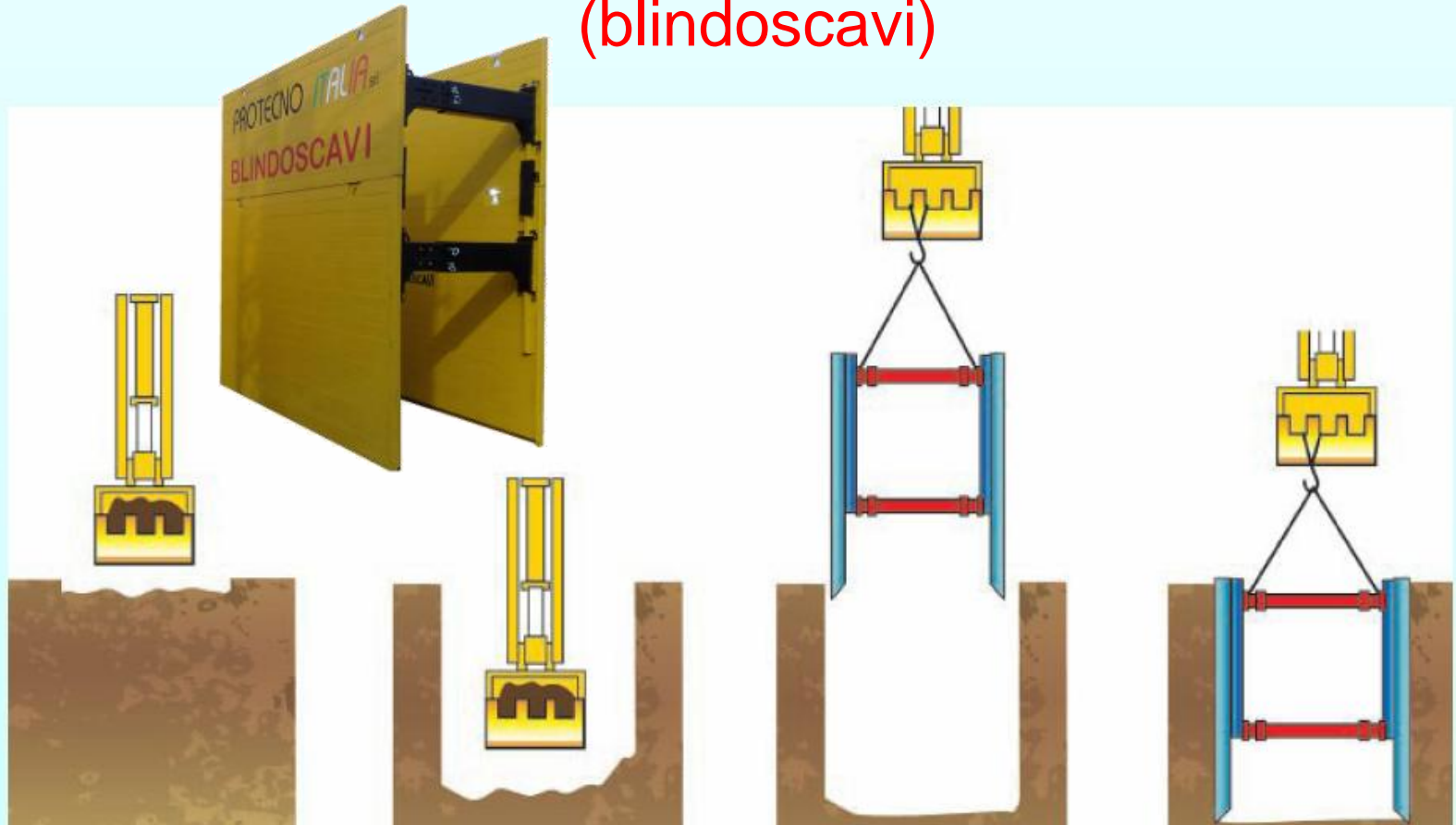
Quando il terreno non rende possibile nemmeno uno scavo di profondità minima, oppure quando si deve operare in siti urbani e occorre evitare qualsiasi depressione del terreno, **dopo aver scavato per circa 30 centimetri si infiggono nel terreno le due pareti verticali** aventi una leggera inclinazione. Quindi **si dispongono i puntoni di contrasto** e si realizza un successivo scavo installando un **secondo blocco di armatura, con pareti aventi la stessa inclinazione di quelle superiori, e così via.**





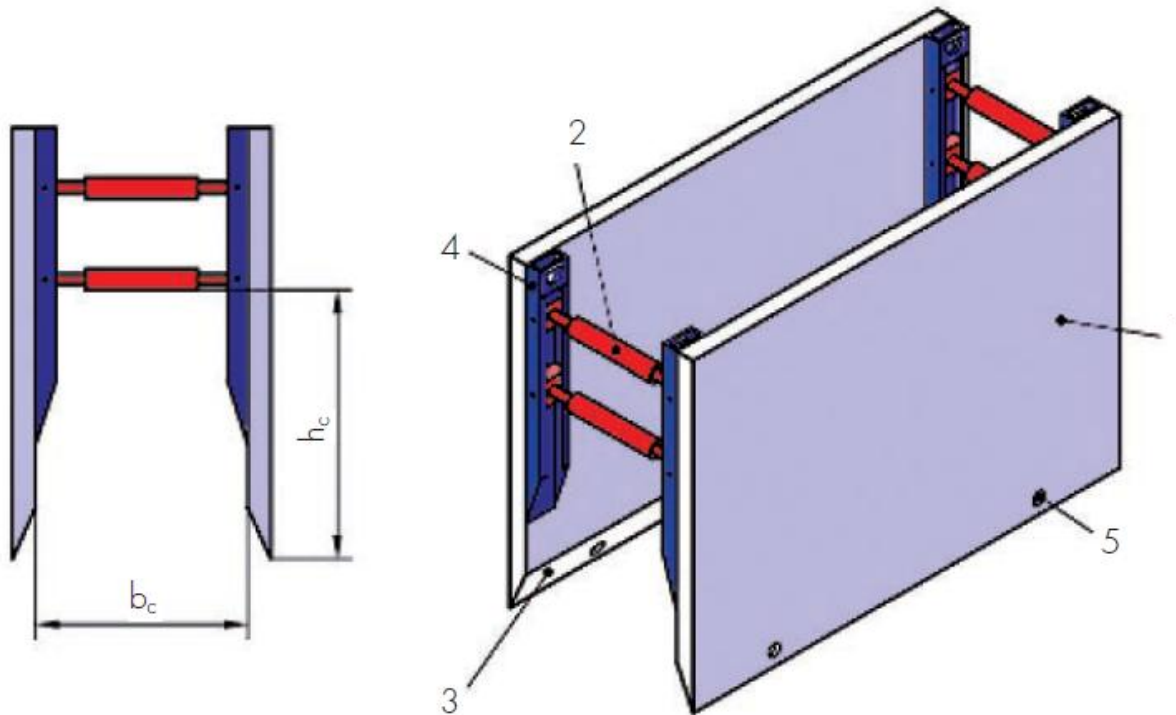
Scavi armati

Metodo a posa successiva  
(blindoscavi)





## Scavi armati



- 1 Pannello
- 2 Puntello con regolazione variabile della lunghezza
- 3 Bordo di taglio
- 4 Armatura pannello
- 5 Punto di movimentazione
- $b_c$  Larghezza interna puntellazione per scavi
- $h_c$  Distanza del puntello dalla base

*Sistema di puntellazione per scavi supportato ai bordi (ES) con puntelli con regolazione variabile della lunghezza (SV)*



# Caratteristiche

# 1 – Scavi

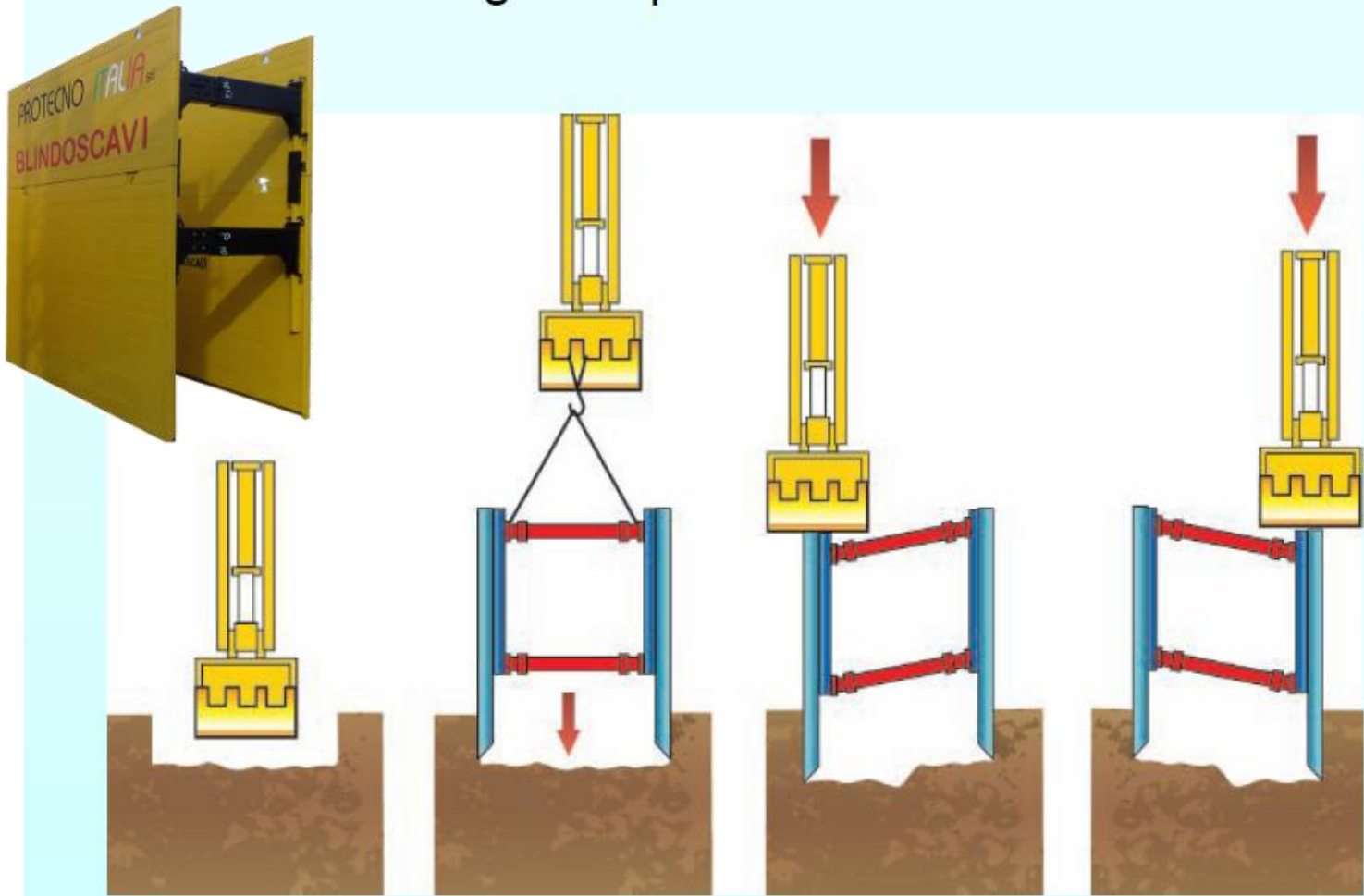
## Scavi armati





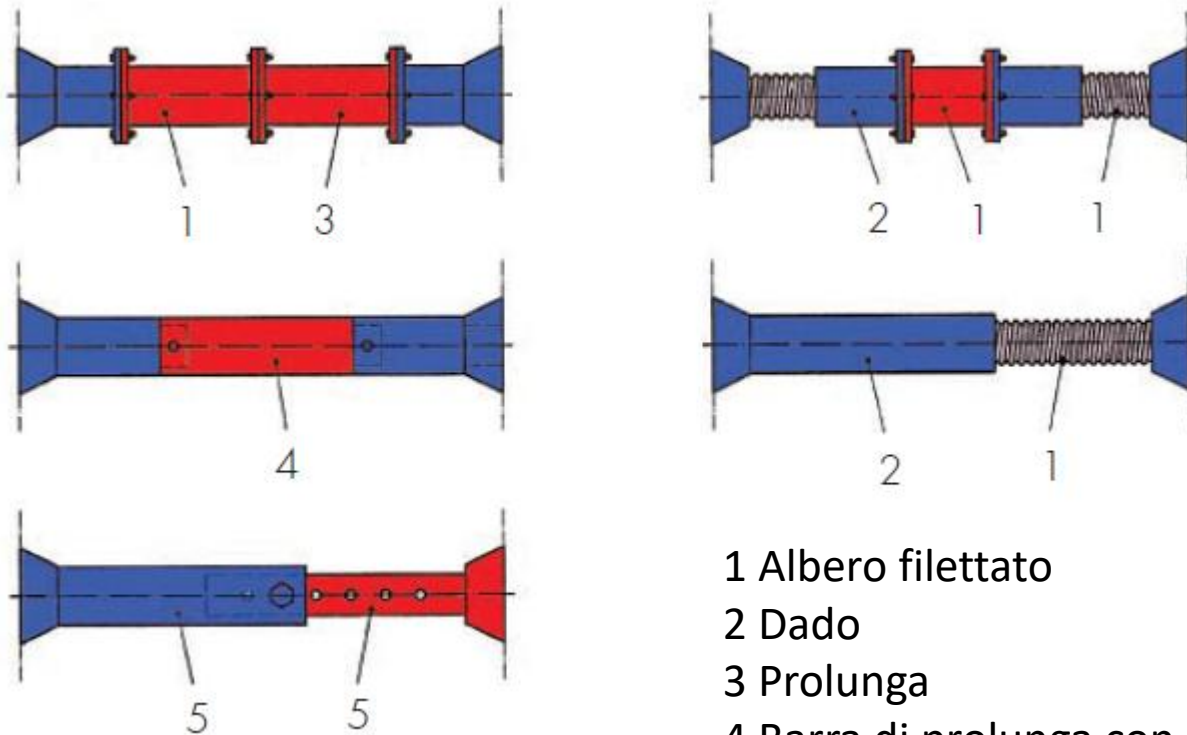
Scavi armati

Metodo a taglio e spinta verso il basso





## Scavi armati

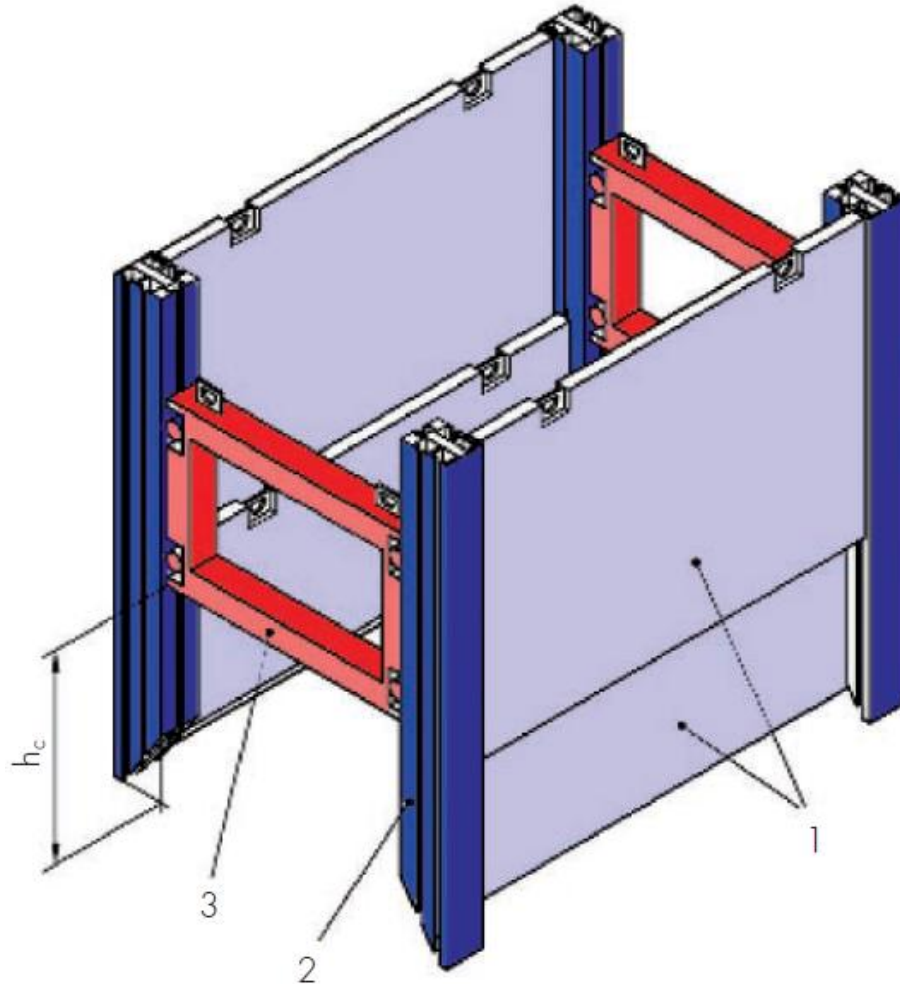


- 1 Albero filettato
- 2 Dado
- 3 Prolunga
- 4 Barra di prolunga con un collegamento con spina incavigliata e boccola
- 5 Tubi telescopici

*Esempio di tipologia di puntelli*



Scavi armati



- 1 Pannello
- 2 Rotaia di scorrimento
- 3 Telaio di sostegno
- $h_c$  Distanza del puntello dalla base

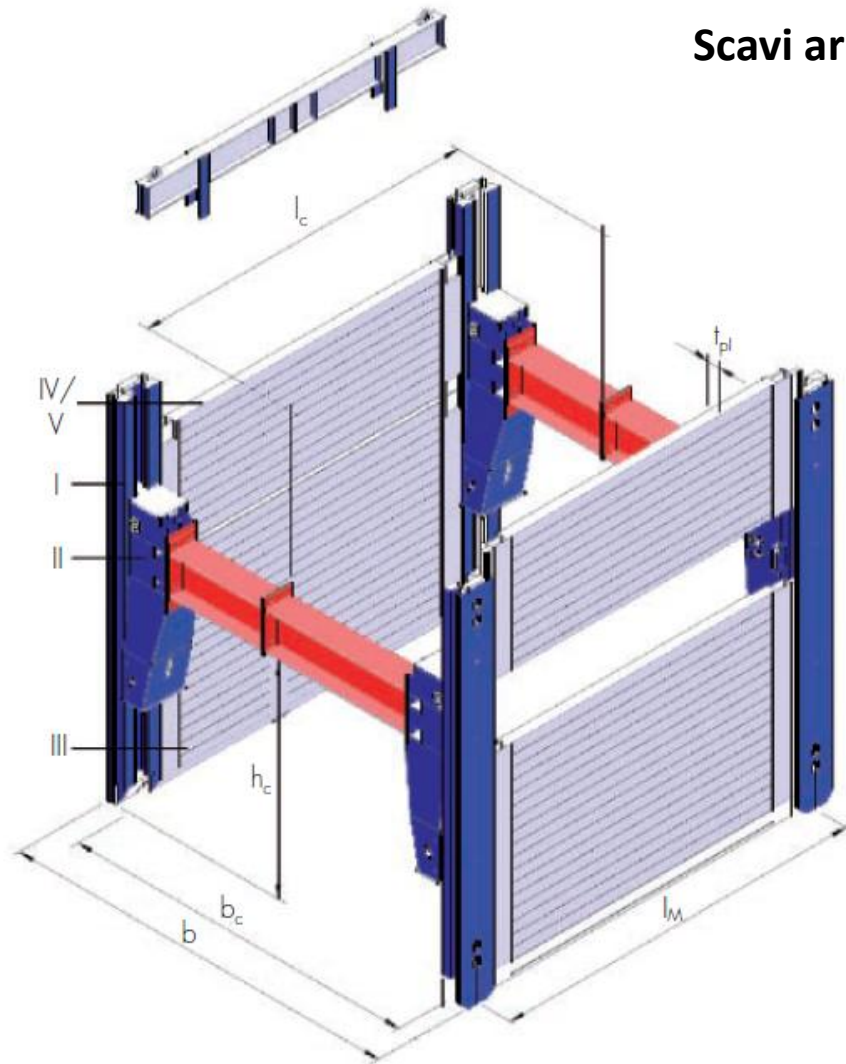
*Sistema di puntellazione per scavi su rotaia di scorrimento (tipo RD)*



## Caratteristiche

## 1 – Scavi

### Scavi armati



- I Trave di blindaggio
- II Blindaggio carrello/  
telaio ad U
- III Pannello base
- IV/V Pannello aggiuntivo
- b Ampiezza di blindaggio
- $b_c$  Luce
- $l_c$  Lunghezza sottopasso tubo
- $h_c$  Altezza sottopasso tubo
- $l_M$  Lunghezza modulare
- $t_{pl}$  Spessore pannello

*Blindaggio ad una rotaia con distanziali mobili a telaio di sostegno ad angolo retto*

**Ing. Francesco Micomonaco**



Scavi armati



*Blindaggio ad una rotaia con distanziali mobili a telaio di sostegno ad angolo retto*



### Scavi armati

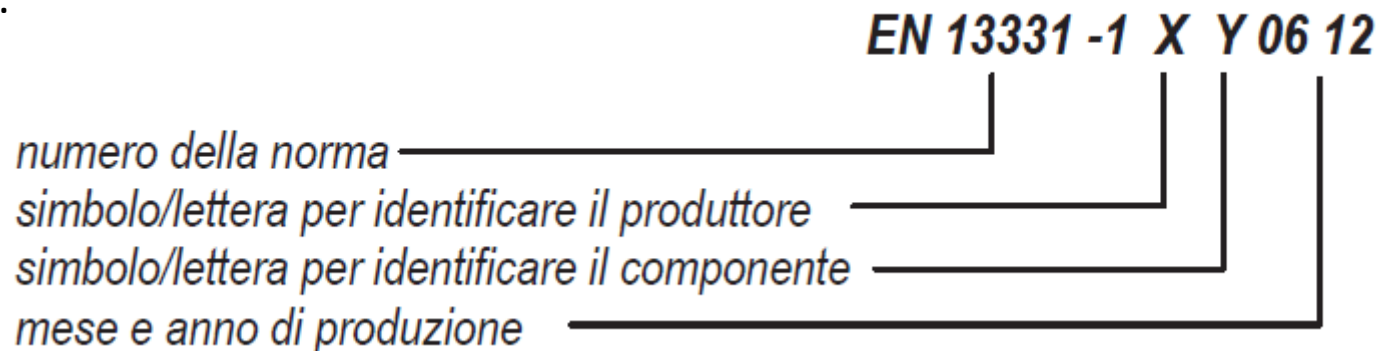
#### ***Marcatura dei sistemi realizzati con componenti prefabbricati - BLINDAGGI***

I pannelli, i componenti di sostegno, le armature dei pannelli e le rotaie di scorrimento **devono essere marcati** con le seguenti informazioni:

- il numero della norma europea, cioè EN 13331-1;
- un simbolo o una lettera per identificare il produttore;
- un simbolo o una lettera per identificare il componente della puntellazione per scavi;
- l'anno e il mese di produzione, utilizzando le ultime due cifre per l'anno e due cifre per il mese.

La marcatura deve essere effettuata per resistere nel tempo, per esempio attraverso stampaggio a freddo.

Esempio:





### Scavi armati

I palancolati metallici negli scavi di cantiere sono sistemi di contenimento in acciaio formati da **palancole infisse nel terreno e unite tra loro (AGGRAFFAGGIO)**, usati per sostenere le pareti dello scavo e ridurre il rischio di franamenti. Sono molto impiegati sia come **opere provvisionali** sia, in alcuni casi, come **opere definitive o in presenza di falda/acqua**.

Le palancole creano una parete continua resistente alla spinta laterale del terreno, **grazie agli incastri maschio-femmina, aggraffati tra loro**, tra gli elementi. In pratica servono a mantenere stabile lo scavo, soprattutto quando la profondità cresce o il terreno è poco coesivo, e ad impedire il passaggio di acqua (**paratia metallica**).

Sono particolarmente indicate:

- negli scavi profondi;
- in presenza di infiltrazioni d'acqua o falda superficiale;
- vicino a carichi o traffico veicolare in adiacenza allo scavo;
- quando serve una protezione rapida e removibile.



Scavi armati



*Sistema realizzato mediante **palancole** con scala per effettuare la discesa*



**Caratteristiche**

**1 – Scavi**

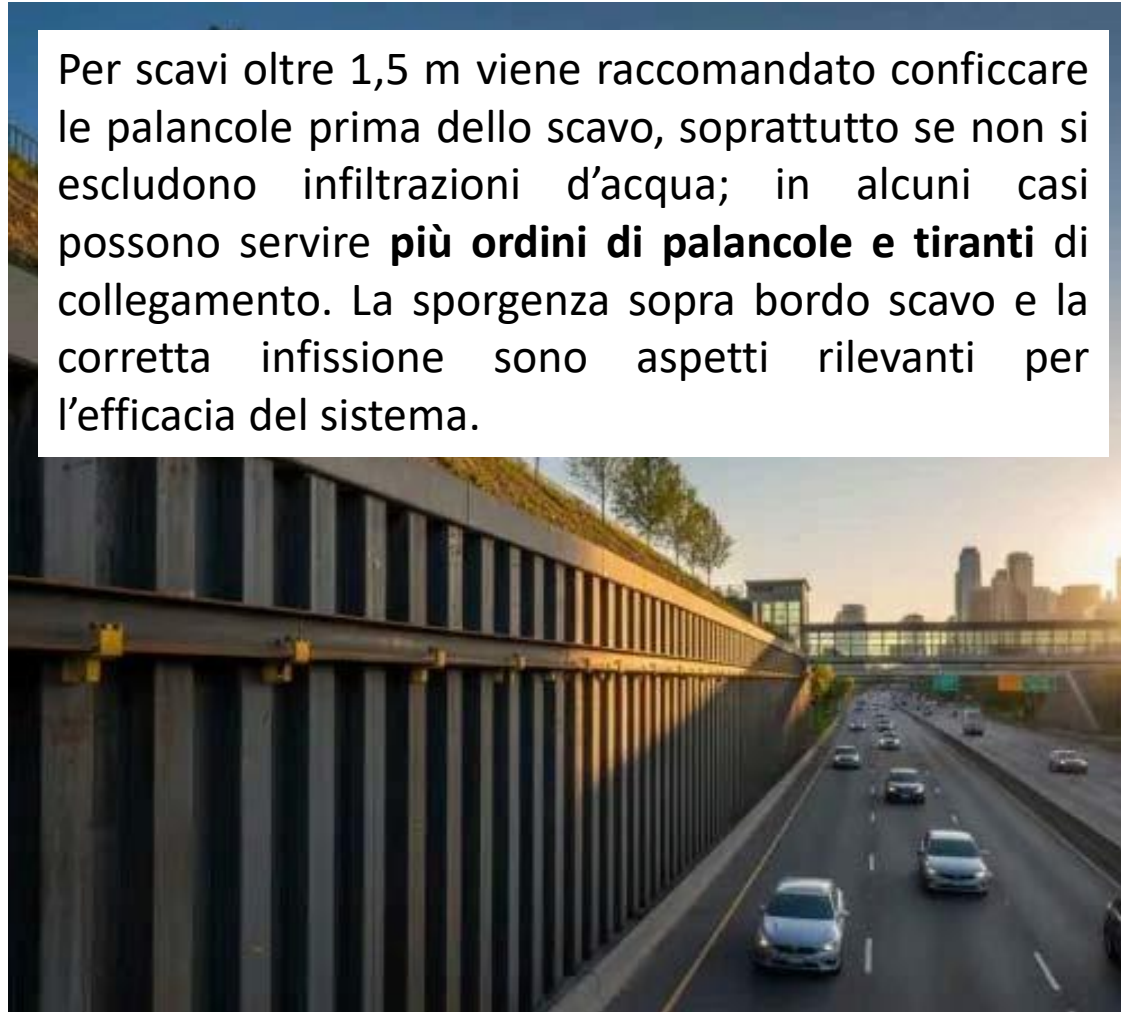
**Scavi armati**





### Scavi armati

Per scavi oltre 1,5 m viene raccomandato conficcare le palancole prima dello scavo, soprattutto se non si escludono infiltrazioni d'acqua; in alcuni casi possono servire **più ordini di palancole e tiranti** di collegamento. La sporgenza sopra bordo scavo e la corretta infissione sono aspetti rilevanti per l'efficacia del sistema.

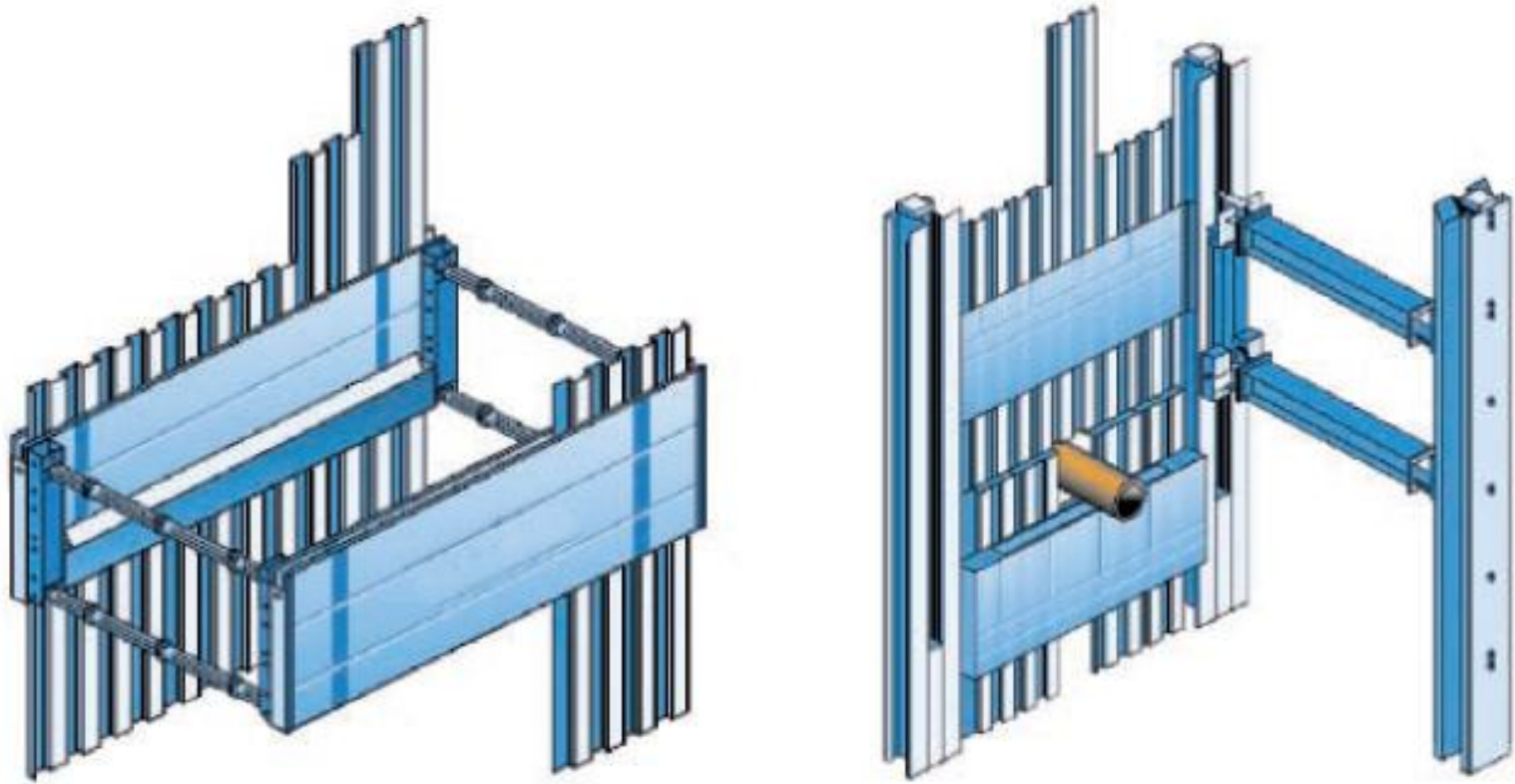




**Caratteristiche**

**1 – Scavi**

**Scavi armati**



*Sistema a palancole con cassero porta palancole*





### Scavi armati

#### ***Marcatura dei sistemi realizzati con componenti prefabbricati - PALANCOLE***

La marcatura della palanca deve essere concordata con il fabbricante tramite verniciatura, stampigliatura, punzonatura, etichette adesive durevoli, targhette attaccate o mediante mezzi appropriati. Nel caso in cui le palancole siano fornite in fascio, saldamente mezzi appropriati. Nel caso in cui le palancole siano fornite in fascio, saldamente legate, la marcatura deve essere riportata su di una etichetta legata allo stesso oppure superiormente. Le informazioni da riportare sono:

- denominazione del prodotto e cioè “palanca”;
- il numero della norma europea, ad es. EN 10248-1+2 (2024); EN 10249-1+2 (1997)
- la designazione alfanumerica o numerica dell'acciaio.

Esempio:

**Palanca EN 10248-1 S320GP**

denominazione del prodotto

numero della norma

designazione alfanumerica o numerica dell'acciaio



# Caratteristiche

# 1 – Scavi

## Scavi armati

### Esempi di utilizzo delle PALANCOLE



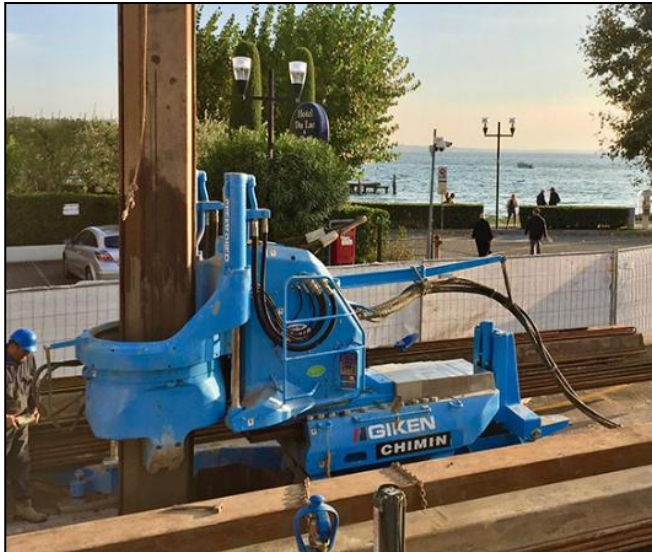


# Caratteristiche

# 1 – Scavi

## Scavi armati

### Esempi di infissione delle PALANCOLE

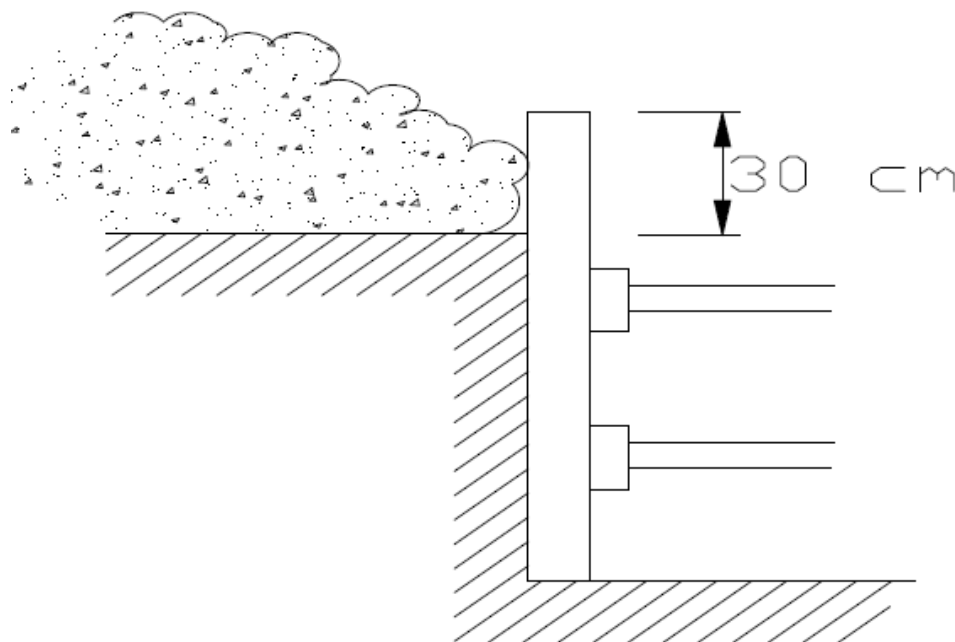


## Scavi armati

E vietato depositare materiale lungo il bordo superiore dello scavo: **lasciare libero un margine di sicurezza  $\geq 0,60$  m.**

### Articolo 120 - Deposito di materiali in prossimità degli scavi

1. È 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.



L'armatura deve poggiare su tutta la superficie del terreno e sovrastarne il margine superiore di **almeno 30 cm**.

Scendere negli scavi solo quando il sostegno è ultimato. Utilizzare le armature delle trincee solo secondo portata ed indicazioni fornite dal produttore.

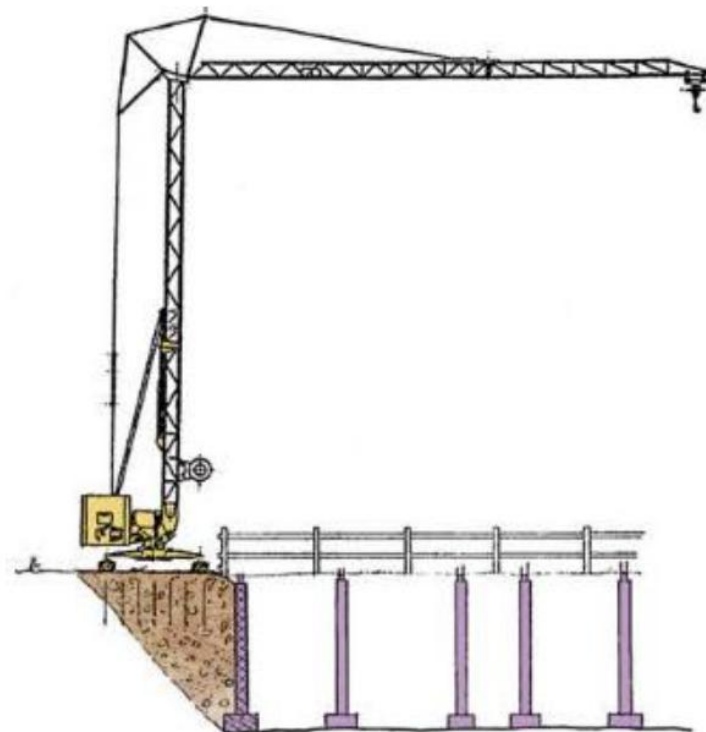
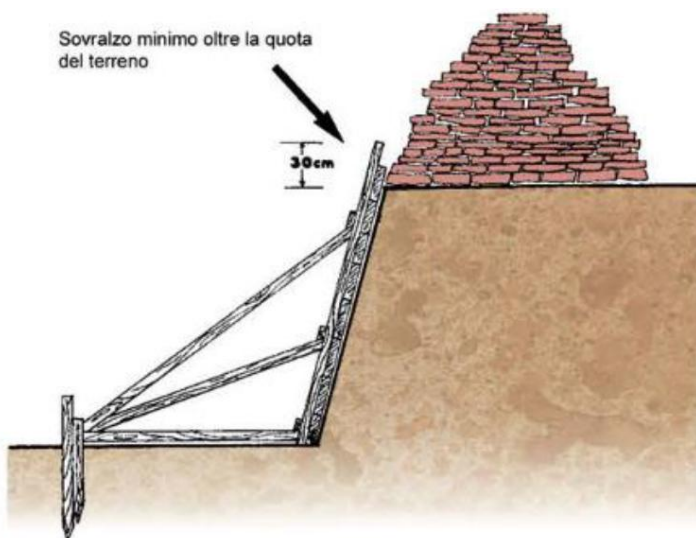
Se viene prevista un'armatura tradizionale (sbacchiatura), scavo ed armatura devono procedere gradualmente.

## Scavi armati

E' vietato depositare materiale lungo il bordo superiore dello scavo: **lasciare libero un margine di sicurezza  $\geq 0,60$  m.**

### Articolo 120 - Deposito di materiali in prossimità degli scavi

1. È 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.



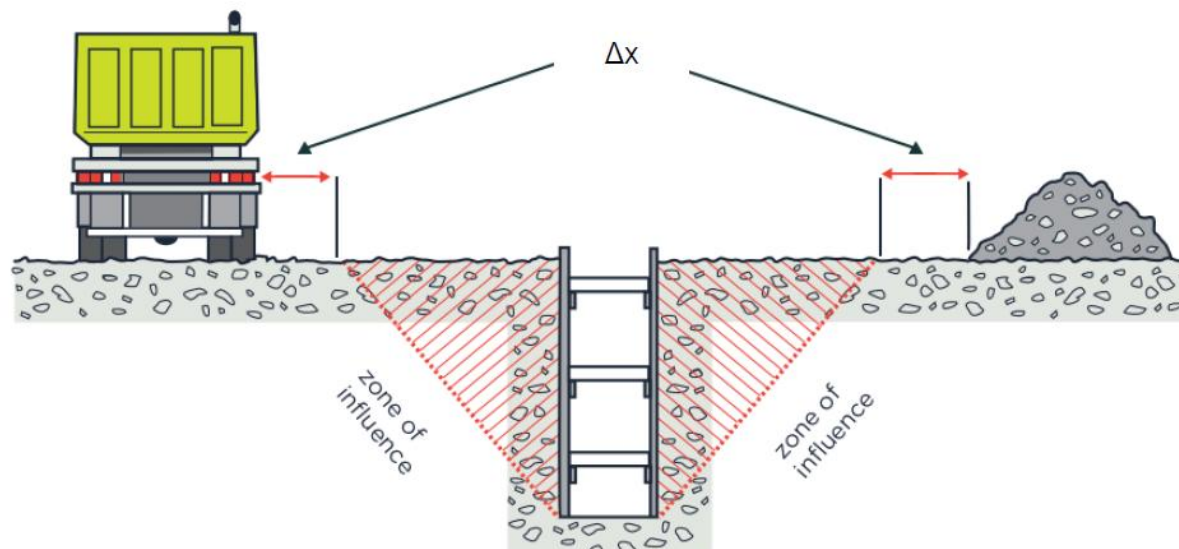
## Scavi armati

E' vietato depositare materiale lungo il bordo superiore dello scavo: **lasciare libero un margine di sicurezza  $\geq 0,60$  m.**

### Articolo 120 - Deposito di materiali in prossimità degli scavi

1. È 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.

**Accumulo materiale a bordo scavo:** rischio di caduta materiale nello scavo, rischio di sovraccarico pareti scavo



Il blindaggio è dimensionato solo per sorreggere le pareti di scavo ma non smarino e mezzi

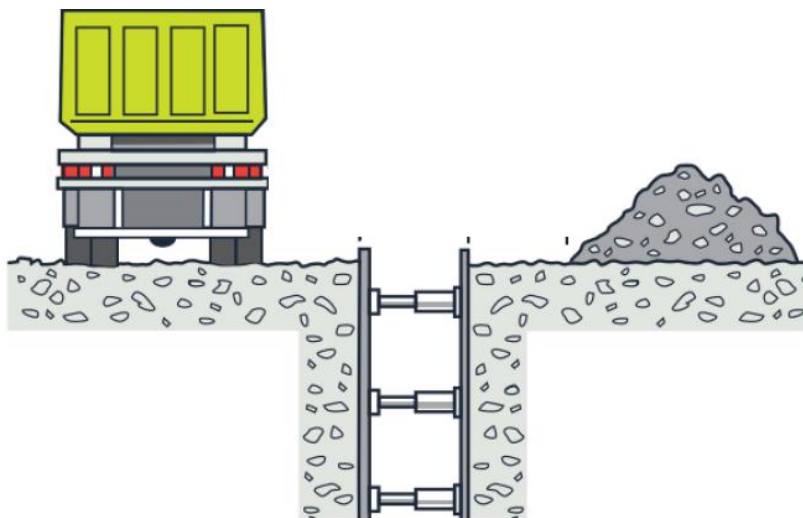
## Scavi armati

E' vietato depositare materiale lungo il bordo superiore dello scavo: **lasciare libero un margine di sicurezza  $\geq 0,60$  m.**

### Articolo 120 - Deposito di materiali in prossimità degli scavi

1. È 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.

**Accumulo materiale a bordo scavo:** rischio di caduta materiale nello scavo, rischio di sovraccarico pareti scavo



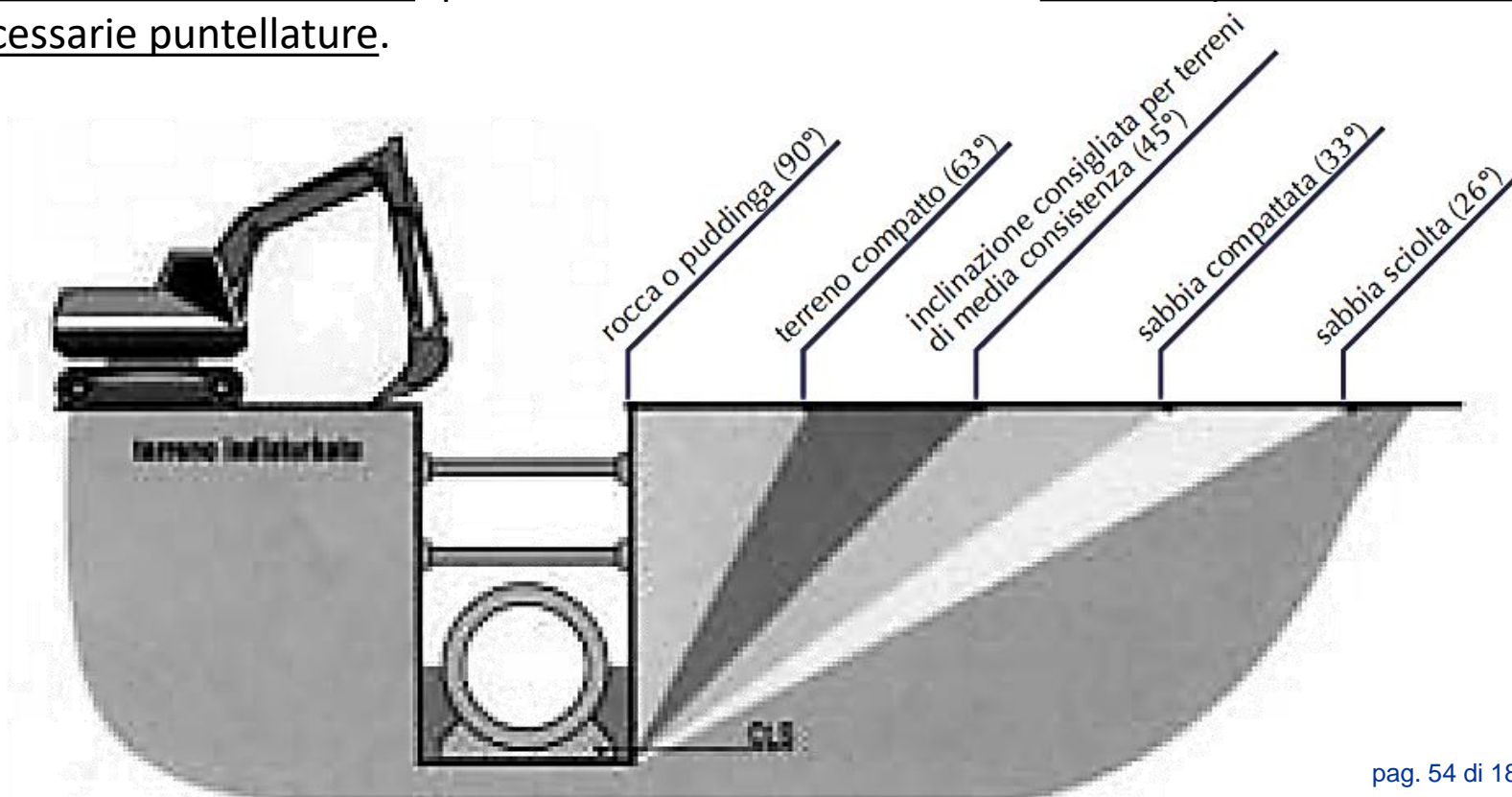
Il blindaggio è in grado di sostenere sia la spinta del terreno che gli effetti associati allo smarino ed a i mezzi di cantiere

### Scavi armati

E' vietato depositare materiale lungo il bordo superiore dello scavo: **lasciare libero un margine di sicurezza  $\geq 0,60$  m.**

#### Articolo 120 - Deposito di materiali in prossimità degli scavi

1. È 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.



## Scavi armati

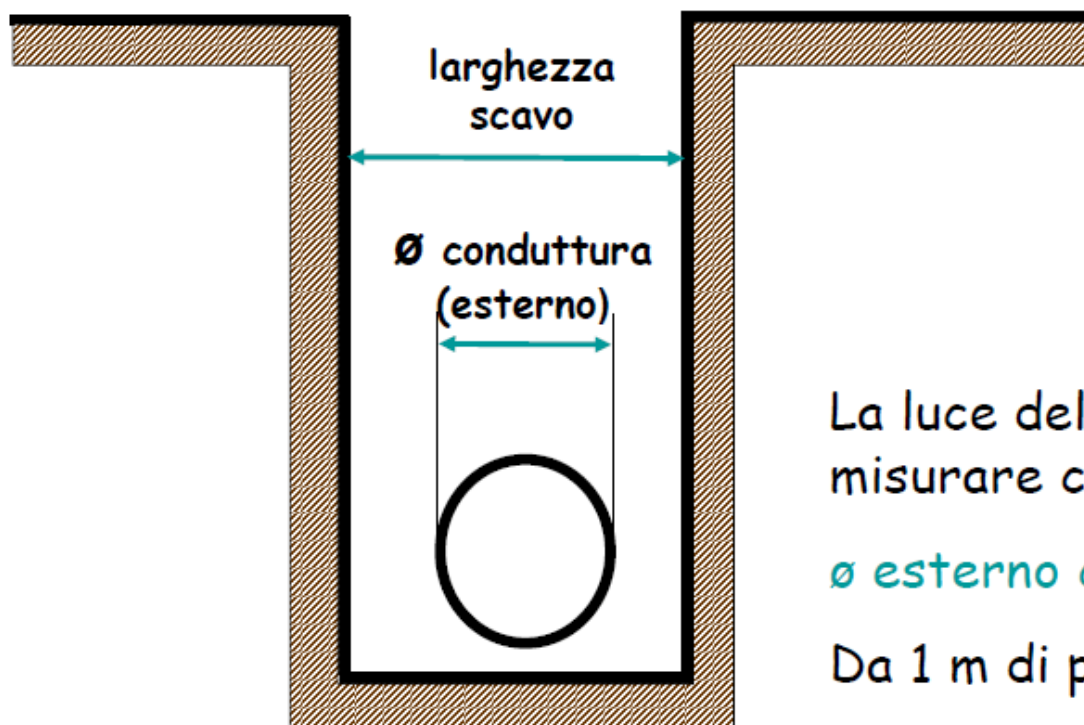
Le attività di scavo comportano notevoli rischi per i lavoratori legati principalmente al franamento delle pareti di scavo.

L'instabilità delle pareti di scavo è legata all'**EVOLUZIONE** delle condizioni al contorno ed al **FATTORE TEMPO**

Il D.Lgs. 81/2008 prevede una serie di misure di sicurezza a carattere generale, tra cui:

1. Per **H > 1.50 m in uno scavo di sbancamento** è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.
2. **Non è consentito l'accumulo di materiale di smarino o il transito dei mezzi di cantiere** sul bordo dello scavo: altrimenti lo scavo deve essere opportunamente sostenuto.
3. Per **H > 1.50 m lo scavo in trincea** deve prevedere un sistema di sostegno.
4. E' buona norma prevedere una **distanza minima di sicurezza di smarino e mezzi di cantiere dal bordo dello scavo**, sia in presenza o in assenza di sostegno delle pareti di scavo.

Larghezza Scavi: norme di buona tecnica

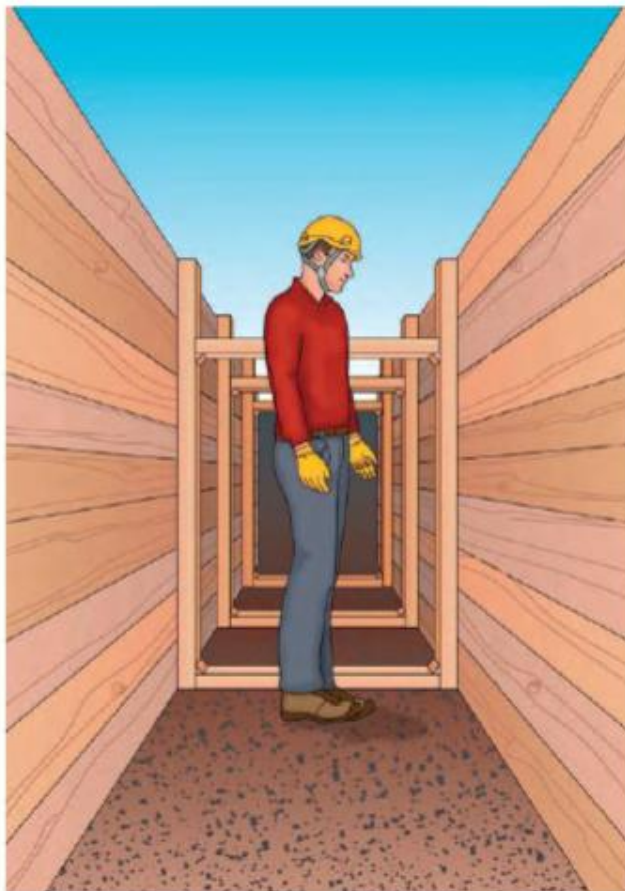


La luce dello scavo deve misurare come minimo:

$\varnothing$  esterno condotta + 40 cm

Da 1 m di profondità min. 60 cm

## Larghezza Scavi: norme di buona tecnica

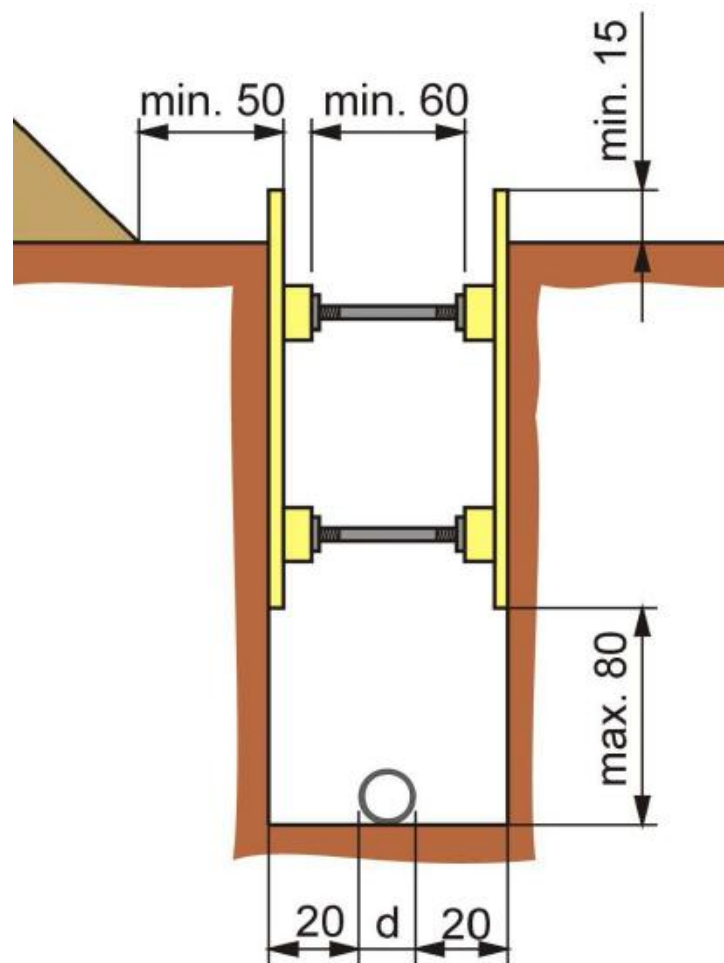


Sistemi **totalmente in legno** realizzati in cantiere

tavole orizzontali affiancate, sostenute da montanti a tutt'altezza con interasse compreso 1.5÷2 metri affiancati e vincolati fra loro al piede ed alla sommità attraverso puntelli orizzontali.

il puntello deve essere collocato sull'elemento verticale che lo sostiene e non direttamente sulla tavola orizzontale.

## Larghezza Scavi: norme di buona tecnica



Se lo scavo è puntellato, per determinarne la larghezza minima bisogna considerare sia il diametro della condotta da posare che il puntellamento. I sistemi di puntellazione per scavi, definiti dalla **UNI EN 13331-1:2004**, devono assicurare la stabilità delle pareti verticali e sono composti da diversi componenti prefabbricati assemblati fra loro che creano un sostegno blindato dello scavo.

La norma **UNI EN 13331-1:2004** specifica i requisiti per i sistemi metallici di puntellazione per scavi, includendo materiali e criteri costruttivi. Sebbene sia una norma datata, rimane il riferimento tecnico ufficiale per i sistemi di protezione degli scavi a cielo aperto.

Larghezza Scavi: norme di buona tecnica

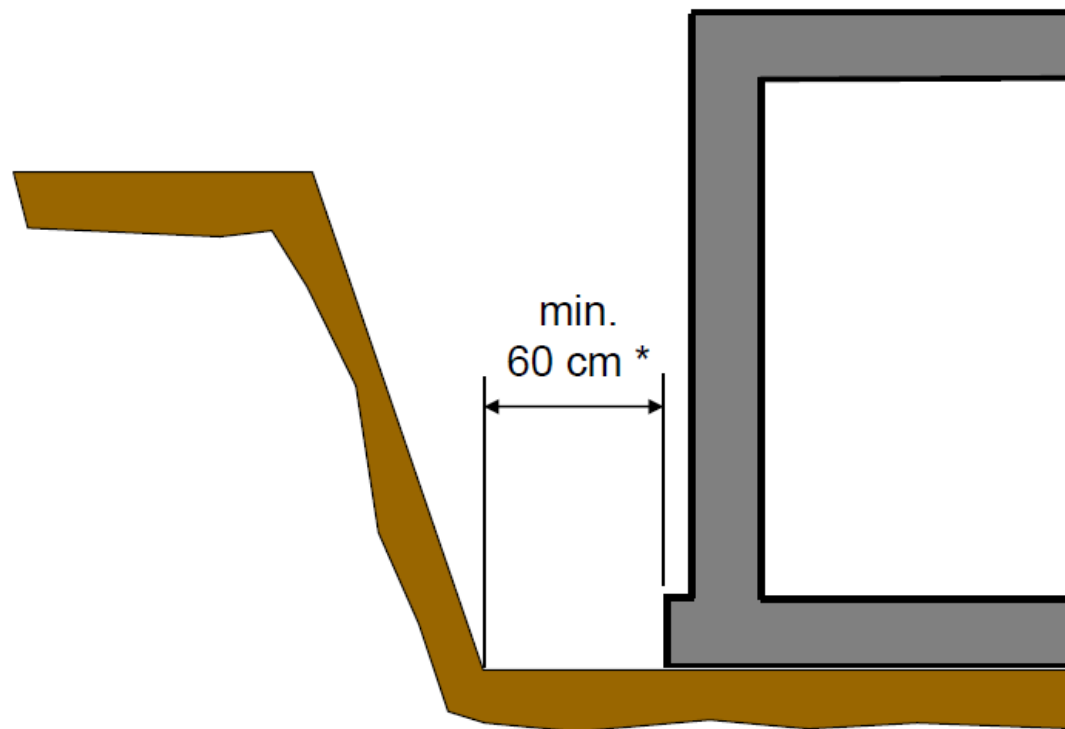
# UNI EN 13331-1:2004

sistema di puntellazione per scavi supportato al centro (tipo cs);

- sistema di puntellazione per scavi supportato ai bordi (tipo es)
- sistema di puntellazione per scavi su rotaia di scorrimento (tipo r), singola (rs), doppia (rd) o tripla (rt);
- sistema di puntellazione per scavi supportato ai bordi da trascinare orizzontalmente: cassa a trascinamento

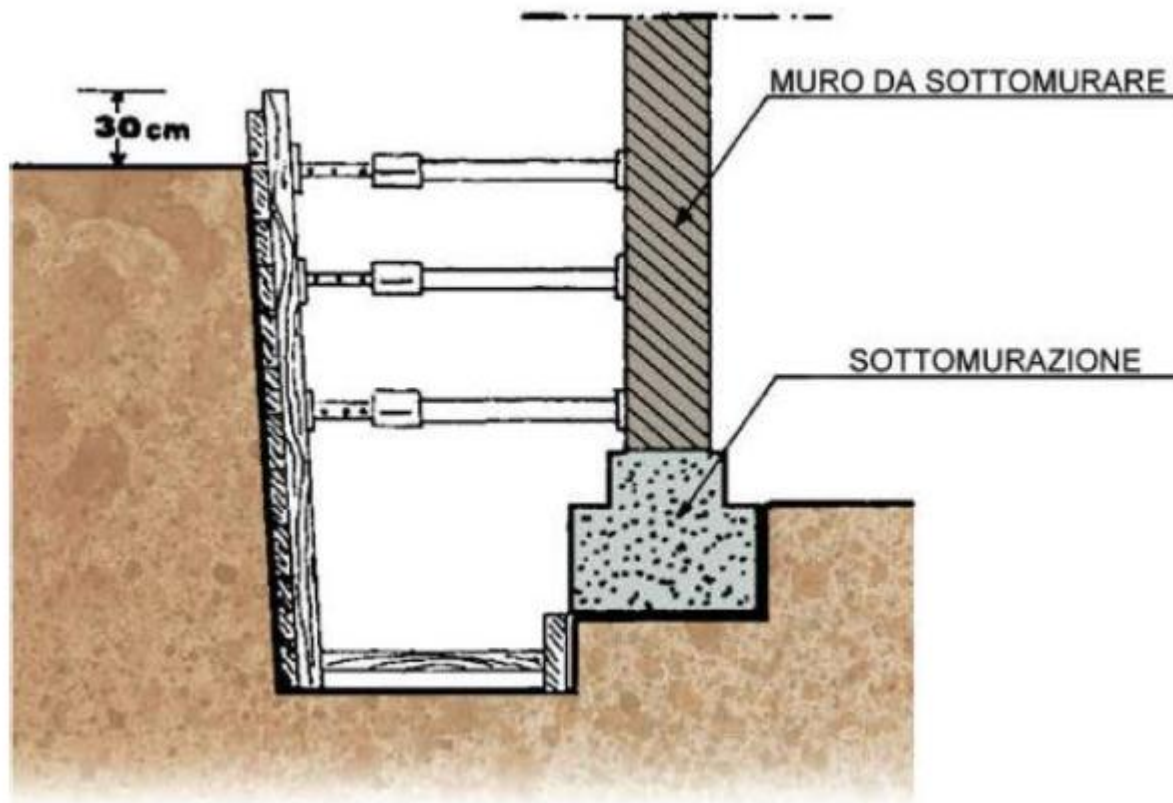


## Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione



\* in ogni fase della costruzione  
(ad es. considerare la casseratura delle pareti)

Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

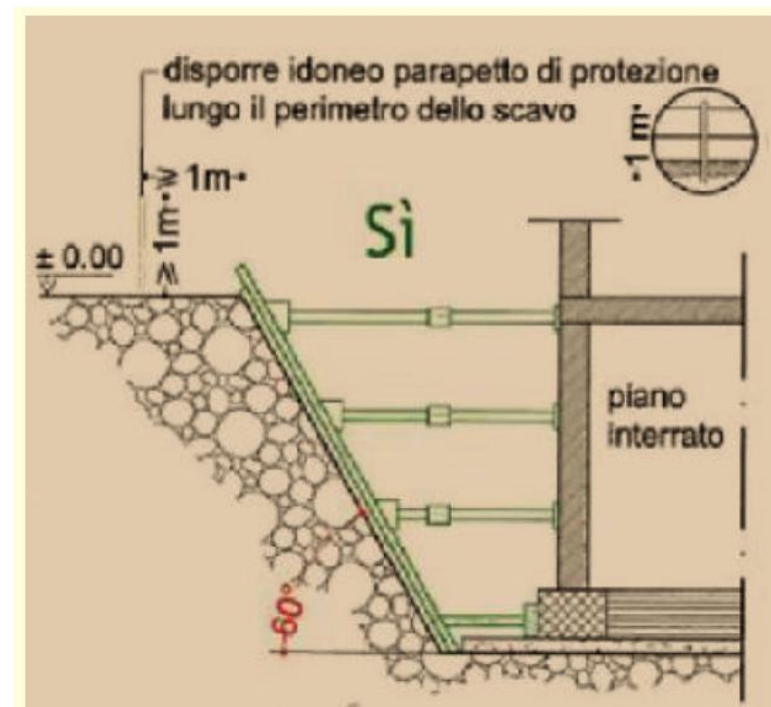
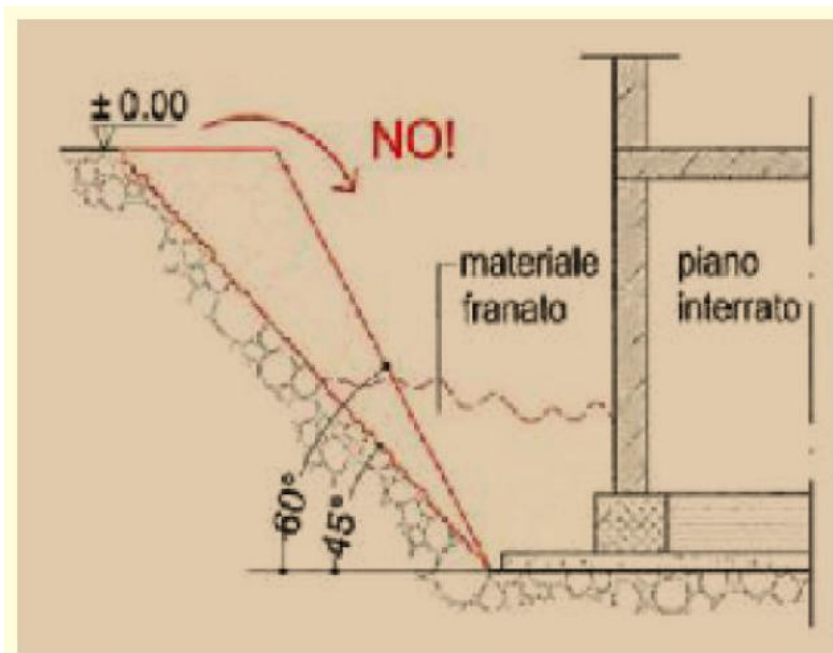


## Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

Quando la collocazione dello scavo o la sua profondità non consentono di sagomare opportunamente le pareti di scavo, è necessario armare lo scavo.

L'armatura deve essere tale da resistere alle sollecitazioni indotte da:

- **pressione del terreno;**
- **strutture adiacenti;**
- **carichi aggiuntivi e vibrazioni**  
(attrezzature, traffico veicolare, materiale di stoccaggio, ecc.).



### Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

Quando la collocazione dello scavo o la sua profondità non consentono di sagomare opportunamente le pareti di scavo, è **necessario armare lo scavo**.



L'armatura deve essere tale da resistere alle sollecitazioni indotte da:

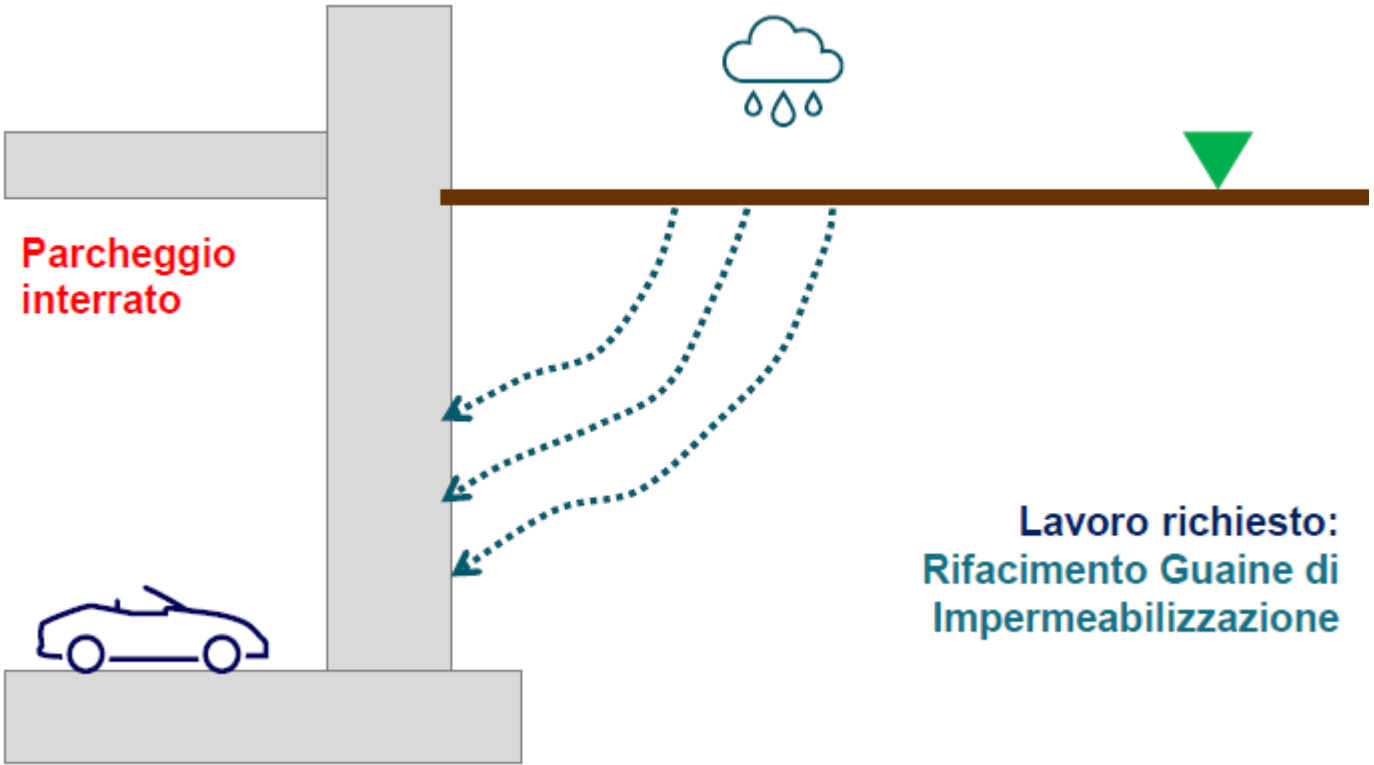
- **pressione del terreno;**
- **strutture adiacenti;**
- **carichi aggiuntivi e vibrazioni**  
(attrezzature, traffico veicolare, materiale di stoccaggio, ecc.).

La zona interessata dai lavori di scavo deve essere **delimitata con barrire fisse** per impedire il traffico dei mezzi di cantiere sul ciglio dello scavo. Si devono inoltre allestire robusti parapetti (**scavi di sbancamento se il dislivello supera i 2,00 m**)



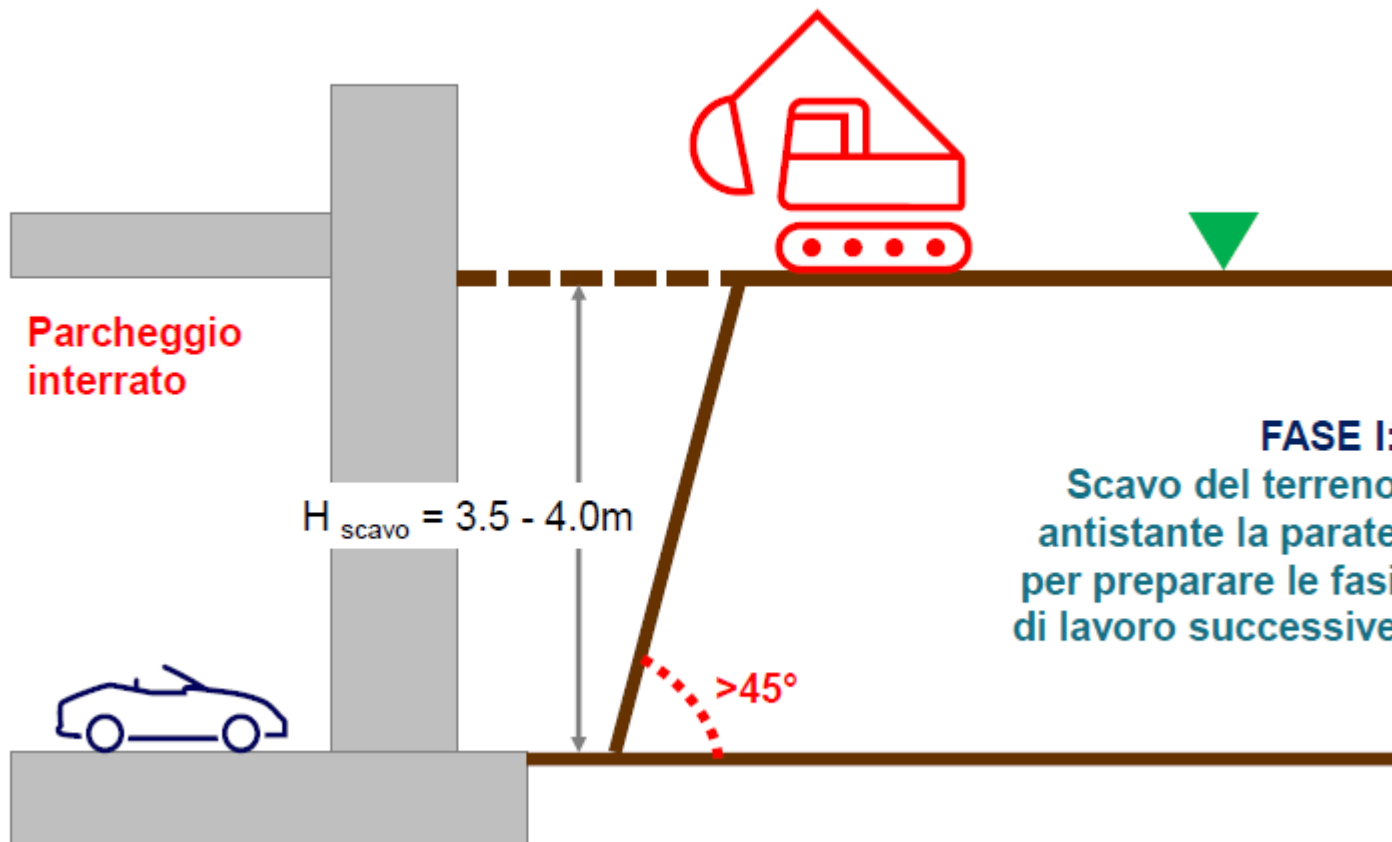
**Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione**

**ESEMPI DI INCIDENTI**



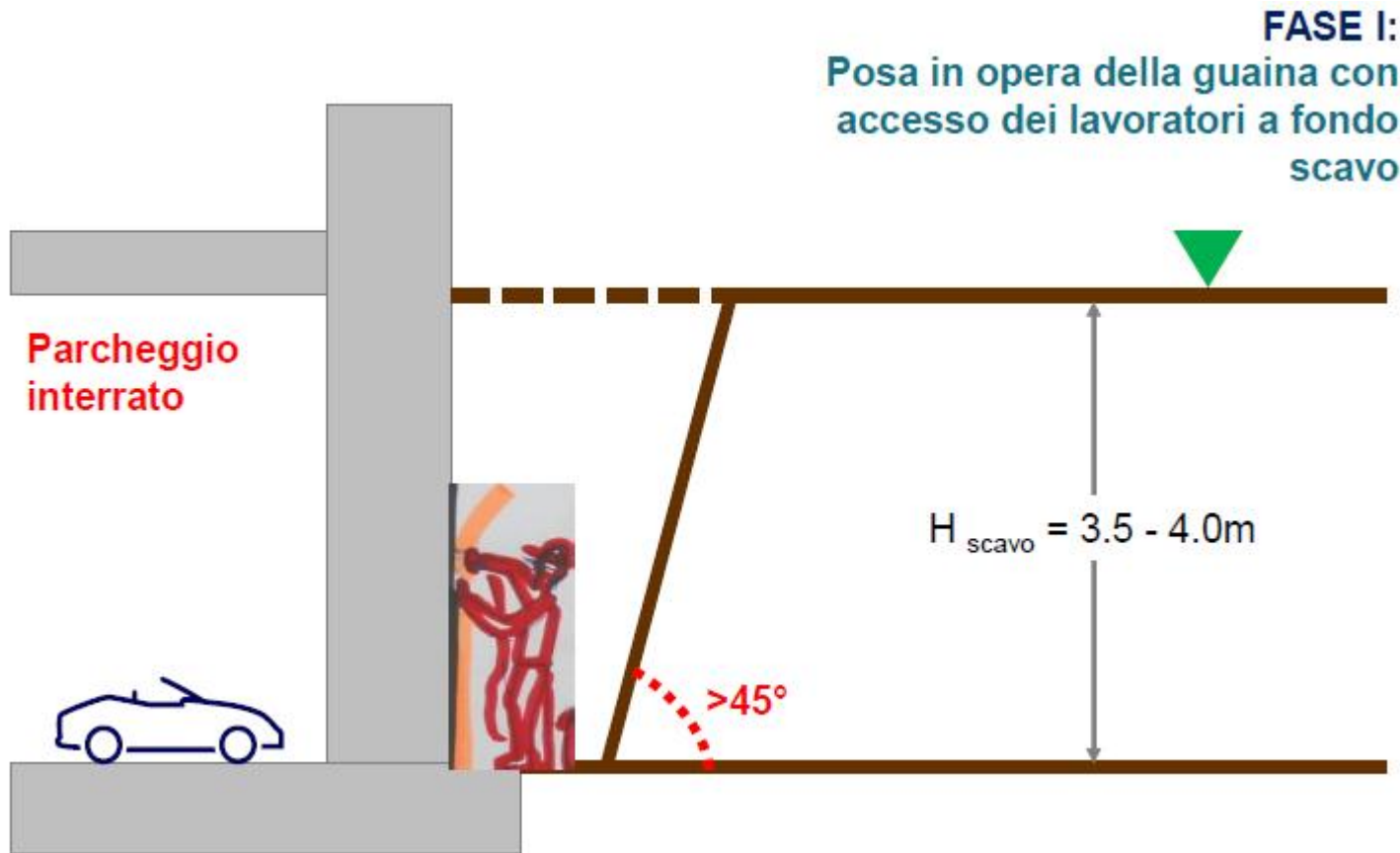
Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

ESEMPI DI INCIDENTI



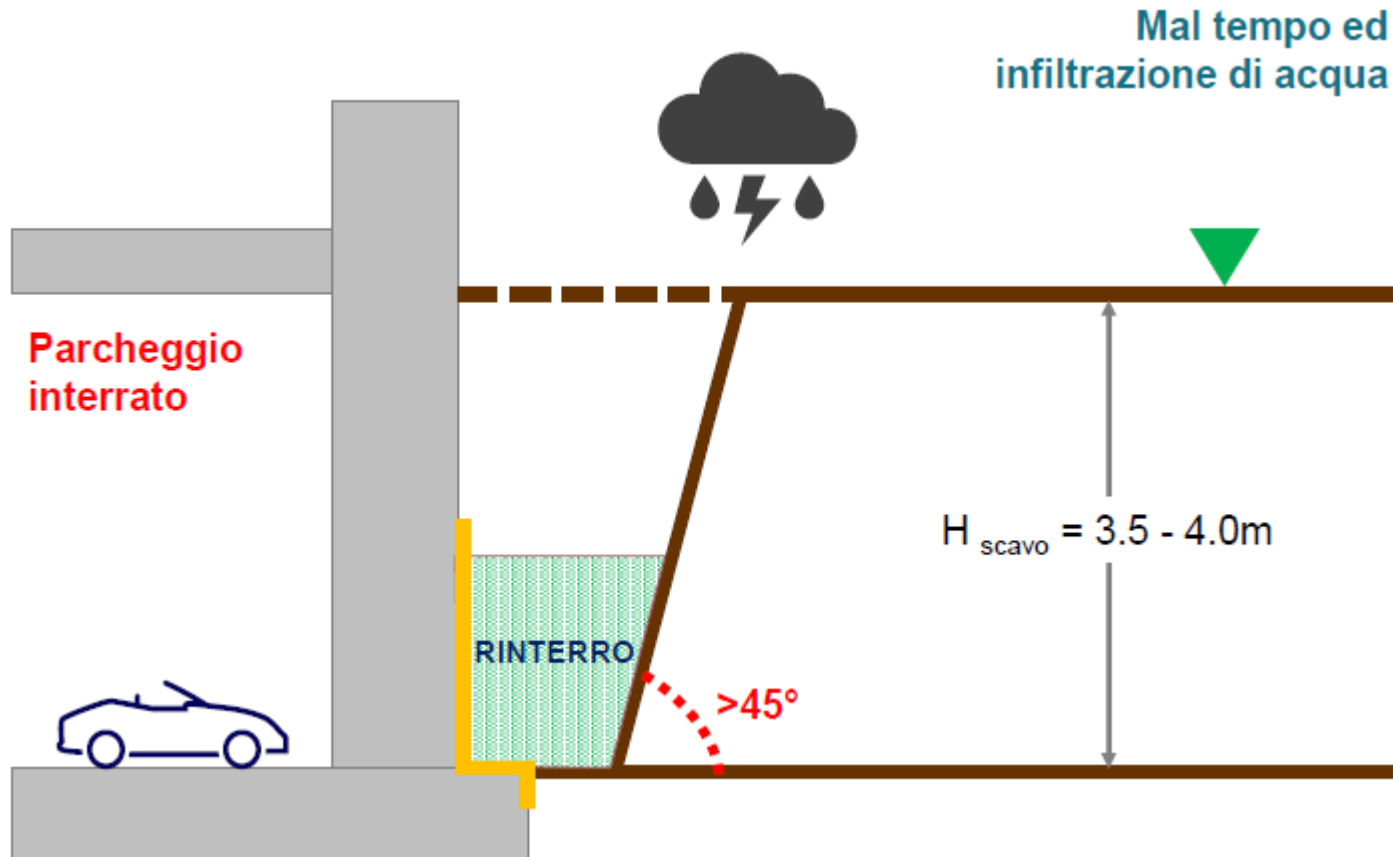
Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

ESEMPI DI INCIDENTI



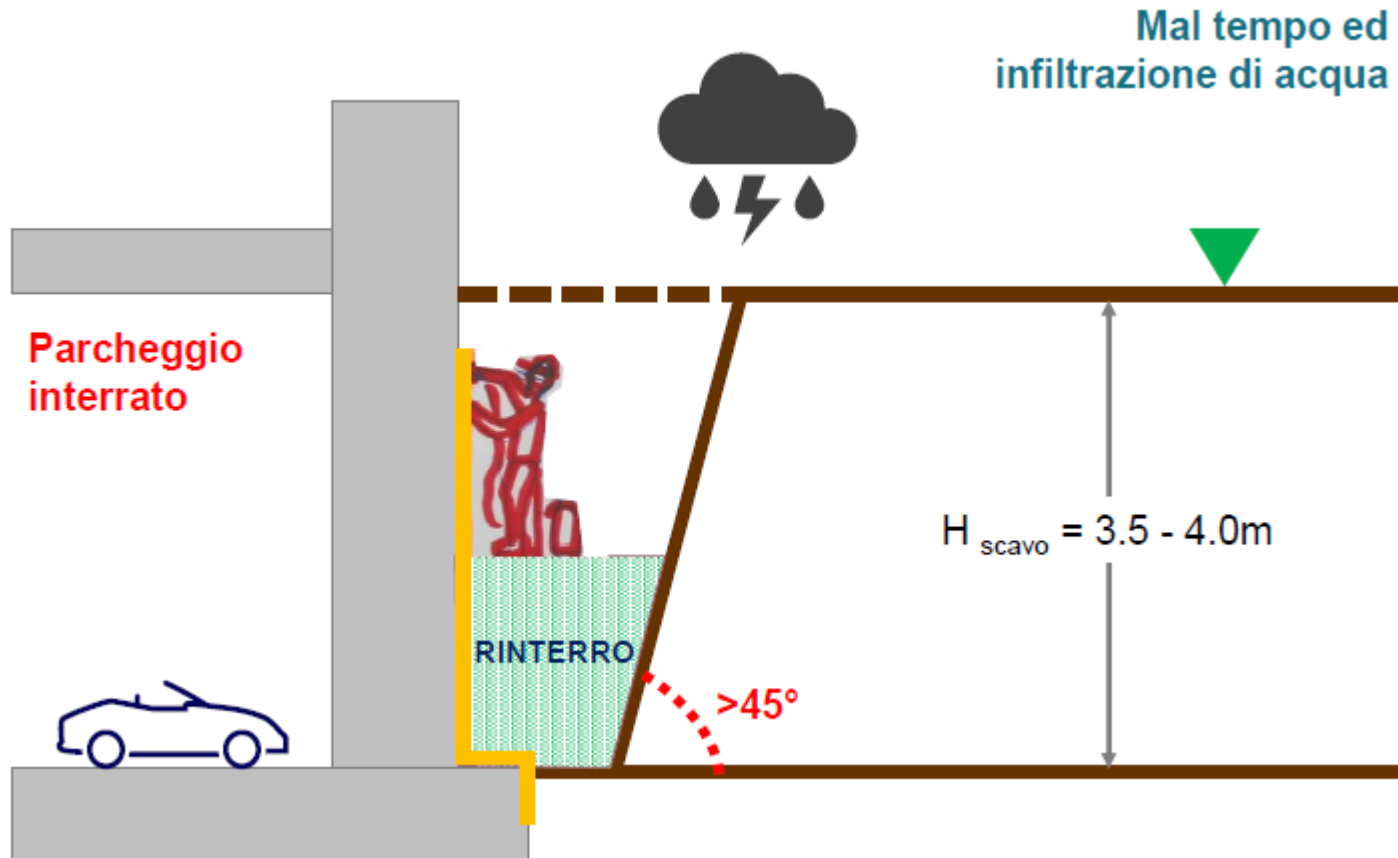
Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

ESEMPI DI INCIDENTI



Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

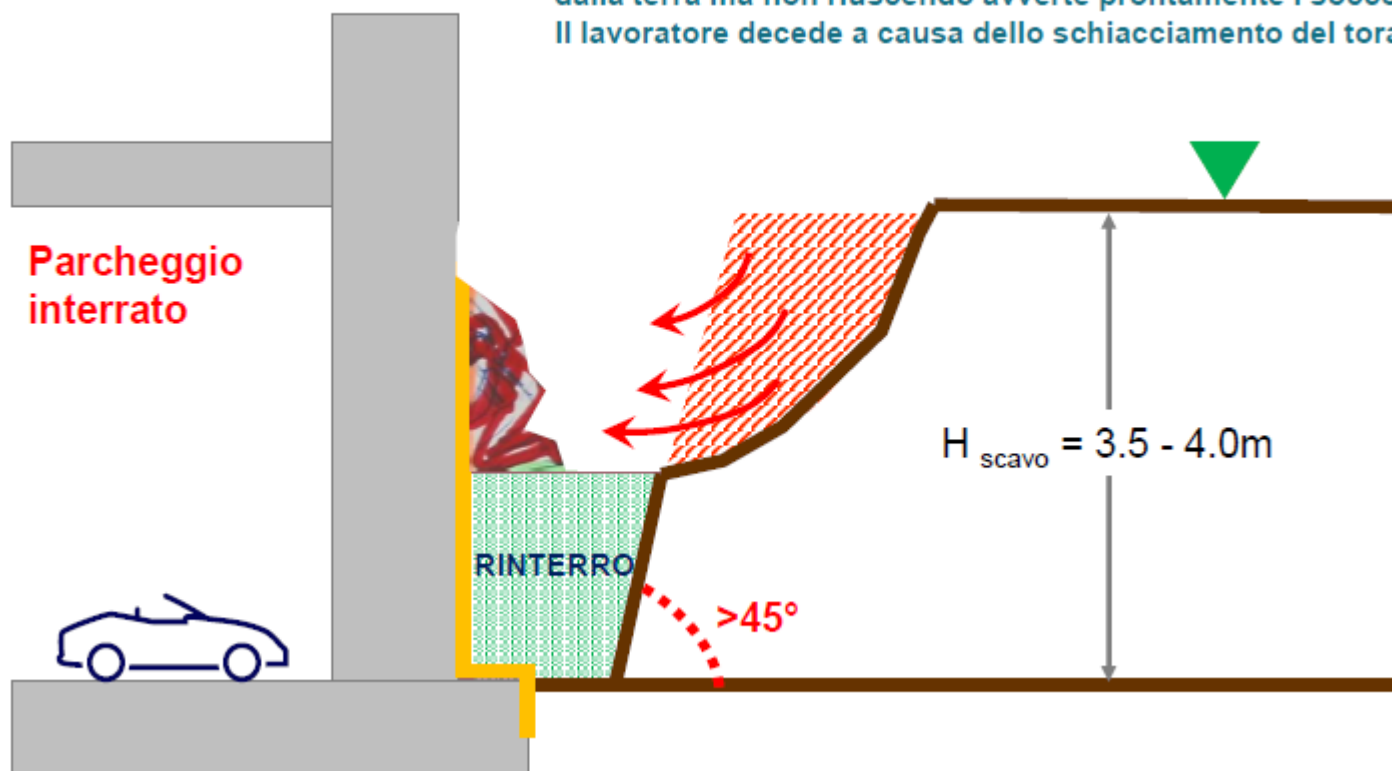
ESEMPI DI INCIDENTI



Posto di Lavoro negli Scavi di Fondazione

ESEMPI DI INCIDENTI

Collasso improvviso della parete di scavo. Il lavoratore viene parzialmente sepolto. Il collega tenta di estrarlo dalla terra ma non riuscendo avverte prontamente i soccorsi. Il lavoratore decede a causa dello schiacciamento del torace.



Posto di Lavoro nella posa di tubazioni

ESEMPI DI INCIDENTI

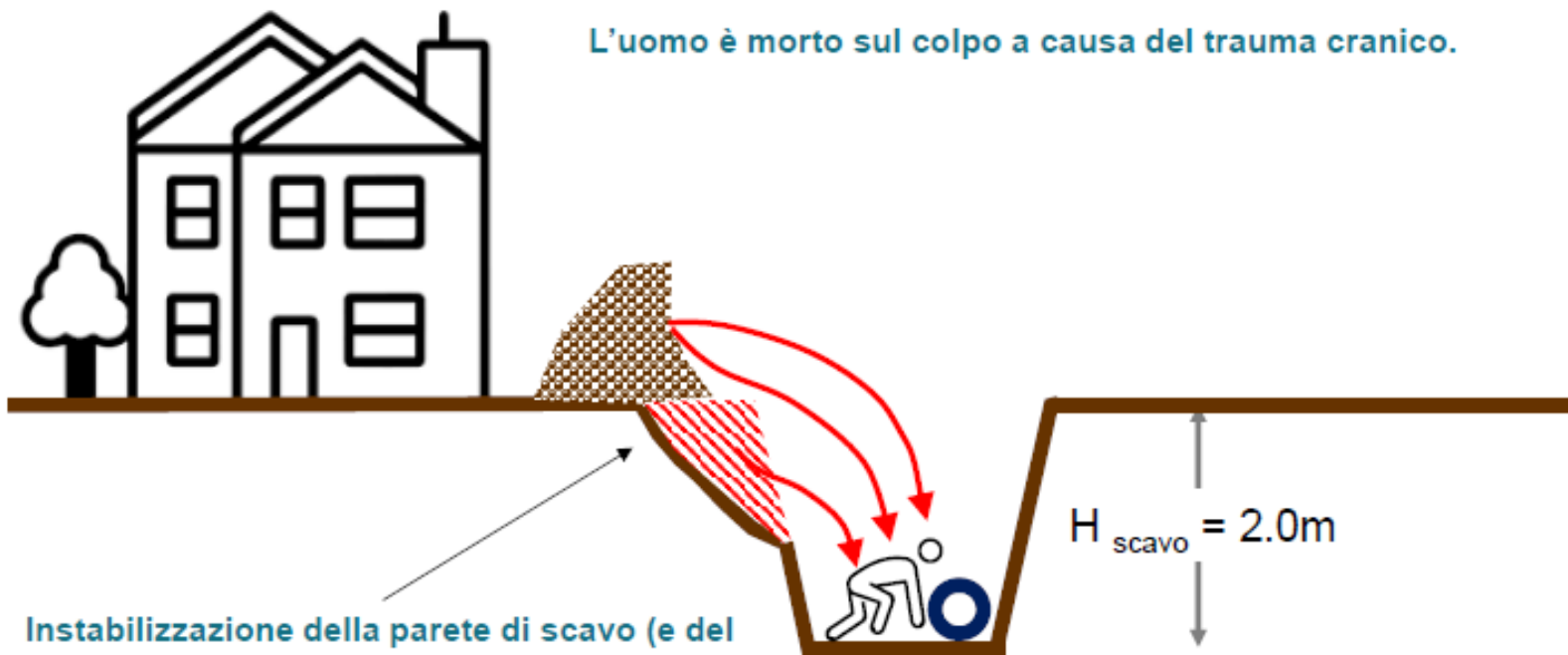


Posto di Lavoro nella posa di tubazioni

ESEMPI DI INCIDENTI

Mentre l'operaio era all'interno dello scavo la parete ha riportato un cedimento superficiale.

L'uomo è morto sul colpo a causa del trauma cranico.



Instabilizzazione della parete di scavo (e del cumulo) con conseguente collasso dovuto al peso dello smarino accumulato al ciglio



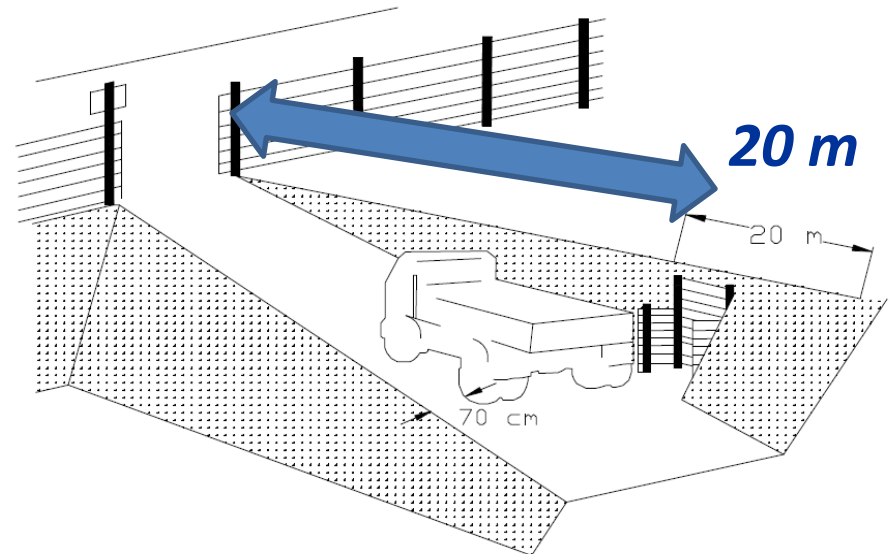
**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

**ALLEGATO XVIII - VIABILITÀ NEI CANTIERI, PONTEGGI E TRASPORTO DEI MATERIALI**

**1. Viabilità nei cantieri**

1.1. **Le rampe di accesso** al fondo degli scavi di splateamento o di sbancamento devono avere una carreggiata solida, atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego, ed una pendenza adeguata alla possibilità dei mezzi stessi.

L'accesso pedonale al fondo dello scavo deve essere reso indipendente dall'accesso carrabile; solo nel caso in cui non fosse possibile realizzare tale accesso, la larghezza delle rampe deve essere tale da consentire un **franco di almeno 70 centimetri, oltre la sagoma di ingombro del veicolo**. Qualora nei tratti lunghi il franco venga limitato ad un solo lato, devono essere realizzate piazzuole o nicchie di rifugio ad intervalli non superiori a **20 metri lungo l'altro lato**.





### T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii

#### Articolo 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, **all'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**; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.
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 (PIANO DELLE EMERGENZE)**.

### ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)

Il termine **trenchless** identifica le tecnologie **no-dig (nessuno scavo)**, ovvero sistemi che permettono la posa, il risanamento o la sostituzione di **tubazioni e cavi interrati senza ricorrere agli scavi a cielo aperto**.

Queste tecniche sono fondamentali per minimizzare l'impatto ambientale, ridurre i costi di ripristino stradale e non interrompere il traffico o le attività in superficie.

#### Principali tecnologie Trenchless:

- **TOC / TOTG (Trivellazione Orizzontale Controllata o Tele Guidata)**: utilizza una testa di perforazione tele guidata da una sonda radio, per creare un foro pilota e poi successivamente tirare la condotta.
- **Microtunnelling**: impiega una fresa meccanica a piena sezione telecomandata (TBM in miniatura) che spinge i tubi dietro di sé mentre avanza.
- **Spingitubo (Pipe Jacking)**: metodo a spinta idraulica per l'inserimento di tubi di grandi dimensioni, adatto a diversi tipi di terreno.
- **Pipe Ramming**: infissione dinamica di tubi in acciaio mediante percussione pneumatica.

### ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)

Il termine **trenchless** identifica le tecnologie **no-dig** (nessuno scavo), ovvero sistemi che permettono la posa, il risanamento o la sostituzione di **tubazioni e cavi interrati senza ricorrere agli scavi a cielo aperto**.

Esempio e vantaggi:

- *posa in opera di **tubazioni e cavi interrati** o il recupero funzionale di condotte interrate esistenti senza ricorrere agli scavi a cielo aperto*
- *eliminano o **riducono al minimo lo scavo a cielo aperto***
- *limitazione del **traffico di mezzi pesanti** ed occupazione del suolo*
- *sostenibili dal punto di vista **ambientale, sociale ed economico***



**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**

### ***PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE***

#### **La tecnologia Horizontal Directional Drilling (Perforazione direzionale orizzontale)**

La tecnologia consente la posa di tubazioni in polietilene o acciaio, di diametro compreso tra 40 e 1600 mm, adatte per la fornitura di tutti i tipi di sottoservizi. La posa avviene mediante una **trivellazione TELE guidata elettronicamente** dal punto di ingresso a quello di arrivo, senza la necessità di effettuare scavi a cielo aperto.

#### **La tecnologia ROD PUSHER (spingitore di canne)**

Questa tecnologia è un particolare tipo di trivellazione orizzontale tele guidata con macchinari di piccole dimensioni e per la posa di tubazioni di diametro compreso tra 50 e 160 mm.

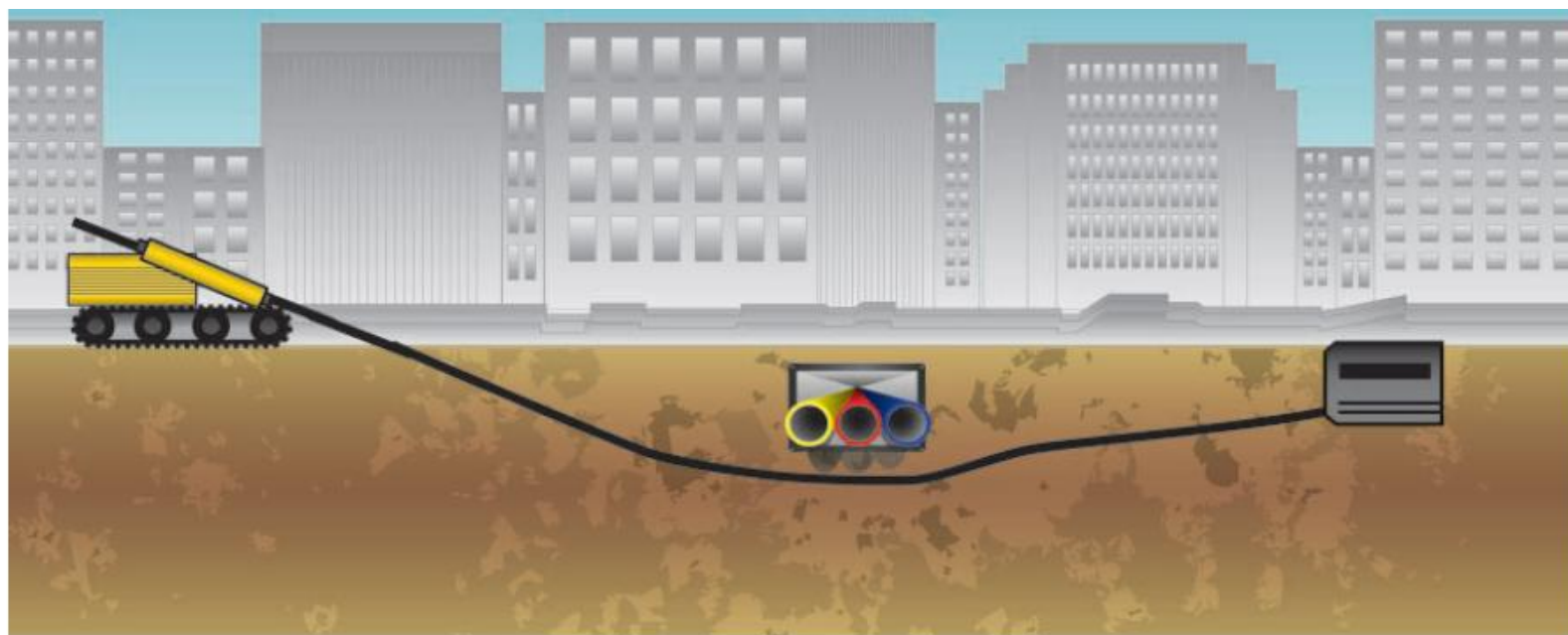
#### **La tecnologia Microtunneling (mini TBM)**

Questa tecnologia consente la posa di tubazioni in acciaio, in calcestruzzo o in gres ceramico di diametro compreso tra 250 e **2.500 mm**. La posa avviene **mediante la spinta**, da un **pozzo di partenza fino a uno di arrivo**, di tratti di tubo della lunghezza variabile da 1 a 3 metri. Sul **tratto iniziale della tubazione è installata una fresa** o una trivella con testa orientabile, che disgrega il materiale durante l'avanzamento.

### ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo) **PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

#### **La tecnologia Horizontal Directional Drilling (Perforazione direzionale orizzontale)**

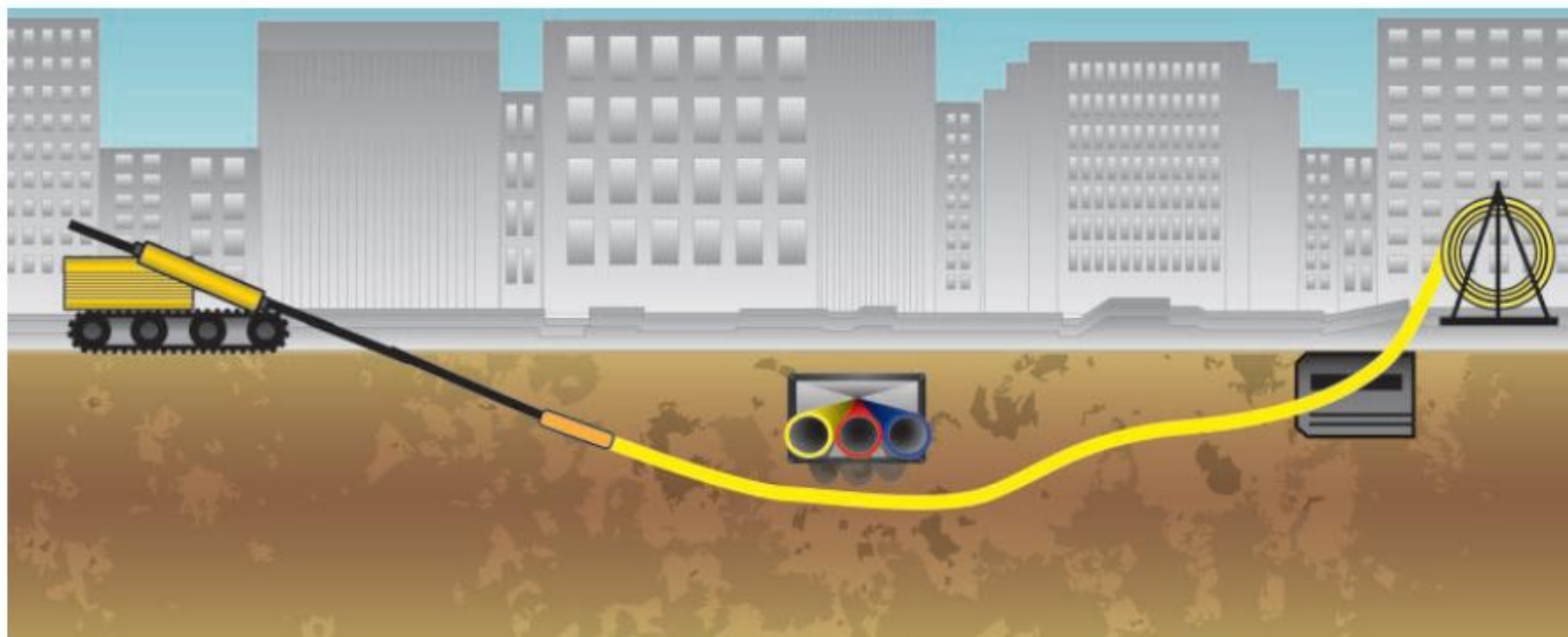
La tecnologia consente la posa di tubazioni in polietilene o acciaio, di diametro compreso tra 40 e 1600 mm, adatte per la fornitura di tutti i tipi di sottoservizi. La posa avviene mediante una **trivellazione TELE guidata elettronicamente** dal punto di ingresso a quello di arrivo, senza la necessita di effettuare scavi a cielo aperto.



## ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo) **PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

### La tecnologia **Horizontal Directional Drilling (Perforazione direzionale orizzontale)**

La tecnologia consente la posa di tubazioni in polietilene o acciaio, di diametro compreso tra 40 e 1600 mm, adatte per la fornitura di tutti i tipi di sottoservizi. La posa avviene mediante una **trivellazione TELE guidata elettronicamente** dal punto di ingresso a quello di arrivo, senza la necessita di effettuare scavi a cielo aperto.



### ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo) **PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

#### **La tecnologia Horizontal Directional Drilling e Microtunneling (mini TBM)**

L'alesatore per TOC e Microtunnelling è un utensile specializzato utilizzato per allargare il foro pilota durante le operazioni di perforazione orizzontale controllata (TOC o TOTG) o microtunnelling, garantendo il diametro utile per l'installazione della condotta.

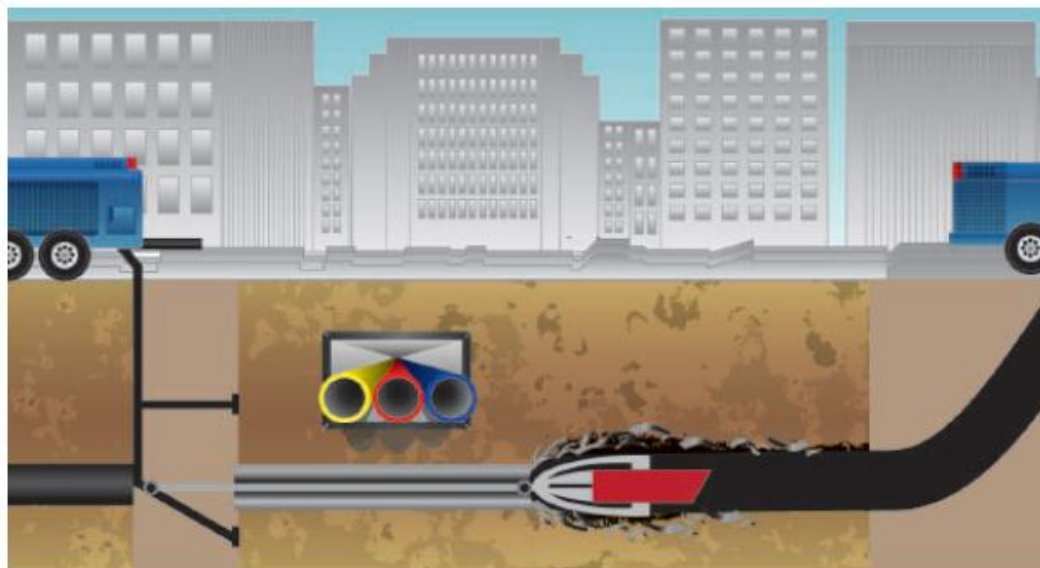
*Alesatori che trascinano serie di tubi all'interno del foro partendo dal pozzo di arrivo*



## ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo) **PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

### **Pipe bursting (distruzione delle tubazioni per frantumatura ad espansione)**

Questa tecnologia consiste nell'introduzione di una testa dirompente (**Alesatore**) nella vecchia tubazione e nella sua frammentazione. La testa è dotata di una fresa che **allarga il foro** e nello stesso tempo **trascina dietro di se la nuova**, compattando nel suolo circostante i frammenti; la testa dirompente può essere ad azione idraulica, pneumatica o meccanica (ogiva). Questa tecnica viene utilizzata per rompere le **vecchie tubazioni realizzate in materiali fragili** (cemento, ghisa grigia, PVC, grès, ecc.).

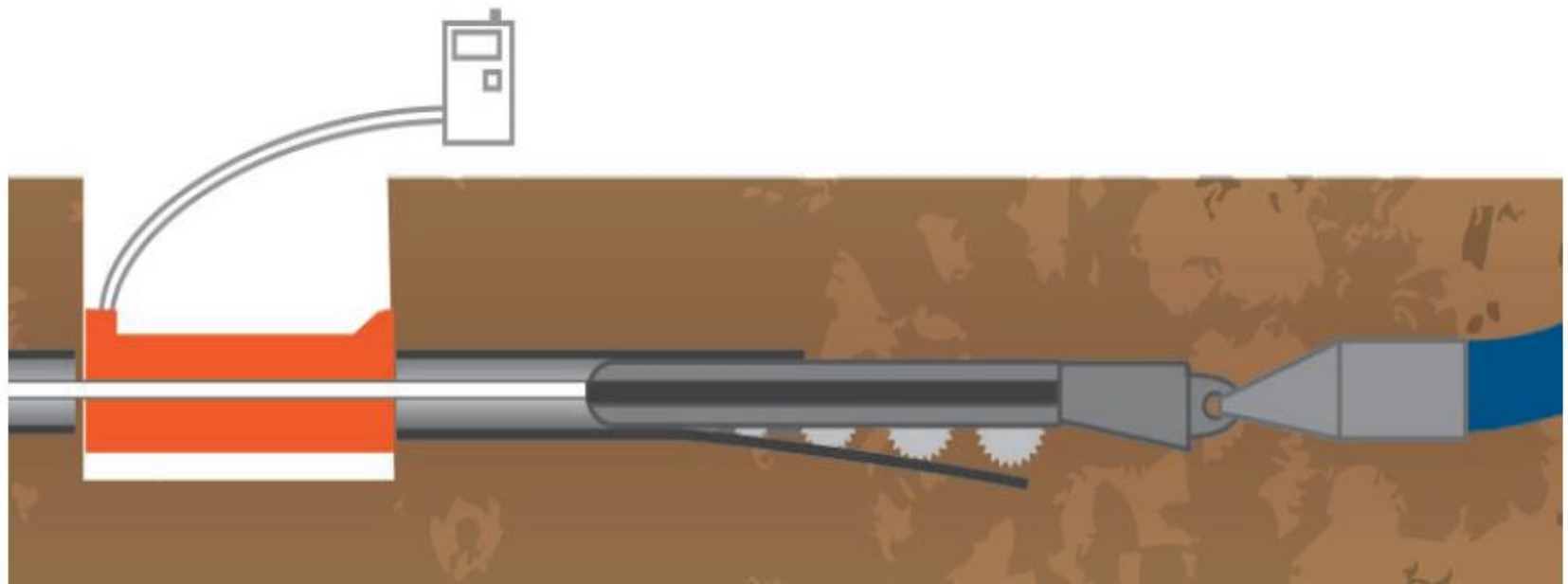


### ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo) **PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

#### **Pipe splitting (distruzione delle tubazioni per taglio)**

Questa tecnologia è simile alla tecnologia del “pipe bursting” e differisce da essa solo il dispositivo di taglio, che è dotato di utensili adatti a tagliare i materiali duttili (acciaio, PVC, ecc.) di cui sono costituite le condotte da sostituire.

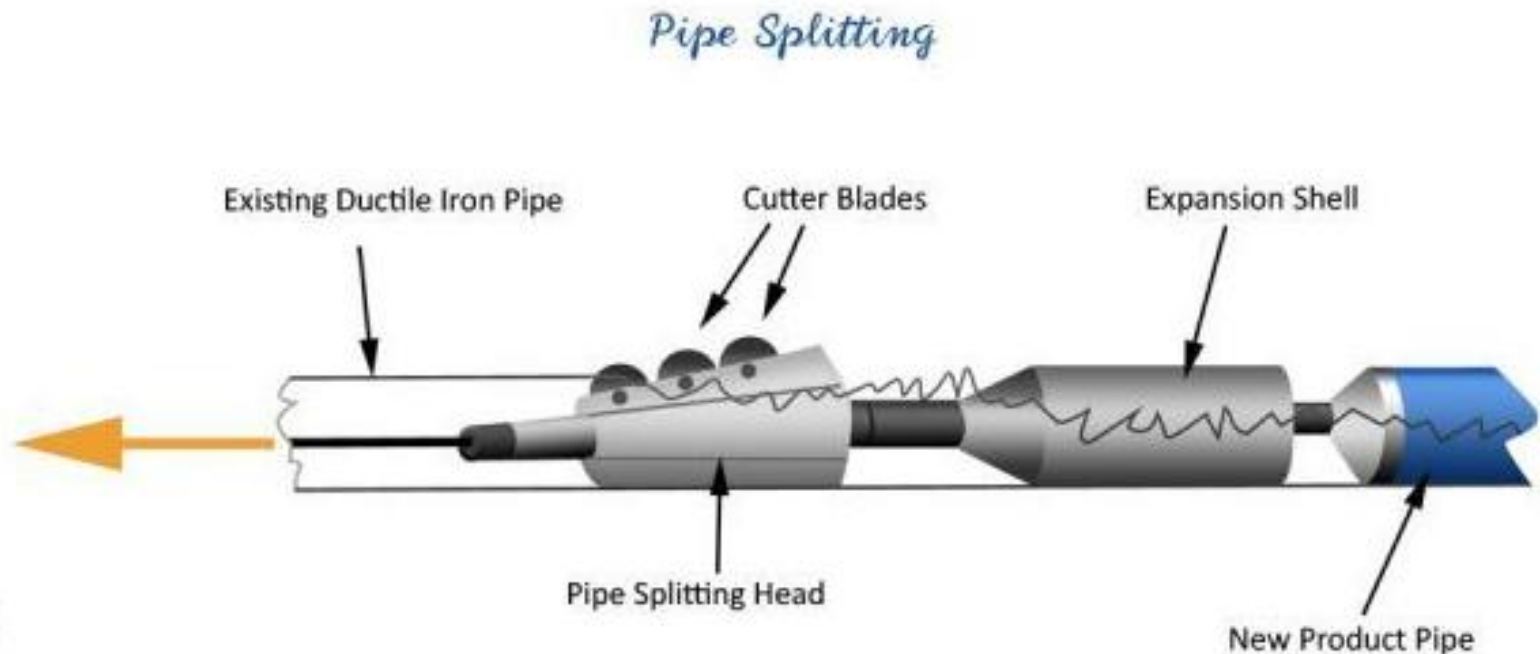
*Pipe splitting - Utensile da taglio ( $\varnothing = 300 \text{ mm}$ ) e applicazione*



**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**  
***PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE***

**Pipe splitting (distruzione delle tubazioni per taglio)**

Questa tecnologia è simile alla tecnologia del “pipe bursting” e differisce da essa solo il dispositivo di taglio, che è dotato di utensili adatti a tagliare i materiali duttili (acciaio, PVC, ecc.) di cui sono costituite le condotte da sostituire.



### ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo) **PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

#### **Pipe splitting (distruzione delle tubazioni per taglio)**

Questa tecnologia è simile alla tecnologia del “pipe bursting” e differisce da essa solo il dispositivo di taglio, che è dotato di utensili adatti a tagliare i materiali duttili (acciaio, PVC, ecc.) di cui sono costituite le condotte da sostituire.

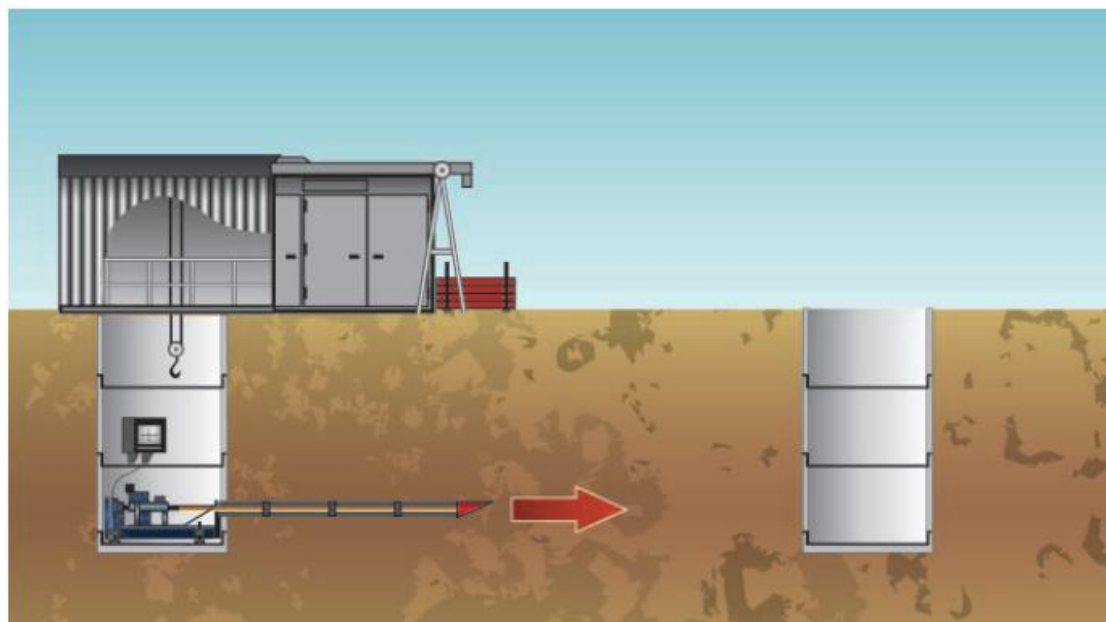


**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**

### ***PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE***

#### ***Microtunneling - metodologia con tubo pilota a spostamento del materiale***

Questa tecnologia consente la posa di tubazioni in acciaio, in calcestruzzo o in gres ceramico di diametro compreso tra 250 e 2.500 mm. La **posa avviene mediante la spinta**, da un pozzo di partenza fino a uno di arrivo, di tratti di tubo della lunghezza variabile da 1 a 3 metri. Sul tratto iniziale della tubazione è **installata una fresa o una trivella con testa orientabile**, che disgrega il materiale durante l'avanzamento.

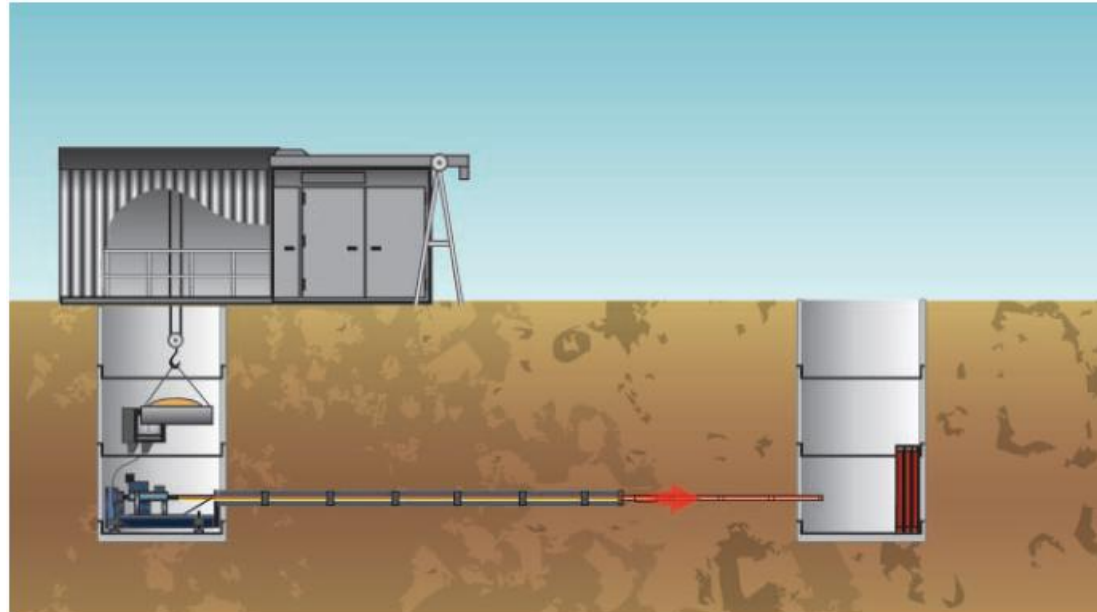


**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**

### ***PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE***

#### ***Microtunneling - metodologia con tubo pilota a spostamento del materiale***

Questa tecnologia consente la posa di tubazioni in acciaio, in calcestruzzo o in gres ceramico di diametro compreso tra 250 e 2.500 mm. La **posa avviene mediante la spinta**, da un pozzo di partenza fino a uno di arrivo, di tratti di tubo della lunghezza variabile da 1 a 3 metri. Sul tratto iniziale della tubazione è **installata una fresa o una trivella con testa orientabile**, che disgrega il materiale durante l'avanzamento.



**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**

### ***PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE***

#### ***Microtunneling - metodologia con tubo pilota a spostamento del materiale***

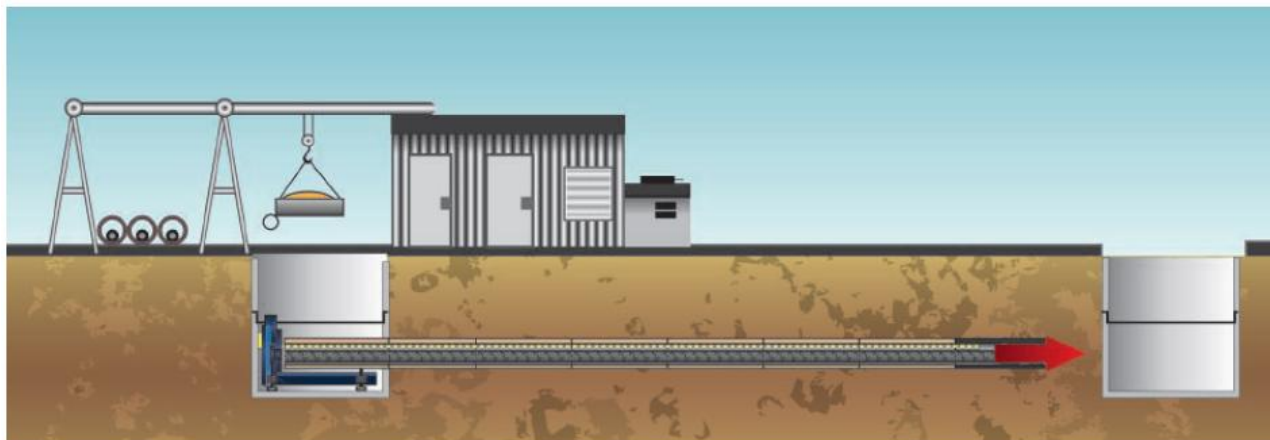
Questa tecnologia consente la posa di tubazioni in acciaio, in calcestruzzo o in gres ceramico di diametro compreso tra 250 e 2.500 mm. La **posa avviene mediante la spinta**, da un pozzo di partenza fino a uno di arrivo, di tratti di tubo della lunghezza variabile da 1 a 3 metri. Sul tratto iniziale della tubazione è **installata una fresa o una trivella con testa orientabile**, che disgrega il materiale durante l'avanzamento.



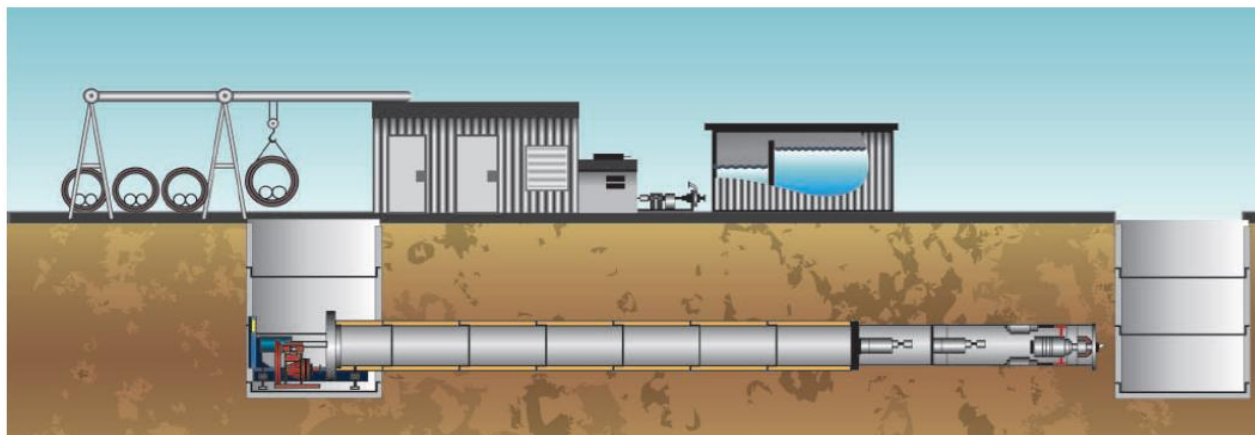
ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)

**PERFORAZIONI ORIZZONTALI TELE GUIDATE**

*Microtunnelling - sistema con smarino meccanico*



*Microtunnelling - sistema con smarino idraulico*



**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**

### ***PERFORAZIONI ORIZZONTALI NON GUIDATE***

#### **La tecnologia Raise borer (Sollevare il punteruolo)**

La tecnologia consente la realizzazione di pozzi da verticali a molto inclinati (di solito non si va al di sotto di 30°), con un sistema di trivellazione simile a quello dell'Horizontal Directional Drilling. Il foro pilota e poi alesato per raggiungere le dimensioni volute.

#### **La tecnologia Mole (siluro)**

La tecnologia consente la posa di tubazioni di diametro compreso tra 90 e 180 mm realizzata tramite perforazione a secco, con sistemi di spinta ad aria compressa, da una buca di partenza fino a una di arrivo. Il tubo è posato direttamente durante la perforazione, collegandolo alla coda della lancia mediante opportuni attacchi. Non potendo apportare correzioni significative alla traiettoria della perforazione, questa dovrà essere orientata opportunamente all'avvio alla giusta profondità.

#### **La tecnologia Spingitubo**

La tecnologia consente la posa di tubazioni di diametro compreso tra 600 e 1.500 mm; è analoga al Microtunneling ma si differenzia da questo per l'assenza di fresa posta sulla testa di perforazione e per il fatto che lo scavo non può essere direzionato. È prevalentemente adottata per l'attraversamento di linee ferroviarie e stradali ed è adatta per perforazioni di lunghezza limitata.

**ALTRI TIPI DI SCAVI: tecnologie “ NO DIG” o “TRENCHLESS” (senza scavo)**

### **PERFORAZIONI ORIZZONTALI OBBLIGATE**

**Risanamento (Manutenzione di reti esistenti):**

#### **Cured in place pipe (CIPP)**

Questa tecnologia consente la riabilitazione di una condotta o un manufatto tramite posa in opera di **guaina in feltro o feltro-tessile impregnata con un’opportuna resina termoindurente**.

#### **Pipe bursting**

La tecnologia consente la sostituzione di una condotta esistente costituita da materiali fragili (ghisa, gres, cemento, cemento-amianto, pvc) con una nuova per mezzo di un sistema di **aste azionate idraulicamente**.

#### **Slip - lining**

La tecnologia consente il rinnovamento di una condotta esistente, **mediante l’inserimento di tubi in polietilene ad alta densità di diametro inferiore alla condotta che deve essere rinnovata**, qualsiasi sia il materiale di quest’ultima. Le tratte che si possono realizzare sono di 300 m circa e dipendono dal diametro della condotta da posare, che può variare da 20 a 1000 mm, e dalla curvatura dello stesso.

#### **Il Pipe Coating**

Consente il rivestimento di una condotta esistente mediante l’utilizzo di **resine epossidiche spruzzate con appositi robot**, all’interno della condotta stessa.



### T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii

#### Articolo 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.
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.



**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

**Articolo 121 - Presenza di gas negli scavi**

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.

**ALLEGATO L - A. PRESCRIZIONI MINIME PER IL MIGLIORAMENTO DELLA PROTEZIONE DELLA SICUREZZA E DELLA SALUTE DEI LAVORATORI CHE POSSONO ESSERE ESPOSTI AL RISCHIO DI ATMOSFERE ESPLOSIVE** (articolo 293, articolo 294, comma 2, lettera d), articolo 295, commi 1 e 2).

2.11. Qualora venga rilevata **in qualsiasi luogo sotterraneo** una concentrazione di **gas infiammabile o esplosivo superiore all'1 % in volume rispetto all'aria**, con tendenza all'aumento, e non sia possibile, mediante la ventilazione o con altri mezzi idonei, evitare l'aumento della percentuale dei gas oltre il limite sopraindicato, **tutto il personale deve essere fatto sollecitamente uscire dal sotterraneo**. Analogo provvedimento deve essere adottato in caso di irruzione massiva di gas.



**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

**Articolo 121: “Presenza di gas negli scavi”**

**Articolo 66: “Lavori in ambienti sospetti di inquinamento”**

**Misure di protezione**

- L'utilizzo di sostanze alternative meno pericolose.
- La sostituzione di una data sostanza in forma meno pericolosa.
- La sostituzione di un processo con un altro processo alternativo, che possa generare minori concentrazioni di sostanze nell'aria.
- Processi totalmente o parzialmente chiusi e sistemi di movimentazione.
- Chiusura parziale con ventilazione locale dei gas di scarico.
- Ventilazione locale dei gas di scarico.
- Ventilazione generale.
- Riduzione del periodo di esposizione.
- Introduzione di pratiche lavorative e sistemi di lavoro appropriati (per esempio, per chiudere e conservare in maniera sicura i contenitori quando non utilizzati).
- Utilizzo di dispositivi di controllo e avvertimento che emettano un'indicazione chiara quando sono presenti concentrazioni nell'aria insicure
- Buone condizioni di pulizia.
- Utilizzo di dispositivi di protezione individuale adeguati, inclusi dispositivi di protezione delle vie respiratorie.



**LEGGE 177/2012**

**Modifiche al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di sicurezza sul lavoro per la **bonifica degli ordigni bellici****



Nello specifico le modifiche riguardano gli articoli 28 (Oggetto della valutazione dei rischi), 91 (Obblighi del coordinatore per la progettazione), 100 (Piano di sicurezza e di coordinamento) e 104 (Modalità attuative di particolari obblighi) e gli allegati XI Punto 1. bis (Elenco dei lavori comportanti rischi particolari per la sicurezza e la salute dei lavoratori) e XV Punto 2.2.3 (Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili).



**LEGGE 177/2012**

**Modifiche al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di sicurezza sul lavoro per la **bonifica degli ordigni bellici****

Il rischio derivante dal rinvenimento di un ordigno bellico inesplosivo non è quasi mai escludibile a priori.

L'analisi delle probabilità di ritrovamento di un ordigno bellico inesplosivo passa attraverso alcune fasi obbligate, che mirano alla raccolta di tutte le informazioni disponibili sul sito oggetto di intervento (informazioni storiche relative ad eventi legati a conflitti bellici, natura del terreno, tipologia di utilizzo, preesistenze, ecc.) e si articola in ANALISI STORICA E DOCUMENTALE ed eventualmente ANALISI STRUMENTALE.



**LEGGE 177/2012**

Modifiche al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di sicurezza sul lavoro per la **bonifica degli ordigni bellici**



**Coordinatore per la Progettazione dei lavori**

Redige il PSC con la valutazione rischi OB inesplosi  
Valuta le fasi operative e computa i costi



**Datore di lavoro impresa esecutrice scavi**

Redige il DVR con la valutazione rischi OB inesplosi  
Redige il POS con la valutazione rischi OB inesplosi



**Committente**

Assegna i lavori di BOB a impresa specializzata iscritta all'Albo del Ministero della Difesa





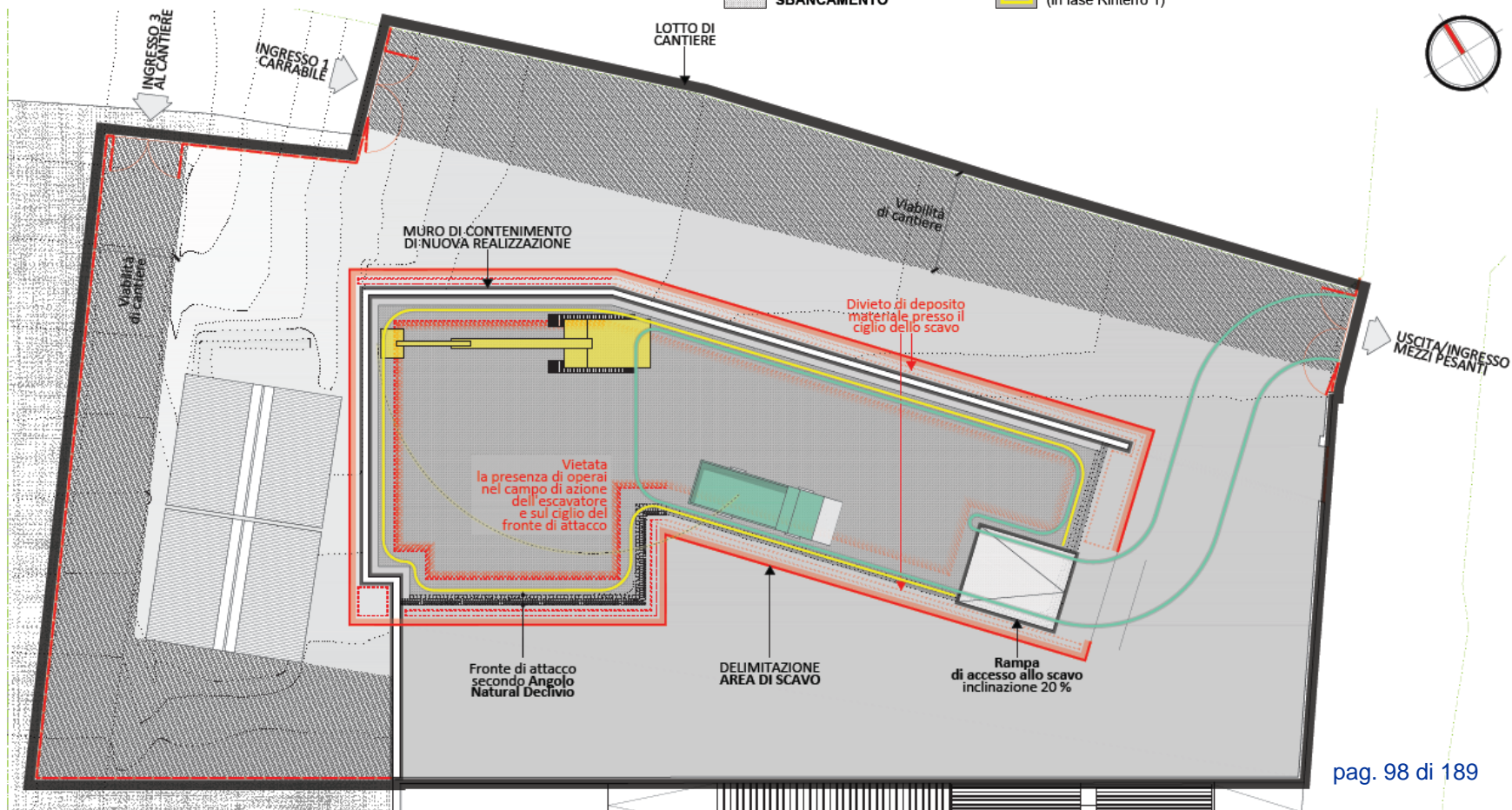
# Tavola Tecnica degli Scavi

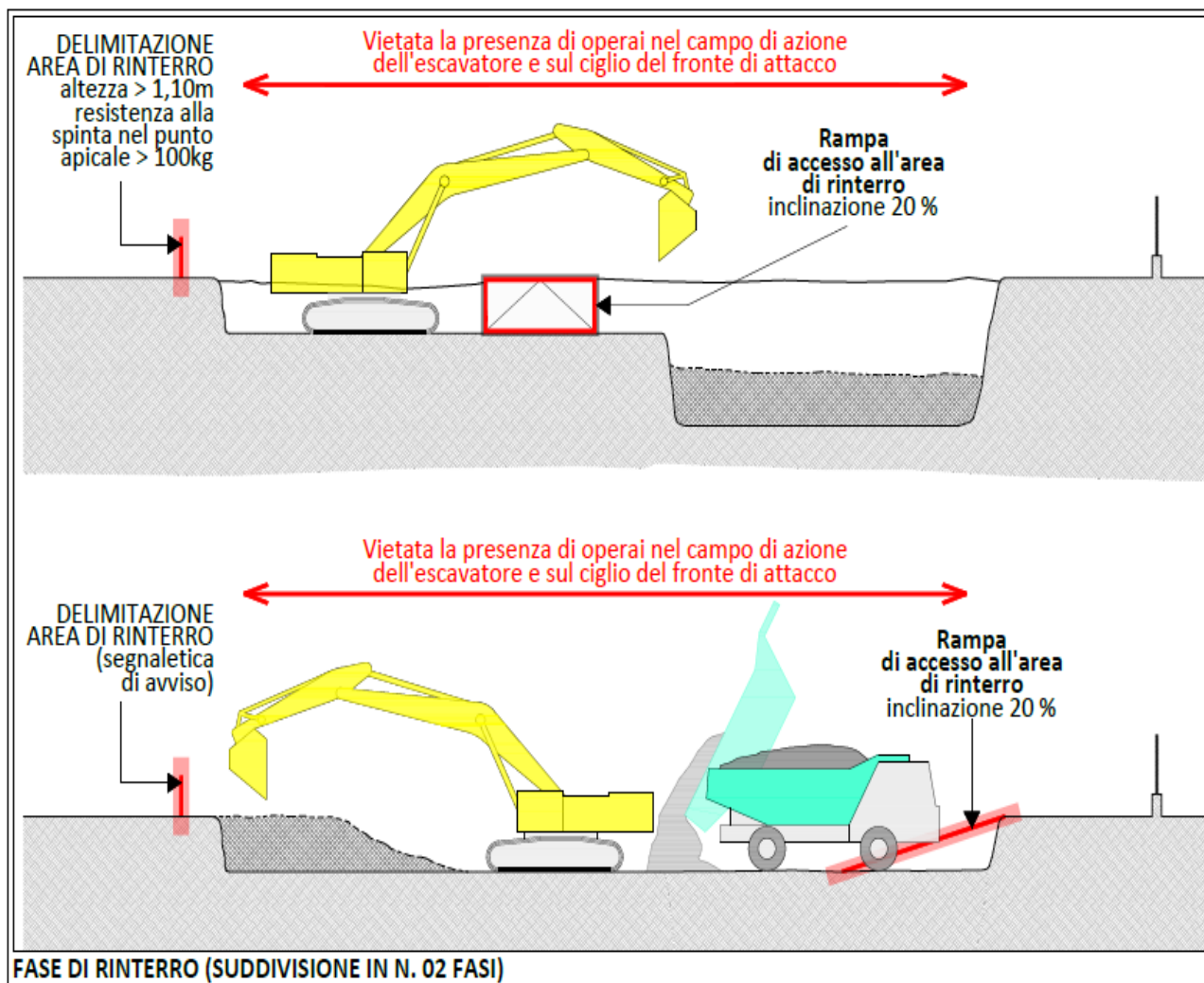
## ESEMPIO

## 1 - Scavi

### LEGENDA

- |  |   |   |  |   |  |
|--|---|---|--|---|--|
|  | <b>RECINZIONE DI CANTIERE</b>                               |  | <b>AREA DI RINTERRO 1 (H = 2,50 m)</b>                     |  | <b>AREA MOVIMENTAZIONE AUTOCARRO (in fase Rinterro 2)</b>  |
|  | <b>INGRESSI/USCITA DAL CANTIERE</b>                         |  | <b>AREA DI RINTERRO 2 (H = 1,50 m)</b>                     |  | <b>AREA MOVIMENTAZIONE ESCAVATORE (in fase Rinterro 1)</b> |
|  | <b>VIABILITÀ PRINCIPALE DI CANTIERE PER MEZZI MECCANICI</b> |  | <b>PARETI FRONTI DI ATTACCO</b>                            |  | <b>DIVIETO DEPOSITO DI MATERIALI</b>                       |
|  | <b>PARAPETTI DELIMITAZIONE AREE MOVIMENTO TERRA</b>         |  | <b>AREA MOVIMENTAZIONE AUTOCARRO (in fase Rinterro 1)</b>  |  | <b>DIVIETO PRESENZA OPERAI</b>                             |
|  | <b>AREA SCAVO DI SBANCAMENTO</b>                            |  | <b>AREA MOVIMENTAZIONE ESCAVATORE (in fase Rinterro 1)</b> |   |  |







*Riaccendiamoci ...*

**5 minuti !!**





**T.U.S. (Testo Unico sulla Sicurezza) - D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii**

2.12. Qualora non sia possibile assicurare le condizioni di sicurezza previste dal punto precedente possono essere eseguiti in sotterraneo solo i lavori strettamente necessari per bonificare l'ambiente dal gas e quelli indispensabili e indifferibili per ripristinare la stabilità delle armature degli scavi. **Detti lavori devono essere affidati a personale esperto numericamente limitato, provvisto dei necessari mezzi di protezione, comprendenti in ogni caso l'autoprotettore, i quali non devono essere prelevati dalla dotazione prevista dall'articolo 101 del decreto del Presidente della Repubblica n. 320 del 1956 per le squadre di salvataggio.**

**Per le GALLERIE**

**DPR n. 320 del 20 marzo 1956, concernente "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo", per i lavori di costruzione e manutenzione delle opere murarie nelle gallerie, cunicoli e simili.**



### **DPR n. 320 del 20 marzo 1956 - GALLERIE**

#### **Articolo 1**

##### ***Campo di applicazione***

Le norme di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro contenute nel presente decreto si applicano ai lavori eseguiti in sotterraneo per costruzione, manutenzione e riparazione di gallerie, caverne, pozzi e opere simili.

#### **Articolo 2**

##### ***Esclusioni***

Sono escluse dal campo di applicazione delle presenti norme, in quanto vi provvedono altre disposizioni:

- a) le miniere, cave e torbiere;**
- b) i comuni pozzi idrici;**
- c) gli altri pozzi, i cunicoli e i vani sotterranei facenti parte o costituenti opere complementari od accessorie degli edifici;**
- d) le fondazioni di opere di qualsiasi specie.**

#### **Articolo 5**

##### ***Soggetti tenuti all'osservanza delle norme***

Alla osservanza delle norme del presente decreto sono tenuti, per quanto loro spetti e competa, coloro che esercitano le attività ed eseguono i lavori indicati nell'art. 1, **i dirigenti, i preposti ed i lavoratori addetti.**

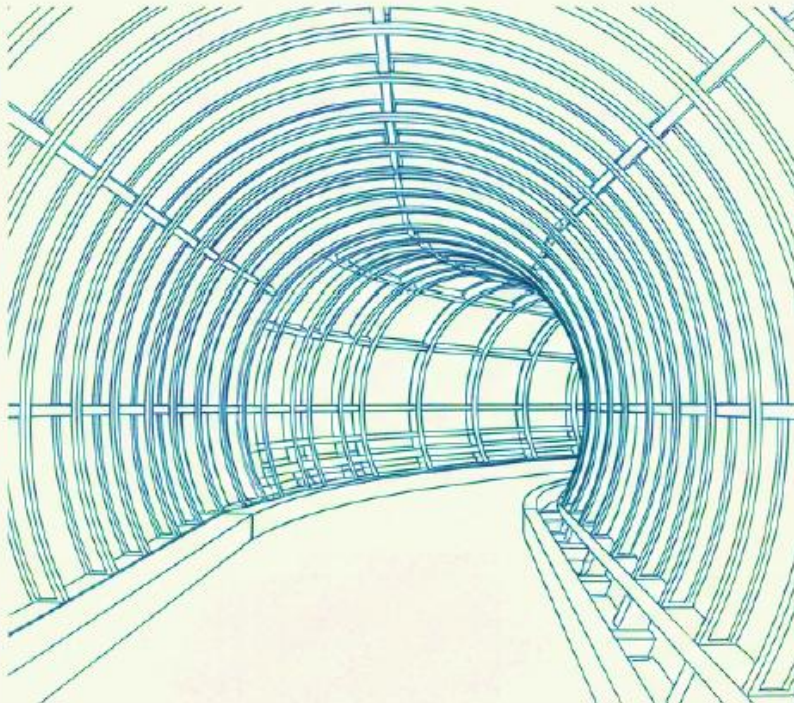


**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 - GALLERIE**



Modificato con il D.Lgs. 19 dicembre 1994, n. 758; D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233; D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106

## Il Contesto Specifico: DPR 320/1956



**Ambito di applicazione: Lavori eseguiti in sotterraneo.**

Una norma specialistica che resiste nel tempo. Il DPR 320/1956 regola specificamente la prevenzione infortuni per le attività che si svolgono sotto la superficie (tunnel, cunicoli).

Riconosce i rischi unici degli ambienti confinati e sotterranei, integrando le misure generali del D.Lgs. 81/2008.



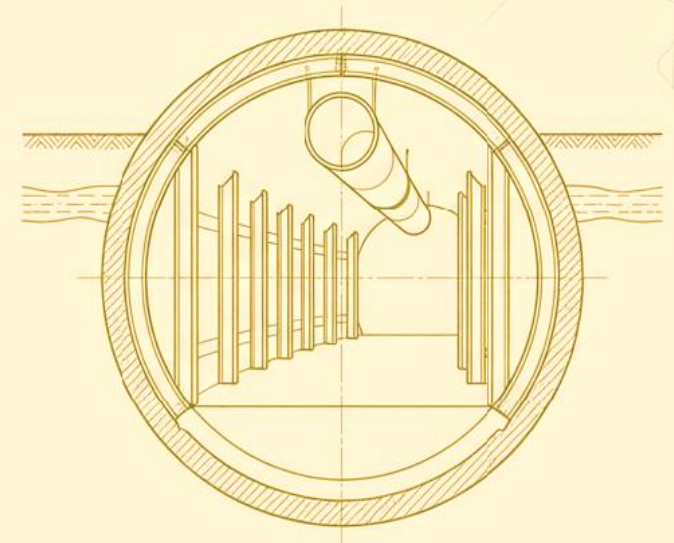
**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 - GALLERIE**

## La Normativa Speciale: Lavori in Sotterraneo

RIF: DPR 320/1956

Una norma storica, ancora pienamente vigente per la sua specificità tecnica. Regolamenta specificamente la prevenzione degli infortuni nei lavori eseguiti in sotterraneo (gallerie, cunicoli, pozzi).

**FUNZIONE CHIAVE:** Gestione dei rischi specifici come ventilazione, armature di sostegno in galleria e gestione delle acque sotterranee.



**APPLICAZIONE PRATICA:** Prevale sulle norme generali quando si opera in ambienti confinati o sotterranei.

Il termine **GALLERIA** si riferisce ad ogni corridoio sotterraneo, indipendentemente dalle dimensioni, della sezione trasversale e della lunghezza.

In base alle **funzioni** a cui la galleria è destinata si possono distinguere:

- gallerie stradali;
- gallerie ferroviarie;
- gallerie per acque;
- gallerie minerarie;
- gallerie per gasdotti ed oleodotti;
- gallerie per fognature;
- gallerie militari;
- gallerie o caverne per centrali elettriche e simili.

In base alle **condizioni topografiche** si usa distinguere:

- gallerie di montagna;
- gallerie di pianura;
- gallerie sotfluviali o sottolacustri;
- gallerie sottomarine.

Dimensioni dei principali tipi di galleria,

Gallerie	Profili trasversale - Area (mq)
Ferrovia a semplice binario	25÷30
Ferrovia a binario doppio	50÷70
Stradale ad unico vano	30÷60
Stradale a vano doppio	75÷110
Metropolitana	30-60

### METODI DI SCAVO

Le metodologie di scavo sono molto diverse e con esse le relative tecnologie. Tuttavia comune ad ogni tecnica di scavo è il complesso di operazioni eseguite in sotterraneo che si possono riassumere in:

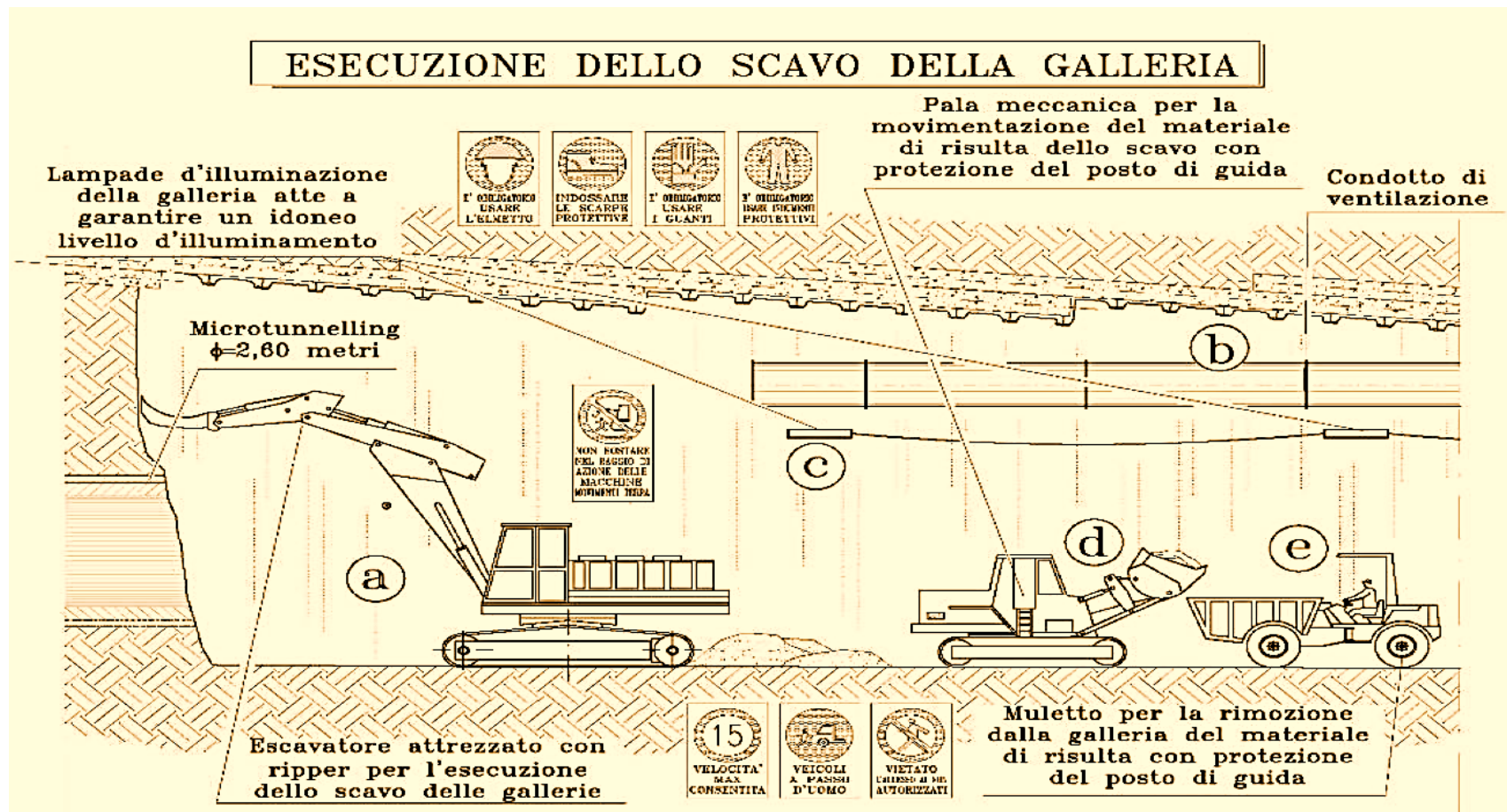
- **Scavo;**
- **Consolidamento;**
- **Smarino.**

Velocità media di avanzamento giornaliero in gallerie stradali e ferroviarie:

<b>TIPI DI ROCCIA</b>	<b>VELOCITA' AVANZAMENTO (m/giorno)</b>
Rocce tenere e friabili	<b>7÷10</b>
Rocce mediamente compatte, poco fratturate, non acquifere	<b>5÷8</b>
Rocce mediamente dure, molto fratturate	<b>3÷4</b>
Rocce durissime e compatte	<b>4÷6</b>
Rocce scistose degradate e spingenti	<b>2÷3</b>
Rocce non acquifere ma spingenti	<b>0,5-÷1,5</b>
Rocce incoerenti ed acquifere	<b>0,2÷0,5</b>

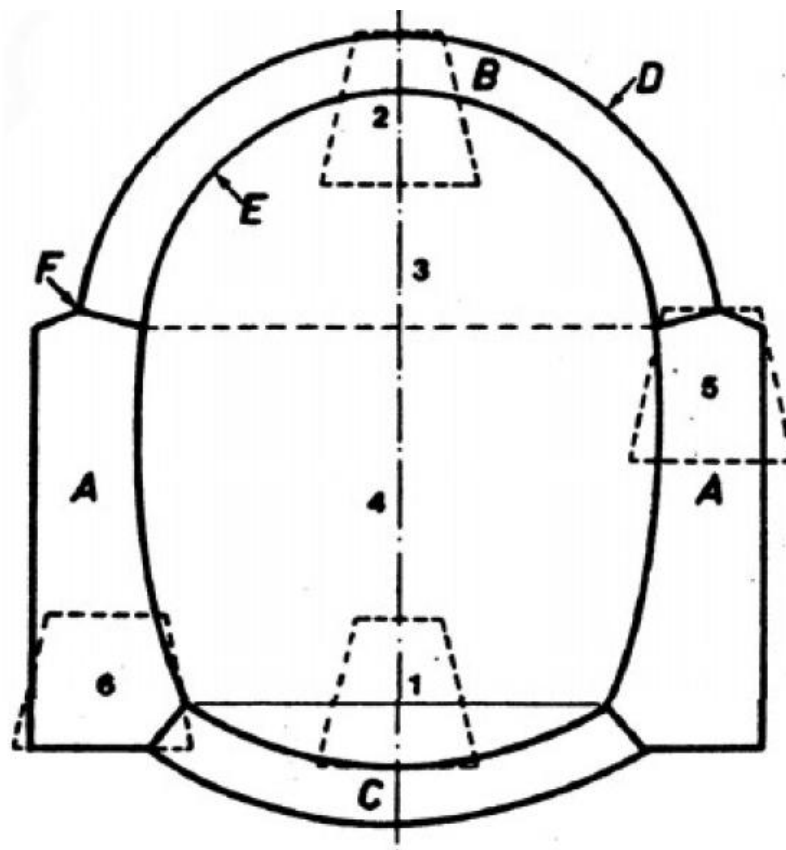
### Metodi di avanzamento tradizionali

**Principali sistemi di avanzamento:** metodo tedesco, metodo belga o in calotta, metodo inglese o ad attacchi multipli, metodo italiano.



Metodi di avanzamento tradizionali

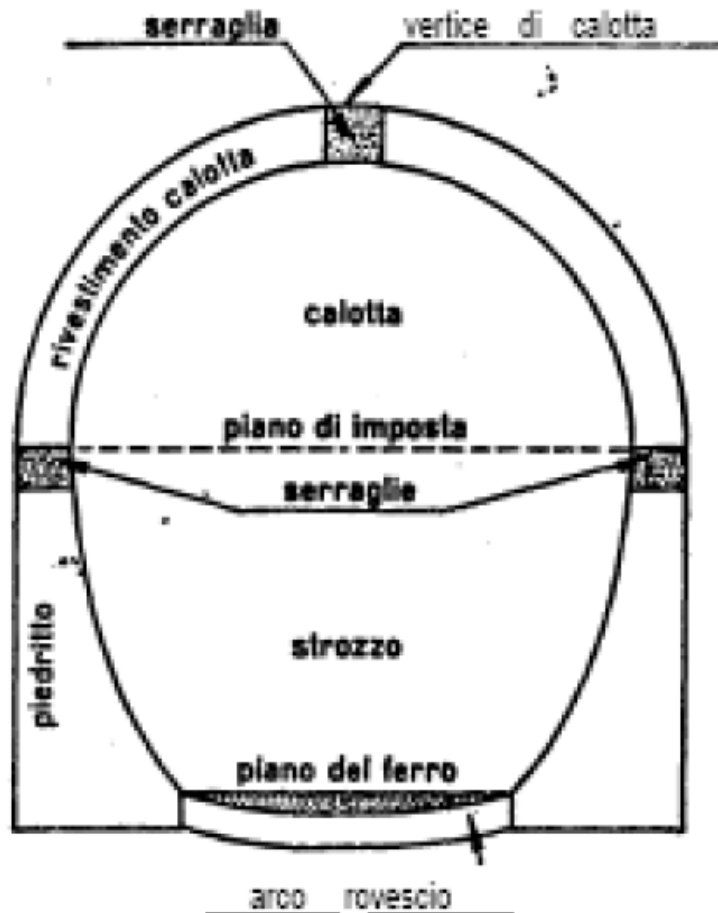
Principali sistemi di avanzamento: metodo tedesco, metodo belga o in calotta, metodo inglese o ad attacchi multipli, metodo italiano.



Terminologia delle diverse parti di una galleria: A, piedritti; B, rivestimento di calotta; C, arco rovescio; D, profilo di estradosso; E, profilo di intradosso; F, imposta di calotta; 1, cunicolo di base centrale; 2, cunicolo di sommità o di calotta; 3, sezione di calotta; 4, strozzo; 5, cunicolo d'imposta di calotta; 6, cunicolo di base laterale

### Metodi di avanzamento tradizionali

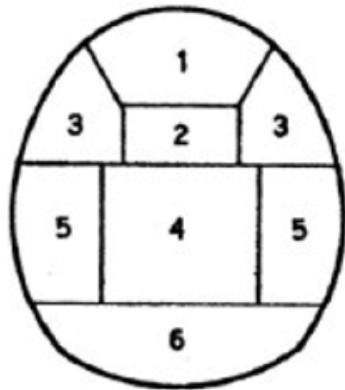
**Principali sistemi di avanzamento:** metodo tedesco, metodo belga o in calotta, metodo inglese o ad attacchi multipli, metodo italiano.



**Terminologia delle diverse parti di una galleria:**  
*A*, piedritti; *B*, rivestimento di calotta; *C*, arco rovescio; *D*, profilo di estradosso; *E*, profilo di intradosso; *F*, imposta di calotta; 1, cunicolo di base centrale; 2, cunicolo di sommità o di calotta; 3, sezione di calotta; 4, strozzo; 5, cunicolo d'imposta di calotta; 6, cunicolo di base laterale

### Metodi di avanzamento tradizionali

**Principali sistemi di avanzamento:** metodo tedesco, metodo belga o in calotta, metodo inglese o ad attacchi multipli, metodo italiano.

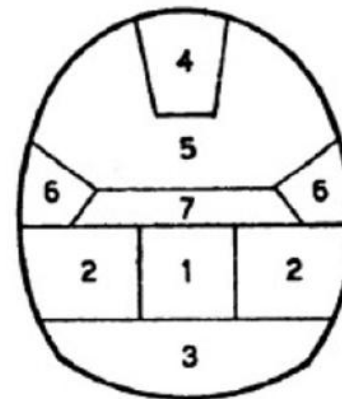


### Metodo belga

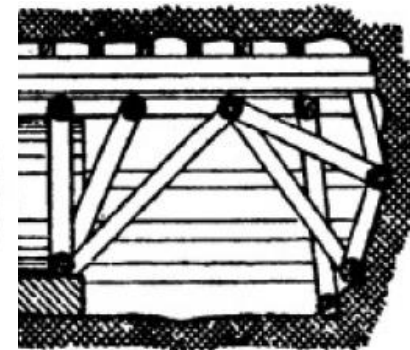
Il rivestimento si iniziava sempre dalla **calotta**, scavando il cunicolo in alto (1); quindi lo scavo si allargava allo **strozzetto (2)** ed ai **larghi di calotta (3)**. Eseguito lo scavo nelle zone 1, 2 e 3 e la relativa armatura per una certa lunghezza, si completava tutto l'arco della calotta e solo dopo si cominciava l'attacco della cosiddetta **zona di strozzo (4)** e dei **larghi di strozzo (5)**. In ultimo si scavava l'**arco rovescio**.

Il **metodo italiano**, nel caso di attraversamenti su terreni spingenti, prevedeva la formazione del **cunicolo di base (1)**, opportunamente armato, quindi si completava lo **scavo delle zone (2)**, puntellando e sbatocchiando opportunamente.

Successivamente si scavava la **zona (3) dell'arco rovescio** e, quindi, si costruivano i piedritti e l'arco rovescio, togliendo man mano i lunghi puntelli, e sostituendoli con altri più corti e poggianti sulla muratura già costruita. Eseguito un certo avanzamento in cunetta si incominciava ad **attaccare la calotta**, scavando **prima un cunicolo (4)** che si allargava successivamente (5). Con gli scavi (6) si scoprono le murature dei piedritti, e si prolungano per impostarvi sopra la calotta. **In ultimo si scavava il nucleo centrale (7)**, ed infine si eseguiva la costruzione della calotta.

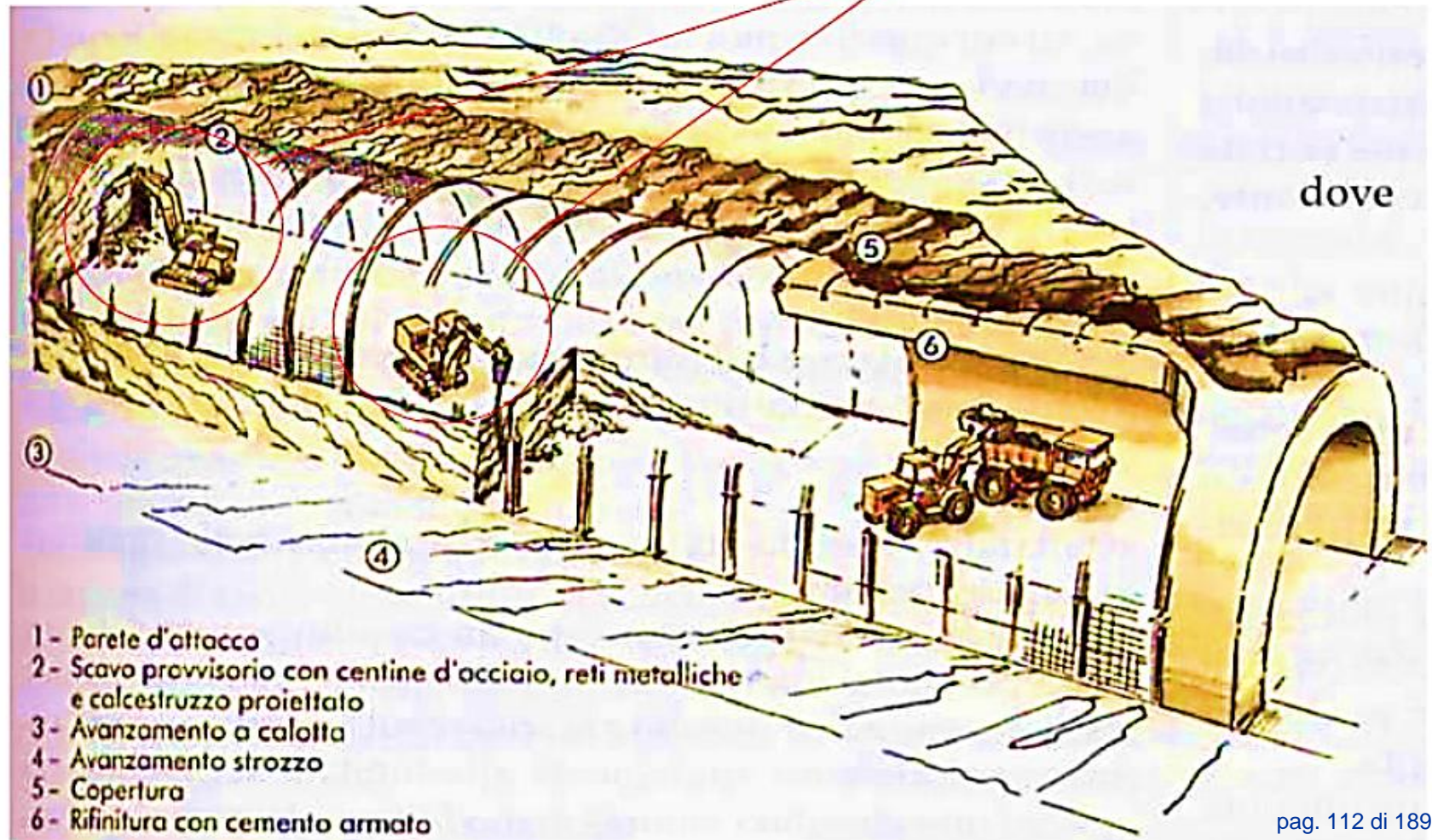


### Metodo italiano



Metodi di avanzamento tradizionali

Schema di utilizzo di demolitori idraulici

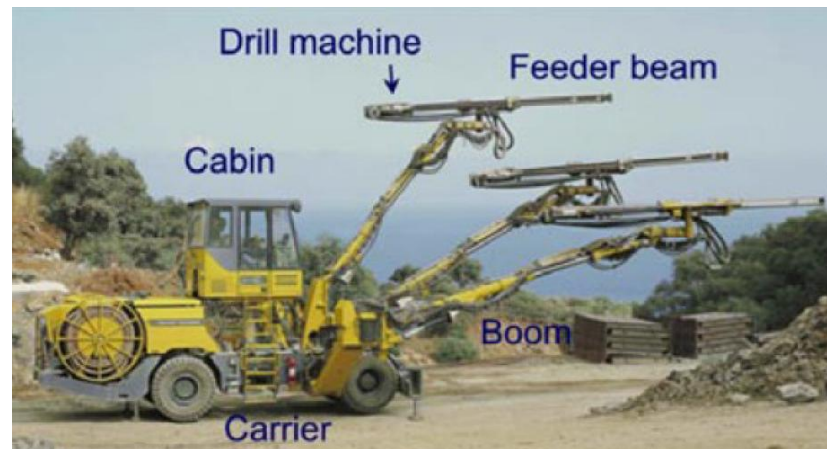
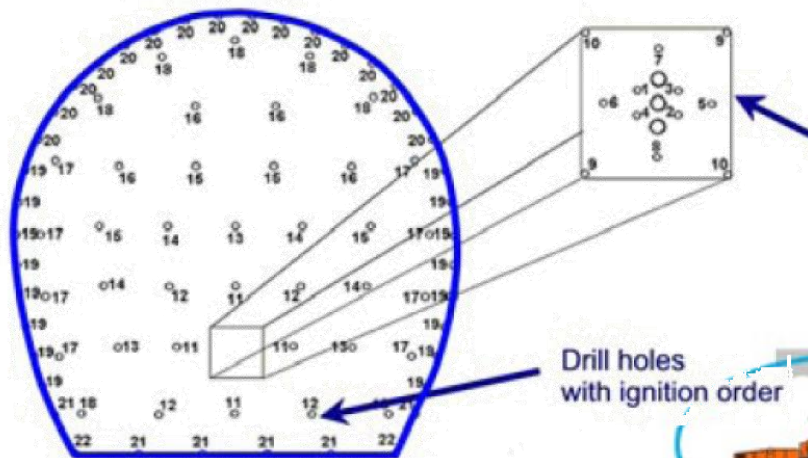


Metodi di avanzamento tradizionali

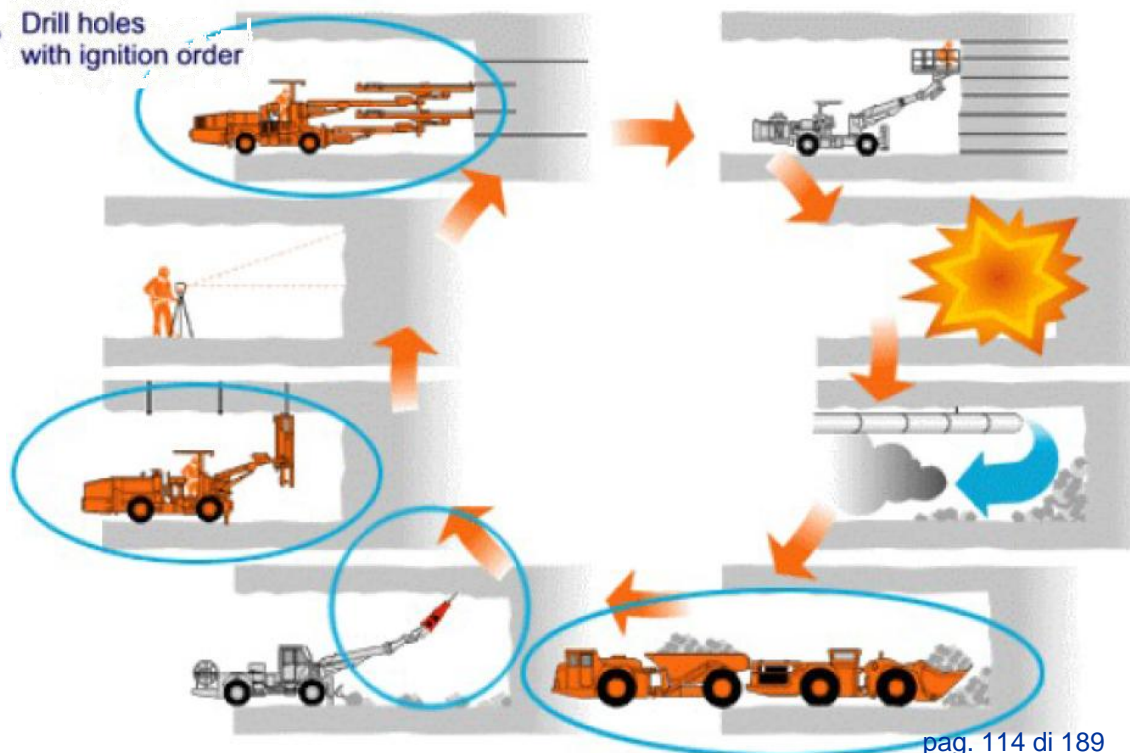
Demolitore idraulico



### Avanzamento con ESPLOSIVO



Viene impiegato soprattutto nel caso di rocce di resistenza medio-alta. In caso di elevata presenza di minerali abrasivi, l'avanzamento con esplosivo può risultare più idoneo ed economico rispetto all'impiego di macchinari di scavo tipo TBM.



### Avanzamento con ESPLOSIVO

#### PROCEDURA DI RILASCIO CONGRUITA QUANTITATIVI MATERIALI ESPLODENTI (Art. 57 T.U.LL.P.S. - Testo Unico delle Leggi di Pubblica Sicurezza) PER L'IMPIEGO NELLE ATTIVITÀ **NON ESTRATTIVE**:

- La Committenza e la Mandataria presentano istanza di **autorizzazione all'uso** di materiale esplodente (**sparo mine**) all'Autorità locale di PS (Questura, Commissariato, ecc.). Qualora la richiesta di autorizzazione all'uso sia contestuale a quella per l'acquisto, l'autorità di PS rilascia le autorizzazioni, previo parere di congruità sui quantitativi espresso dalla ASL.
- La Committenza e la Mandataria inoltrano contestualmente le seguenti **istanze**:
  - al Comune (Comune dove territorialmente e ubicato il sito lavorativo), l'invio di **certificazione dell'avvenuta autorizzazione** ai lavori con indicati i termini di scadenza
  - all'ASL il rilascio della attestazione di congruità dei materiali esplodenti necessari **allegando un progetto e un elenco addetti esplosivo (D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 624)** che deve essere sottoscritto dal Direttore dei lavori dal Legale Rappresentante e, per accettazione dell'incarico, dal **Fochino**.
  - all'Autorità di PS (Questura o Commissariato) il rilascio dell'Autorizzazione all'acquisto dei materiali esplodenti.

### Avanzamento con ESPLOSIVO

Applicazione del metodo **DRILL & BLAST** (perforazione e brillamento)

Il metodo può essere utilizzato in tutti i tipi di rocce e rispetto al metodo meccanico con TBM, il **costo di iniziale di esecuzione del tunnel risulta essere generalmente inferiore**. Per contro, dal punto di vista della produzione giornaliera, ovvero nell'avanzamento alla costruzione, il metodo presenta una **produzione inferiore** rispetto ad uno scavo eseguito con macchina TBM.

Di norma, per scavi di lunghezza superiore a 4÷5 km si utilizza spesso una TBM, mentre per **lunghezze non superiori a 1,5 km**, la tecnica Drill & Blast è generalmente la scelta migliore.

### Avanzamento con ESPLOSIVO

Applicazione del metodo **DRILL & BLAST** (perforazione e brillamento)

Prima dell'esecuzione della volata, la piattaforma di perforazione **esegue i fori** - predeterminati in fase di predisposizione del **piano di brillamento** – sul fronte di scavo del tunnel. Più solida è la roccia, più esplosivi sono necessari.

Una macchina chiamata **jumbo** viene utilizzato per praticare i fori nella parete rocciosa. La macchina ha solitamente tre bracci di perforazione (ma ne esistono di più grandi con un numero di bracci superiore a tre) e una cabina operatore che manovra la macchina stessa. **La macchina può praticare fori con lunghezza variabile da 2 a 6 metri.**

*Macchina perforatrice Jumbo*



### Avanzamento con ESPLOSIVO

Applicazione del metodo **DRILL & BLAST** (perforazione e brillamento)

Successivamente alla realizzazione dei fori, questi vengono riempiti (**saturazione**) con dell'esplosivo e collegati a dei detonatori. I detonatori sono collegati ai dispositivi esplosivi (**linea di tiro**) e i singoli dispositivi esplosivi sono collegati tra loro (**circuito di brillamento**). **I fori sono fatti saltare in una sequenza corretta, dal centro verso l'esterno, uno dopo l'altro.** Sebbene possano essere innescate più di 100 esplosioni, una dopo l'altra, la blast sequence si completa in pochi secondi. **I tempi di esplosione tra le cariche sono distanziate di pochi millisecondi.**

*Caricamento con l'esplosivo delle perforazioni*



### RIMOZIONE ED EVACUAZIONE DELLO SMARINO

Le operazioni di evacuazione del materiale di risulta possono essere distinte in **due momenti principali**:

1. La raccolta ed il caricamento della materiale roccioso derivato dall'**abbattimento del fronte roccioso**.
2. Il trasporto del materiale di risulta dal fronte di scavo direttamente fuori della galleria per poter essere poi **successivamente riutilizzato come inerte** o direttamente smaltito presso appropriate aree di stoccaggio.

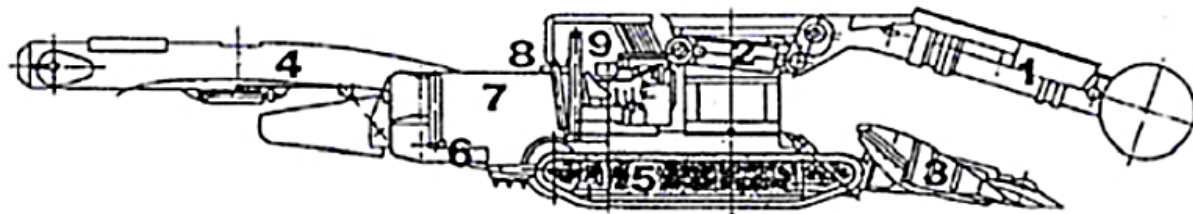
Le suddette operazioni vengono eseguite con **diverse tipologie di mezzi meccanici**.

1. Escavatori, pale gommate o cingolate caricatori, dumpers, nastri trasportatori.
2. Locomotori e vagoni su rotaie, sistemi combinati Hagg-lunds-Shuttletrain (pala caritrice Hagg-loader associata a nastro trasportatore e vagoni di trasporto).

Metodo di avanzamento con FRESA PUNTUALE (TSM)

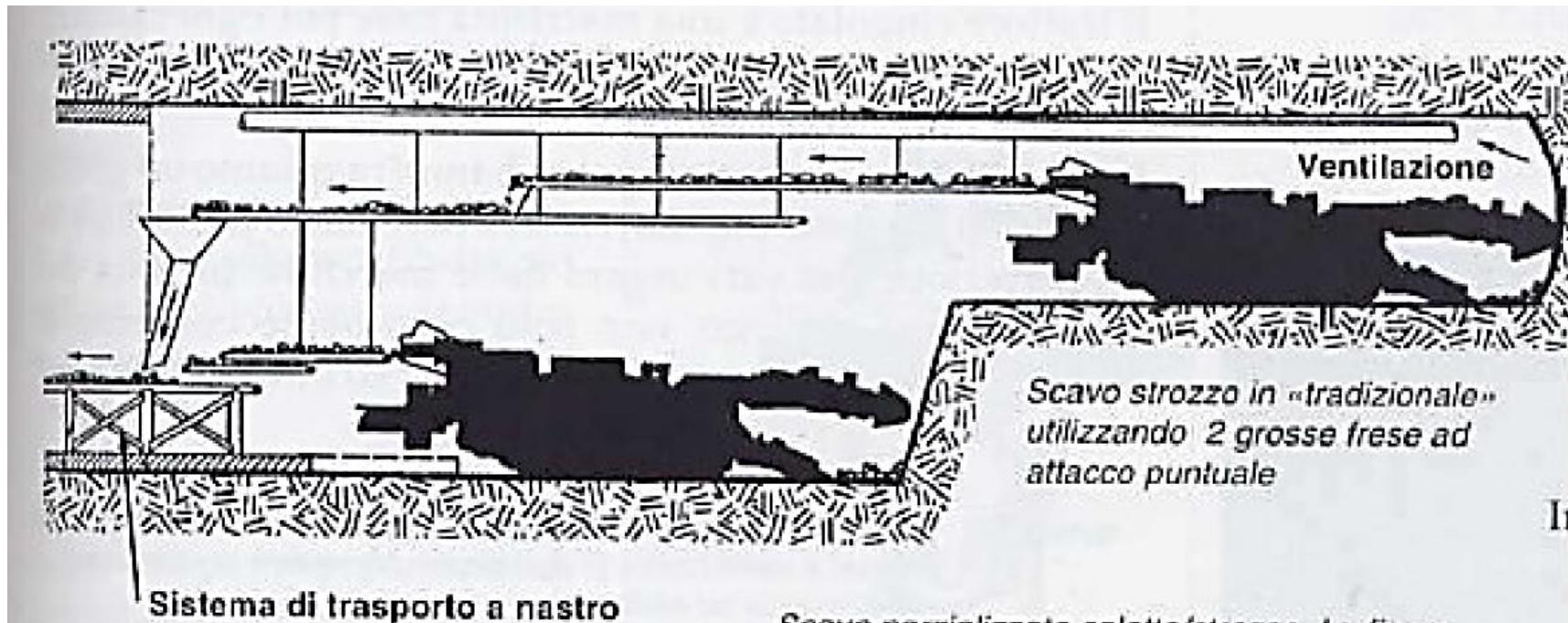
## TSM – fresa puntuale

- È strutturata in modo da effettuare **sia lo scavo** meccanico della roccia sul fronte di avanzamento, **sia la rimozione** del materiale scavato, sollevandolo meccanicamente e quindi caricandolo, mediante trasportatori continui, sui mezzi di trasporto
- La TSM, dato il suo notevole peso e le condizioni molto impegnative in cui opera, è montata su un **carrello cingolato**



- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1. Braccio fresatore          | 6. Telaio             |
| 2. Meccanismo di orientamento | 7. Apparato elettrico |
| 3. Attrezzatura di carico     | 8. Apparato idraulico |
| 4. Trasportatore a catena     | 9. Posto di guida     |
| 5. Carrello cingolato         |                       |

Metodo di avanzamento con FRESA PUNTUALE (TSM)



Metodo di avanzamento con FRESA PUNTUALE (TSM)

Fresa puntale EICKOFF ET 450



Metodo di avanzamento con FRESA PUNTUALE (TSM)

Fresa puntuale AHM 105



### Metodo di avanzamento con FRESA PUNTUALE (TSM)

#### CAMPO di IMPIEGO

- In caso di rocce con caratteristiche di **resistenza medie** (50 – 80 N/mm<sup>2</sup>) le macchine **fresatrici puntuali** possono essere impiegate con buoni rendimenti di scavo, soprattutto se le rocce sono caratterizzate da discontinuità dovute, per esempio, a strati e fessurazioni
- Le condizioni di impiego ottimali sotto il profilo economico per una macchina TSM sono le seguenti:
  - lunghezza della galleria **medio-corta** (ca. < 3 km) in **rocce tenere**
  - galleria con **sezioni variabili**
  - progetti con termini di avvio piuttosto **rapidi** (tempi di cantierizzazione abbastanza brevi)
  - progetti in cui, a causa delle **vibrazioni**, non è consentito l'avanzamento con esplosivo e in cui la lunghezza della galleria è troppo ridotta per l'impiego di una fresa TBM

### Metodo di avanzamento con FRESA PUNTUALE (TSM)

#### • **Vantaggi:**

#### VANTAGGI e SVANTAGGI

- **basse vibrazioni** durante lo scavo
- possibilità di adattamento a **variazioni di sezione** e di caratteristiche delle **rocce**
- accessibilità al fronte di scavo per **ulteriori interventi** di sostegno e di eduazione delle acque
- **continuità del ciclo di lavoro**: scavo, rimozione, trasporto
- **precisione** del profilo di scavo (minori quantità di materiali di scavo rispetto all'avanzamento con esplosivo)
- **limitato disturbo** dell'assetto dell'ammasso roccioso (rispetto all'avanzamento con esplosivo)

#### • **Svantaggi:**

- possibilità di scavo economico **solo per rocce di bassa-media durezza**
- elevato **consumo** degli utensili di taglio
- avanzamento in generale **più lento** rispetto all'avanzamento con esplosivo

**Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA  
(TBM - tunnel boring machine system)**



### Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

- L'impiego delle macchine TBM è economicamente sensato a partire da lunghezze di galleria **superiori a 2 km**
- Comporta un **notevole investimento iniziale** ed inoltre una flessibilità limitata in relazione alla **variabilità delle rocce**
- Le macchine TBM sono idonee per lo scavo di rocce di **resistenza medio-alta** (50–300 N/mm<sup>2</sup>) e **non abrasive**
- Si possono scavare **solo sezioni circolari**
- Lo scavo non comporta eccessivi disturbi della stabilità dell'ammasso roccioso e permette **profili precisi**
- Attualmente vengono impiegate macchine TBM con diametri variabili da ca. 2,5 a 12 m e oltre



### Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

Testa della fresatrice «Sissi» al Museo Svizzero dei Trasporti di Lucerna (CH)

Dati tecnici:

- Diametro 9,43 m
- Peso: 225 t
- Potenza: 3,5 MW (4'700 CV)
- Forza di spinta: max. 2'500 t
- Numero di giri: 6 g/minuto
- Velocità di avanzamento: fino a 38 m/g
- Funzionamento: 320 giorni/anno, 17 uomini/turno
- Costruttore: Herrenknecht AG,
- Anno di costruzione testa fresante 2006; in funzione dal 2007 al 2010



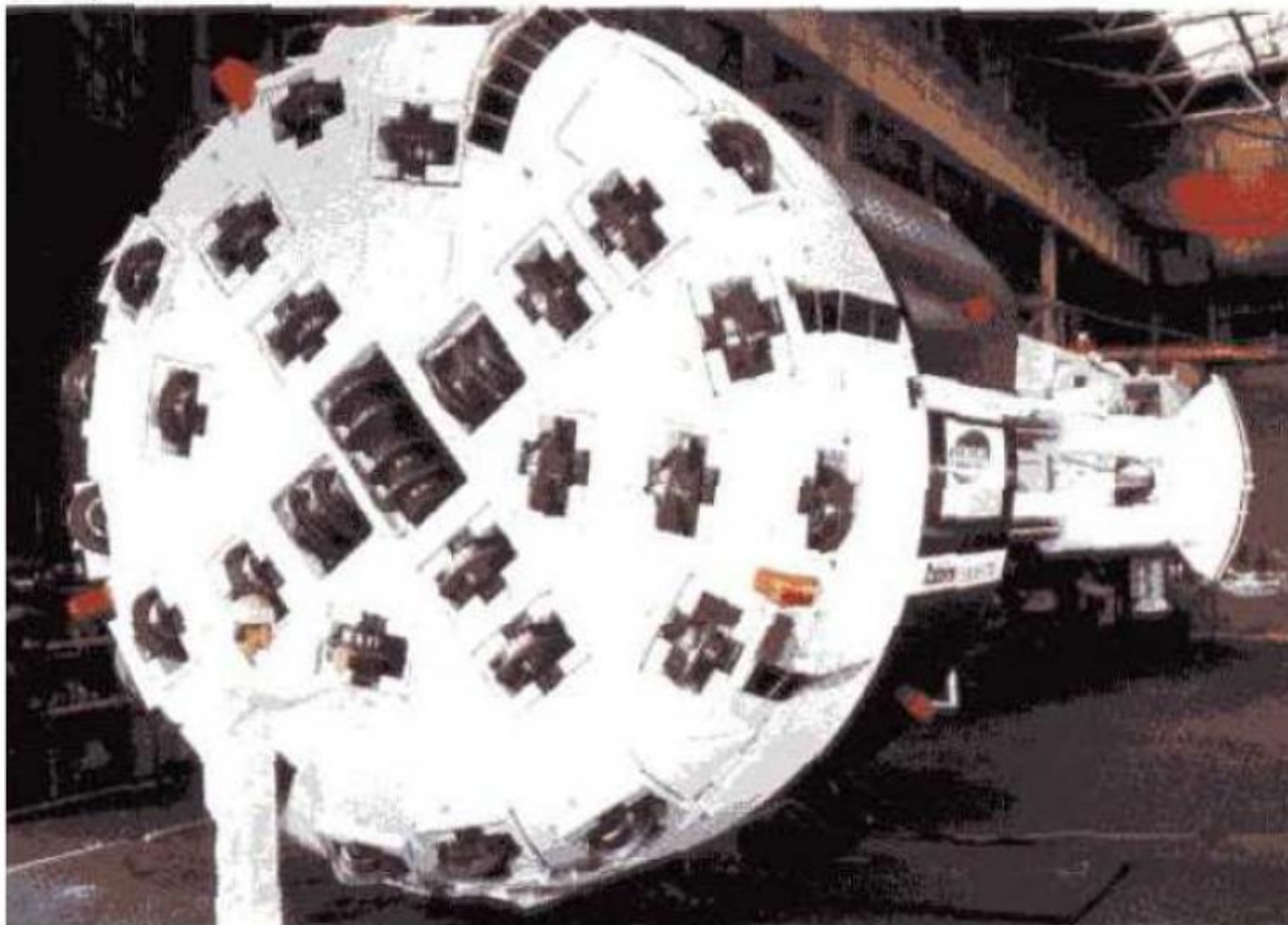
### Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

L'avanzamento a piena sezione normalmente viene eseguito in due fasi: scavo della calotta e successivo scavo dello strozzo. Per l'avanzamento possono essere utilizzati sia esplosivi sia macchine di grande potenza, come la macchina scudata **TBM** (*tunnel boring machine system*).



Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

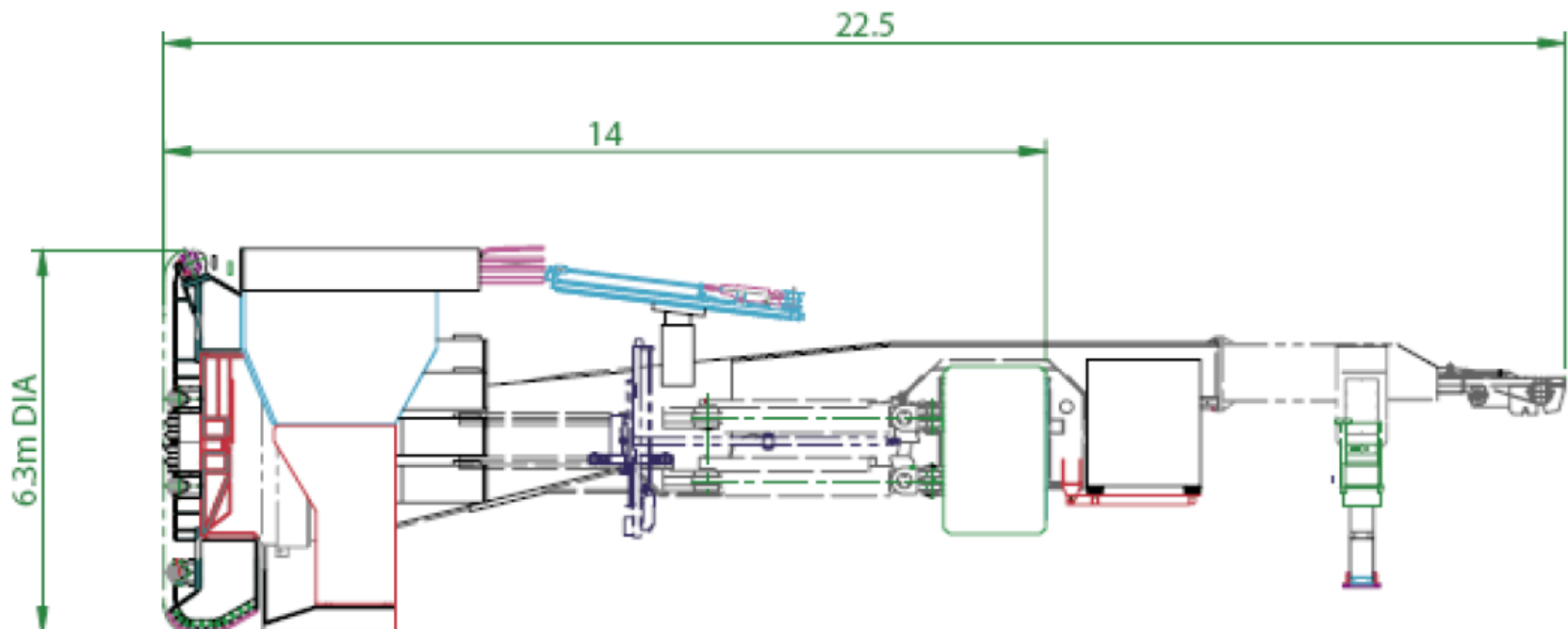
TBM aperta ROBBINS



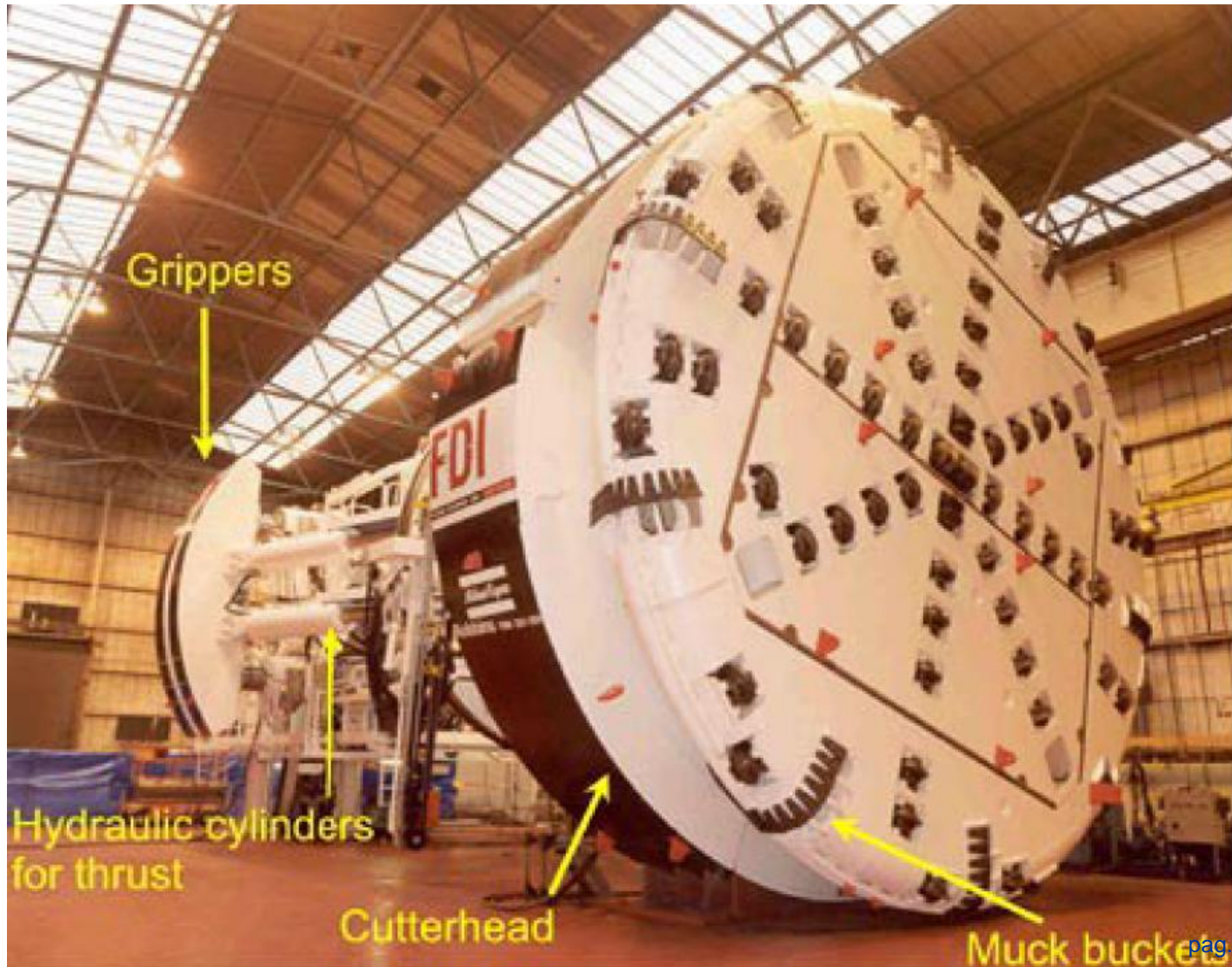
### Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

I **vantaggi** possono essere così riassunti:

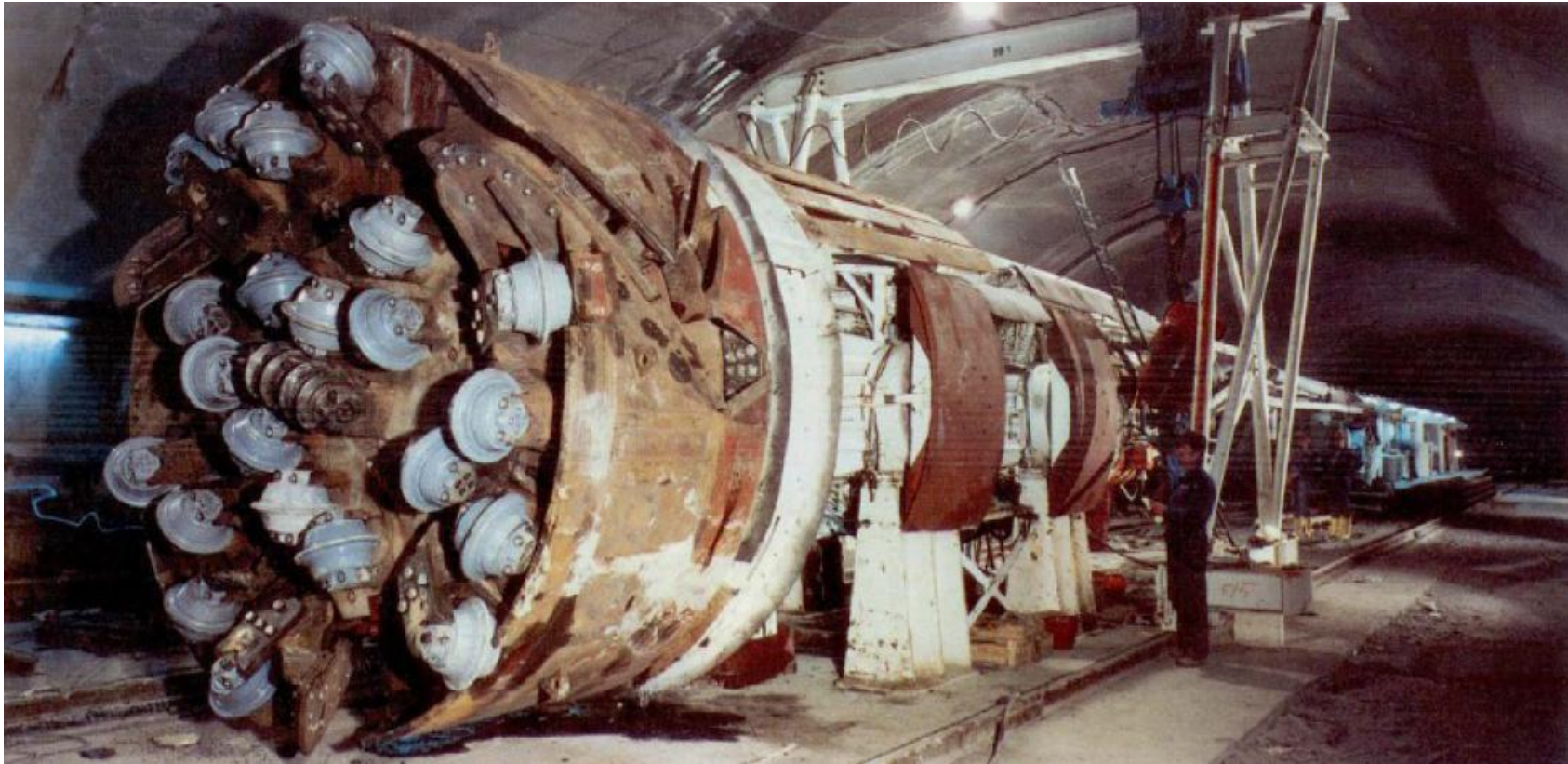
- la galleria viene eseguita direttamente a **piena sezione**;
- la messa in opera del **rivestimento è definitiva**, evitando lavori di consolidamento come centinatura, iniezione di spritz-beton e bullonatura;
- l'azione dei carichi esercitati dall'ammasso roccioso sono limitati dall'elevata **rapidità delle operazioni di scavo.**



Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)



**Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)**



### Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

#### Punti da attenzione !

- Nell'impiego di una TBM per la realizzazione di gallerie lunghe e con elevati carichi litostatici ed in condizioni geologiche strutturalmente complesse, (es. il Tunnel di Base) diventa **fondamentale l'esecuzione di prospezioni in avanzamento**.
- Un'**accurata analisi dei rischi** rappresenta un punto fondamentale del progetto.
- Una TBM correttamente approntata dovrà **essere equipaggiata per poter eseguire perforazioni esplorative in avanzamento** al fine di poter identificare e posizionare condizioni geologiche sfavorevoli.
- Seppur difficoltosa dovrebbe essere eseguita una **caratterizzazione dei parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso sui fronti di scavo** e delle pareti durante i tempi di fermo macchina.



**Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)**



### Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM)

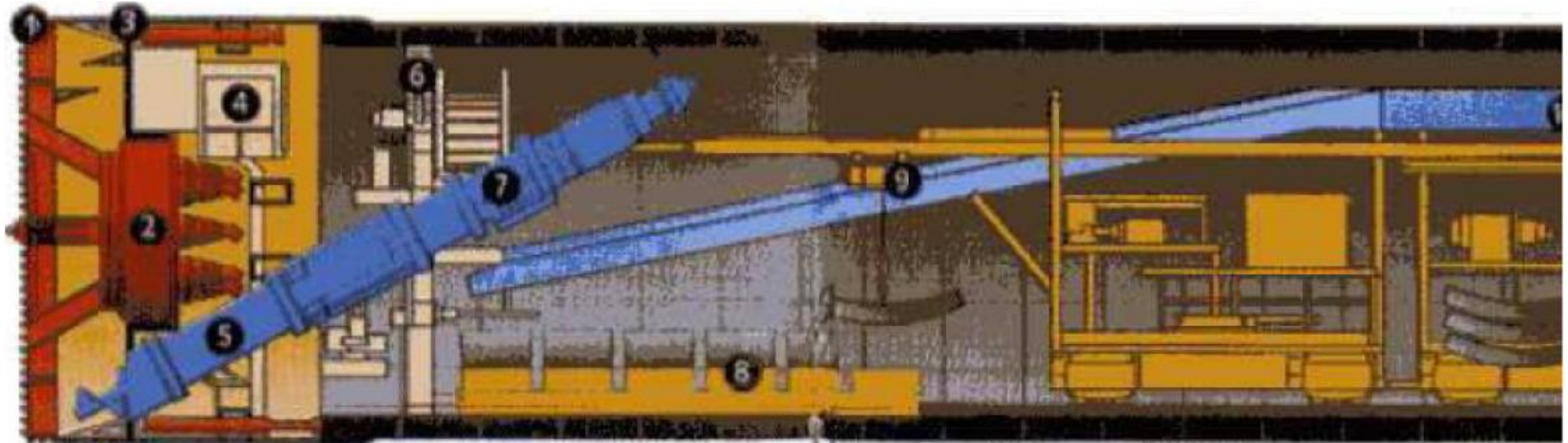
#### Punti fortemente critici !

Condizioni critiche e difficili in cui una **TBM non può operare** secondo prestazioni ottimali e dove, al contrario, **potrebbe rimanere intrappolata**, sono rappresentate da:

- forti convergenze e/o **instabilità delle pareti** della galleria;
- **instabilità del fronte** di scavo;
- attraversamento di **faglie** e fasce milonitizzate;
- ingenti **venute d'acqua**;
- **ammassi rocciosi scadenti**, intensamente **fratturati**, presenza di intercalazioni di terreni scadenti;
- condizioni di **eterogeneità** degli ammassi rocciosi sul fronte d'avanzamento (mixedface conditions)
- presenza di gas (**GALLERIE GRISUTOSE**), acque ed ammassi rocciosi.

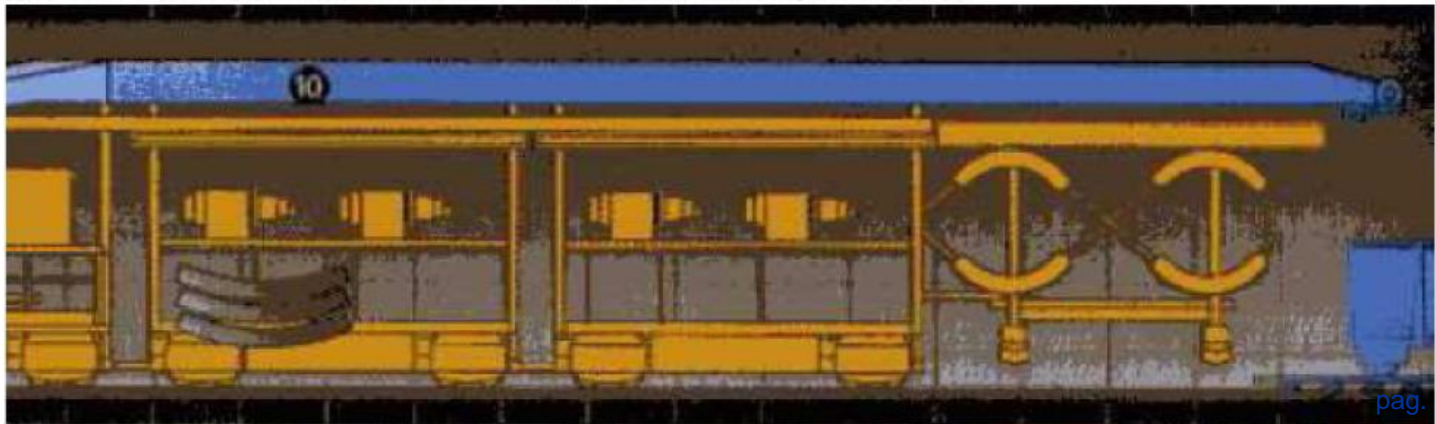
Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato

Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB



1) Testa di taglio - 2) Corpo motore - 3) Cilindro di spinta -  
7) Scarico Coclea - 8) Posizionatore conci prefabbricati -

4) Camera pressurizzata - 5) Coclea di smarino - 6) Erettore conci prefabbricati -  
- 9) Argano conci prefabbricati - 10) Nastro trasportatore



Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato  
Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB



TBM con attrezzatura di perforazione per CHIODATURE

Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato

Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB

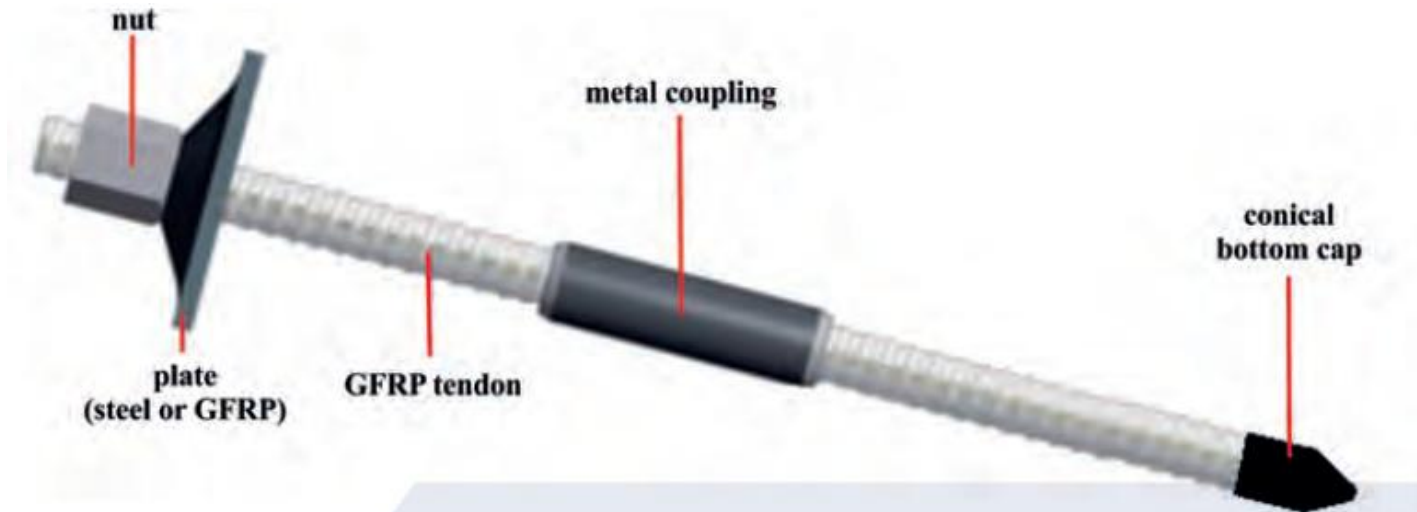


Figure 5. Typical system components GFRP bolt.

	<p>Drilling of a borehole in accordance with the specifications of the supplier</p>
--	---

Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato  
Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB



Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato

Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB



Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato

Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB



Earth Pressure Balance: impianti di scavo meccanizzato

Metodo di avanzamento con FRESA A SEZIONE PIENA (TBM) – Schema EPB



Animazione 3D della TBM “Martina”

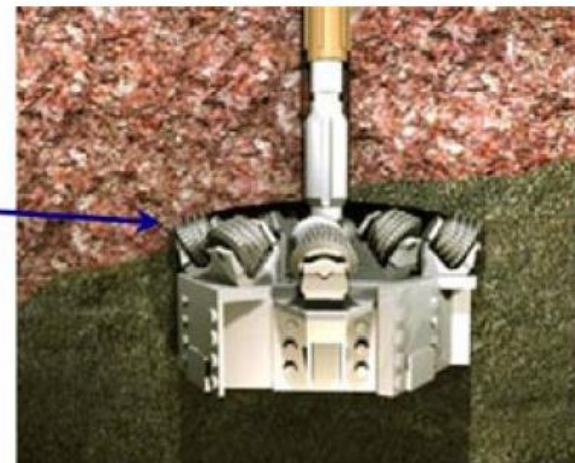
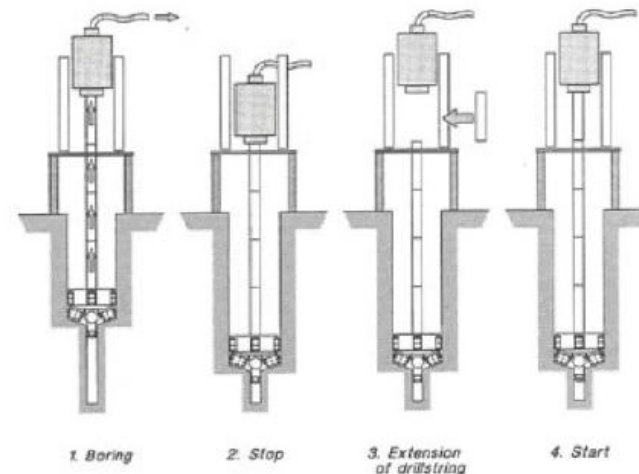
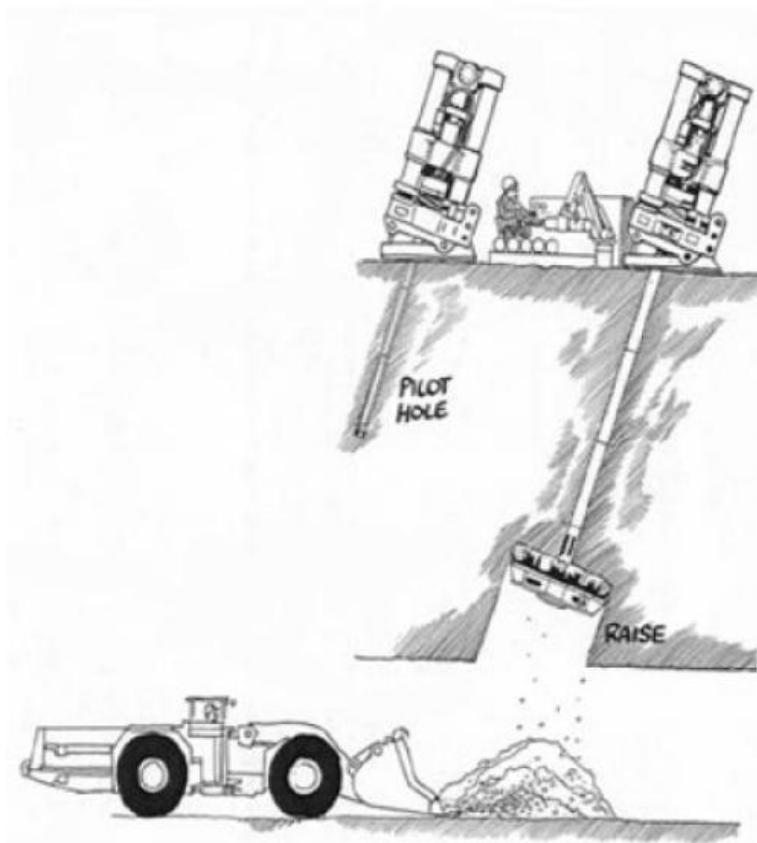
<https://www.youtube.com/watch?v=dvqEuZWbAw4>



# Normativa

## 2 – Gallerie

**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – POZZI – art. 119 del D.Lgs. 81/2008**

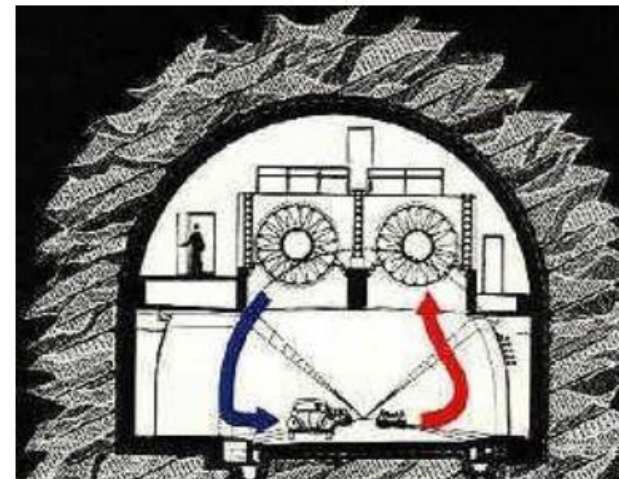
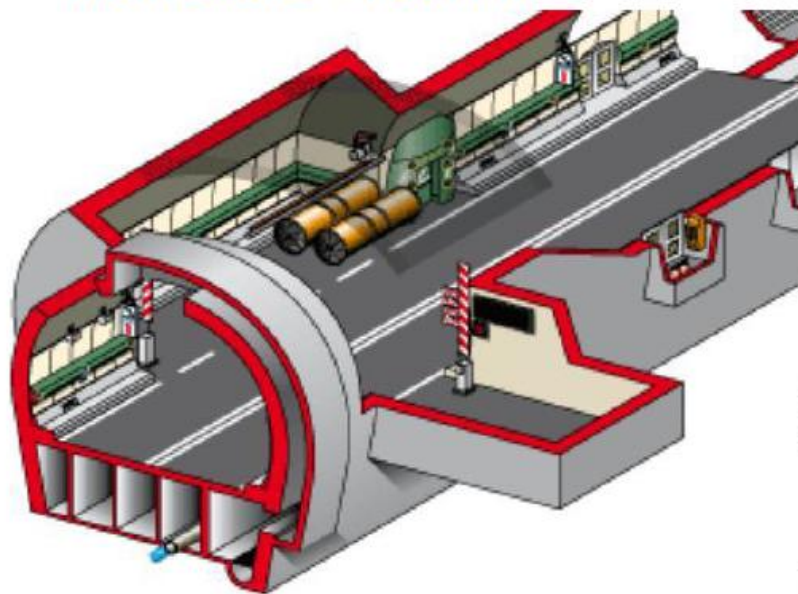




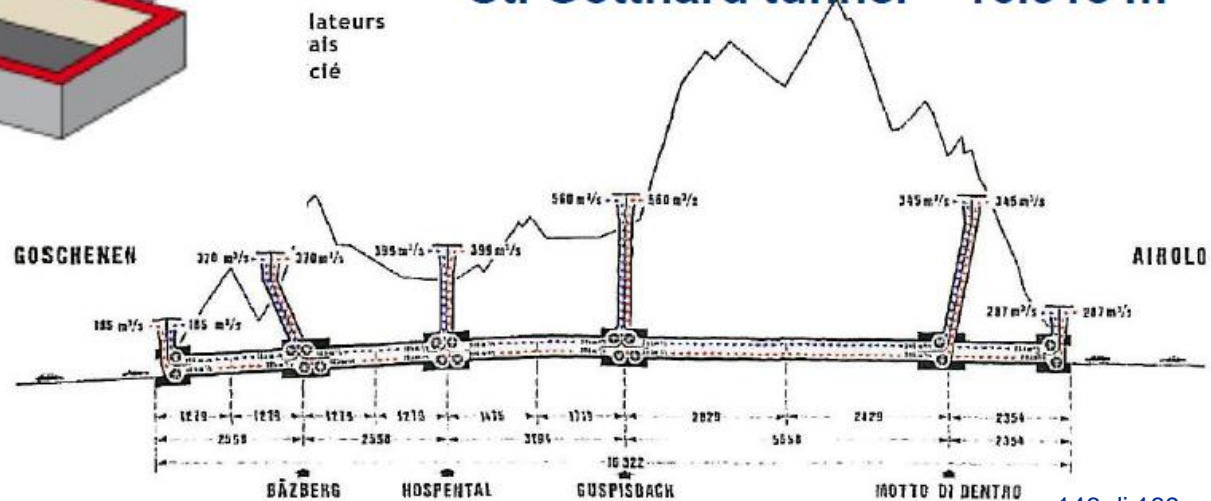
DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – POZZI – art. 119 del D.Lgs. 81/2008

# LA VENTILAZIONE

Mont Blanc - 11.611 m



St. Gotthard tunnel – 16.918 m





DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – POZZI – art. 119 del D.Lgs. 81/2008

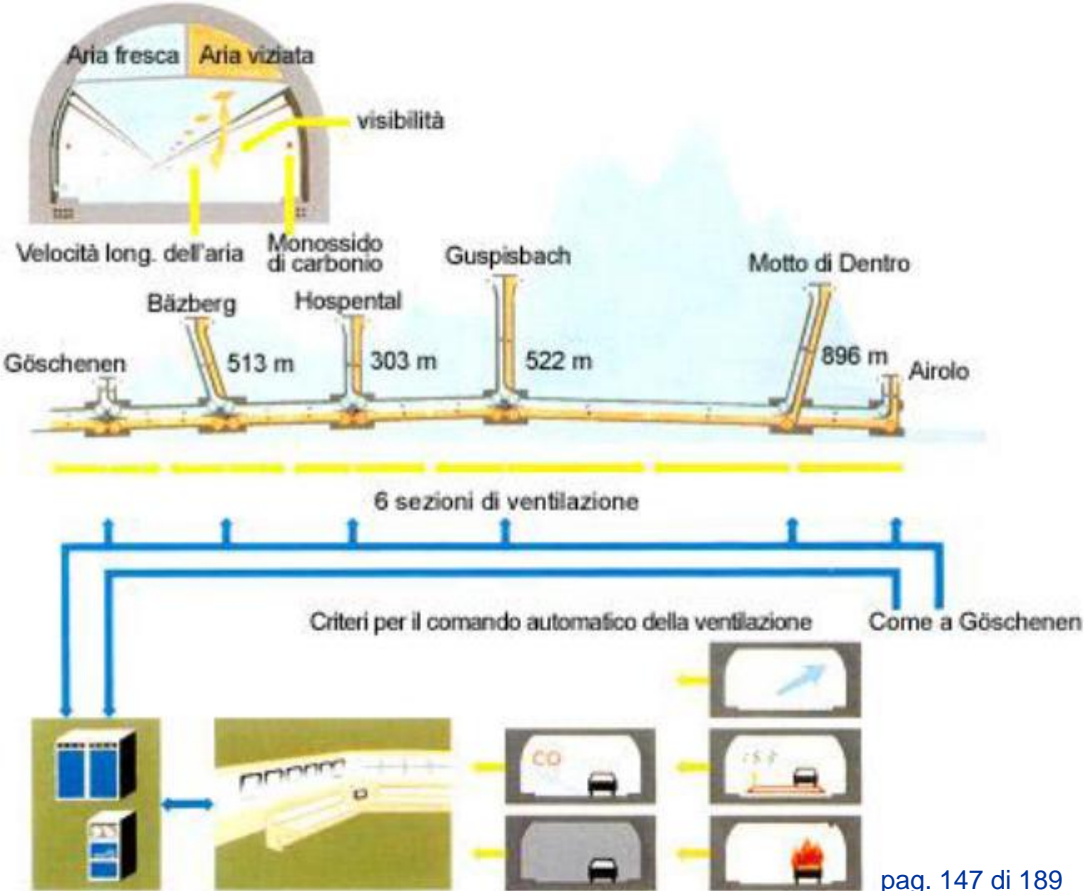
# LA VENTILAZIONE – Potenze installate

## St. Gotthard tunnel – 16.918 m

### Potenza dei ventilatori

- 5 x 430 kW
- 1 x 580 kW
- 1 x 625 kW
- 3 x 810 kW
- 2 x 1030 kW
- 1 x 1050 kW
- 2 x 1125 kW
- 1 x 1350 kW
- 1 x 1600 kW
- 2 x 1800 kW
- 1 x 2020 kW
- 1 x 2020 kW
- 1 x 2920 kW

circa 25 MW





### **DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – VENTILAZIONE ORIZZONTALE**

- Salubrità dell'aria ambientale (gas di scarico dei mezzi d'opera)
- Rumore (potenza dei motori, efficienza, caratteristiche del carburante, qualità abbattitori di rumore)
- Efficienza dei mezzi (registro manutenzioni e revisioni)
- Ventilazione

## Ventilazione

---

*Il piano di ventilazione “comprende il contributo di tutti gli inquinanti presenti quali nubi di gas di volata per brillamenti con esplosivi, emissioni (gas e particolato) dei motori diesel, gas naturale, altre sostanze nocive risultanti da procedimenti di lavoro (per esempio posa di rivestimenti bituminosi). Il concetto di ventilazione deve tener conto inoltre di un eventuale caso d'incendio e deve garantire l'evacuazione del calore e dell'umidità”.*





### **DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE**

#### **Illuminazione:**

Bisogna garantire idonea visibilità lungo le vie di transito e i posti di lavoro. In ogni punto delle vie di transito o comunque in ogni zona accessibile coi mezzi deve essere garantita un'illuminazione, anche per ridurre il rischio di investimento.

Si devono garantire i seguenti livelli minimi di illuminazione: 5 lux come valore minimo, 30 lux in ogni posto di lavoro e 50 lux in caso di lavori comportanti specifici pericoli.

In caso di emergenza dovuto a black-out o guasto sugli impianti con intervento della protezione, debbono intervenire i gruppi elettrogeni esterni.

#### **Circolazione dei Mezzi:**

La circolazione di mezzi pesanti cingolati o gommati presenti in galleria, aumenta il rischio di investimento. Il contenimento del rischio avviene utilizzando criteri di gestione del rischio in quei cantieri in cui la visibilità è ridotta e l'area di manovra è minima:

La velocità degli automezzi circolanti all'interno della galleria dovrà essere inferiore a 30 Km/h e a passo d'uomo in prossimità dei luoghi di lavoro.

All'interno della galleria è vietato l'accesso di mezzi alimentati a gas o a benzina, è consentito esclusivamente a quelli alimentati a gasolio.

I mezzi d'opera devono essere dotati di avvisatore acustico di retromarcia e di girofaro.

**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Misure Generali di Sicurezza**

- 1) una **preventiva valutazione dei rischi** per individuare le possibili **interferenze** tra uomini e mezzi e per organizzare la circolazione nel cantiere;
- 2) un'**adeguata visibilità dei mezzi**, con idonea segnalazione, acustica e luminosa, durante la fase operativa e di manovra;
- 3) un'**adeguata visibilità dal posto guida dei mezzi**, prevedendo, ove necessario, il supporto di **personale a terra (MOVIERE)** per l'esecuzione in sicurezza di operazioni in spazi ristretti o con visibilità insufficiente;
- 4) un'**adeguata visibilità dei lavoratori**: il personale e ogni altra persona a qualsiasi titolo presente in cantiere **devono indossare indumenti** che li rendano facilmente visibili (**minimo il GILET AD ALTA VISIBILTA'**);
- 5) la predisposizione di aree e piste atte a garantire condizioni di sicurezza (larghezza, spazi di salvaguardia, distanze da zone con personale, segnaletica, **separazione di vie pedonali da vie carrabili**, ecc.);
- 6) una **segregazione fisica delle lavorazioni** in cui non è necessaria la presenza di pedoni;



**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Piano delle Emergenze artt. 99-104**

Le disposizioni di cui al Capo XIII «Servizi di salvataggio» del D.P.R. n. 320/1956 (artt. 99-104), prescrivono le norme sui **servizi di salvataggio per lavori in sotterraneo**. Inoltre, l'art. 11 del medesimo decreto stabilisce l'obbligo di installare dispositivi di segnalazione, atti a comunicare con l'esterno, **per gallerie più lunghe di 300 m.**

Categorie di emergenze

Categoria	Misure
Emergenza minore	Può essere controllata dal solo personale operativo o di sicurezza della squadra di lavoro (non richiede la mobilitazione di forze esterne)
Emergenza di categoria 1	Può essere controllata con massiccio impiego delle risorse interne all'azienda (è consigliabile mettere in preallarme forze esterne)
Emergenza di categoria 2	Può essere controllata con l'ausilio di forze esterne limitate
Emergenza di categoria 3	Se controllabile, può esserlo solo attraverso l'impiego di massicce risorse (è necessaria la mobilitazione di tutte le forze disponibili, anche su vasta scala)



**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Piano delle Emergenze artt. 99-104**

**Elenco** non esaustivo delle possibili situazioni di **emergenza in galleria:**

- incendio con o senza invasione di fumo;
- distacco, collasso elementi strutturali del rivestimento (centinature, spritz beton);
- incidente tra veicoli, ribaltamento;
- irruzione massiva o improvvisa di acqua o fango;
- inondazione dall'esterno;
- venuta di gas;
- atmosfera ipossigenata;
- perdita di idrocarburi o di fluidi, gas tecnologici pericolosi;
- presenza di personale infortunato;
- black out elettrico;
- avaria dell'impianto di ventilazione;
- mine inesplose;
- impraticabilità della viabilità di accesso;
- indisponibilità del sistema di rilevamento grisù ;
- indisponibilità del sistema di comunicazione;
- indisponibilità del sistema di allarme;
- indisponibilità del personale di soccorso.



**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Piano delle Emergenze artt. 99-104**

**EMERGENZA**

E' necessario predisporre, per ogni galleria, un piano di emergenza in cui siano trattati i seguenti argomenti:

- descrizione del sistema di emergenza e dei suoi apparati;
- modalità di evacuazione della galleria;
- impianti antincendio;
- preparazione del personale addetto al servizio emergenza.
- elenco nominativi addetti (sicuristi);
- procedure di emergenza;
- controlli da effettuare;
- procedure di pronto soccorso;
- individuazione punti di raduno.



**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Piano delle Emergenze artt. 99-104**

**Misure di protezione da adottare per il Piano delle Emergenze:**

- misure strutturali: **impianti e attrezzature fisse** (sistema di comunicazione e allarme, alimentazione elettrica, ventilazione, sistema antincendio, sistemi di trasporto, sistemi di monitoraggio e allarme metano, sistemi di eduazione delle acque, container esterno per attrezzature sicuristici, container interno di salvataggio);
- attrezzature (**esplosimetri, materiale di primo soccorso, attrezzature di salvataggio, materiale antincendio**);
- **formazione del personale ed esercitazioni**;
- misure organizzative (numero dei lavoratori per squadra, sistema delle responsabilità , ecc.);
- **misure procedurali**: per i diversi scenari individuati stabilire istruzioni operative su chi deve fare cosa, su chi, come e quando utilizzare le attrezzature e impianti (container, ventilazione ecc.), opportunità di sospensione dei lavori, ecc.;
- controlli, verifiche e manutenzioni;
- adeguamenti e revisioni del **SGE adottato**;
- opportunità di sospensione dei lavori.



**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Piano delle Emergenze artt. 99-104**

*ANTINCENDIO*

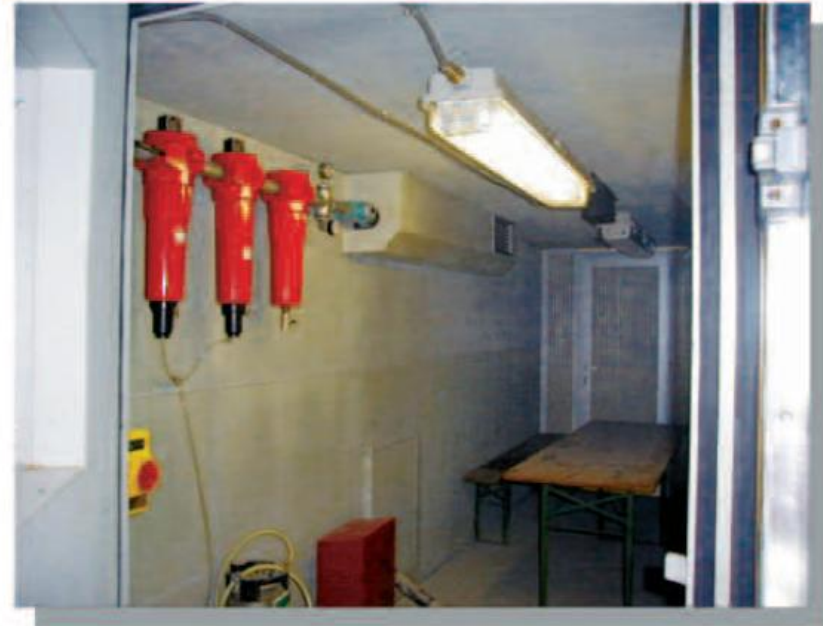
- Deve essere realizzata una linea idrica antincendio;
- a bordo macchina deve essere presente un estintore;
- gli impianti elettrici devono essere realizzati con cavi non propaganti fiamma e a bassa emissione di fumi;
- tutte le linee elettriche devono essere protette da: contatti diretti e indiretti, cortocircuito e sovraccarico;
- devono essere dislocati estintori da 6 kg. di tipo ABC presso il fronte di scavo, alle aperture, in zona baricentrica rispetto alla lunghezza della galleria;
- deve essere presente una postazione telefonica per le comunicazioni con l'esterno nei pressi del fronte;
- deve essere collocata un'arca di salvataggio REI 120 a max 300 m dal fronte.



**DPR n. 320 del 20 marzo 1956 – GALLERIE – Piano delle Emergenze artt. 99-104**



*Punto di emergenza*



*Arca di salvataggio*





**NTC 2018**

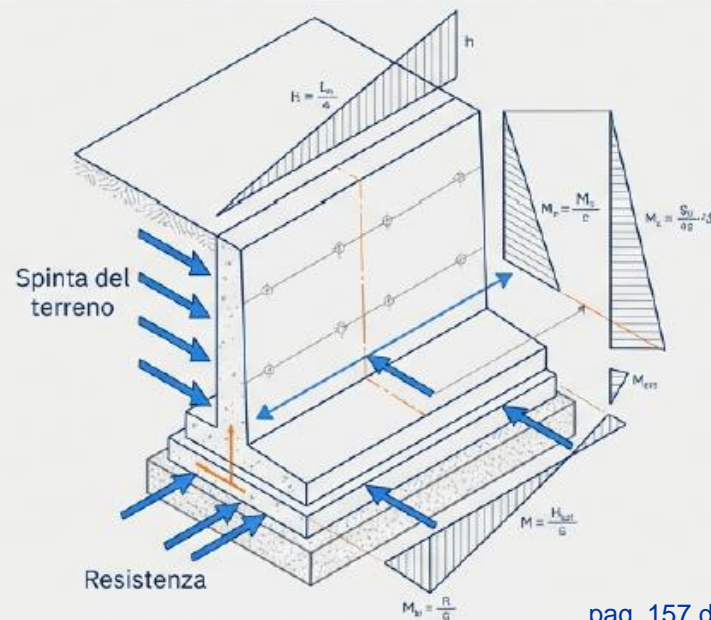
Rappresentano il principale quadro normativo che disciplina la **progettazione**, l'**esecuzione** e il **collaudo** delle opere edilizie in Italia.

Mentre l'81/08 protegge l'uomo, le NTC 2018 garantiscono che lo scavo mantenga la sua integrità fisica attraverso calcoli di stabilità rigorosi.

**I Principi di Stabilità Strutturale Helvetica Now Display**

**NTC 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)**

La sicurezza dello scavo inizia dalla progettazione ingegneristica. Le norme tecniche forniscono i principi fondamentali per la progettazione e per garantire la stabilità strutturale dell'opera di scavo.





### **DM 11 MARZO 1988**

è stato per trent'anni il decreto cardine della **geotecnica** in Italia.

Ecco i punti fondamentali da ricordare:

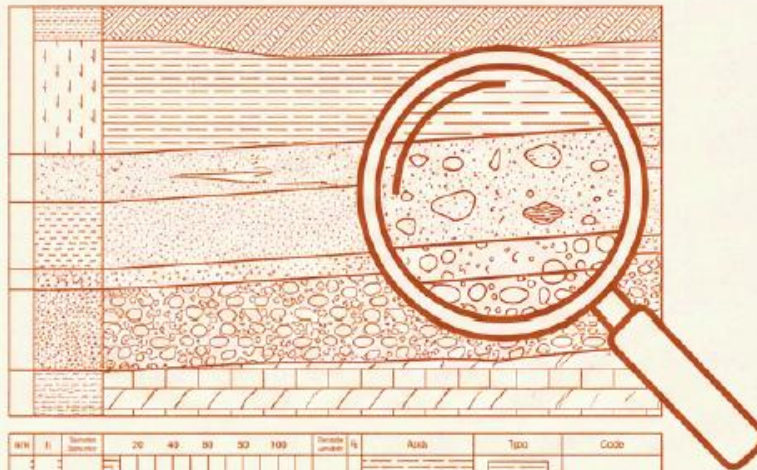
- **Contenuto:** Stabiliva le norme tecniche riguardanti le indagini sui **terreni e sulle rocce**, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali di progettazione e collaudo delle opere di fondazione e dei manufatti di sostegno delle terre.
- **Stato Attuale:** È stato **abrogato e sostituito** dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (**attualmente le NTC 2018**).
- **Differenza Approccio:** Mentre il decreto dell'88 si basava sulle tensioni ammissibili, le norme attuali utilizzano il metodo degli **Stati Limite** e i coefficienti parziali, in linea con gli Eurocodici.
- **Importanza Storica:** Molti degli edifici esistenti in Italia sono stati progettati seguendo i parametri di questo decreto, rendendolo un riferimento ancora utile per i tecnici che si occupano di **diagnostica o interventi sull'esistente**.



**DM 11 MARZO 1988**

è stato per trent'anni il decreto cardine della **geotecnica** in Italia.

## Il Fattore Geologico: DM 11 marzo 1988



SN	h	Spessore (m)	20	40	60	80	100	Indice liquido	h	Auti	Tipi	Code
5	8,0							1				Argilla limosa
10												
12	10,0							8				Argilla limosa
20												
25	15,6							129				Gabbia fine
30												
35	10,0							588				Ghiaia
40												
47	17,0							803				Ghiaia
45												
								RDC				Substrato roccioso

**Ambito di applicazione: Criteri tecnici per indagini e opere di sostegno.**

Fondamentale per la fase preliminare, questo Decreto Ministeriale stabilisce i **criteri tecnici per le indagini geognostiche.**

Specifica inoltre i requisiti per le **opere di sostegno**, fornendo i dati necessari su cui basare la progettazione strutturale richiesta dalle NTC.

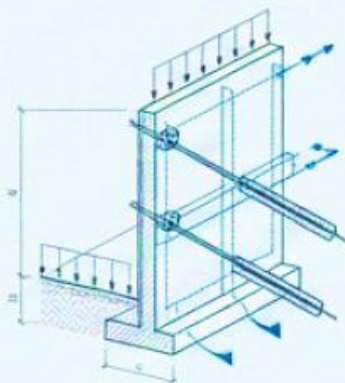
## Safety Orange



### SICUREZZA SUL LAVORO E TUTELA DELLA SALUTE (D.Lgs. 81/08)

- Obblighi del Datore di Lavoro e CSP/CSE.
- Valutazione dei rischi specifici negli scavi (Art.118).
- Protezione contro il seppellimento e frane.
- Predisposizione del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).
- Informazione, formazione e addestramento degli operatori.

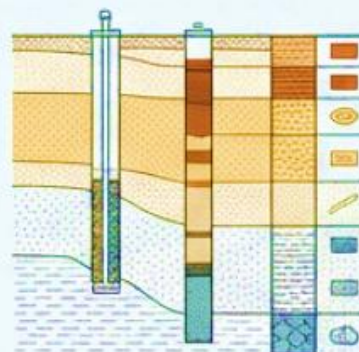
## Technical Blue



### INGEGNERIA STRUTTURALE E PROGETTAZIONE (NTC 2018)

- Criteri di progettazione strutturale per opere di sostegno.
- Verifica della stabilità globale e locale degli scavi.
- Definizione delle azioni sismiche e geotecniche.
- Controlli in corso d'opera e monitoraggio.
- Collaudo delle opere.

## Earth Brown



### INDAGINI GEOTECNICHE E MODELLAZIONE DEL SOTTOSUOLO (D.M. 14/01/1988 - NTC)

- Pianificazione delle indagini geotecniche.
- Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni.
- Modellazione geotecnica del sito.
- Determinazione dei parametri di progetto.
- Monitoraggio geotecnico e piezometrico.

## Anthracite Grey



### NORMATIVA LAVORI IN SOTTERRANEO (D.P.R. 320/56)

- Regole specifiche per la sicurezza in sotterraneo.
- Gestione dell'aerazione e della qualità dell'aria.
- Illuminazione e impianti elettrici.
- Vie di fuga e piani di emergenza.
- Prevenzione incendi ed esplosioni.



### DPI – Dispositivi di Protezione Individuali

Il datore di lavoro deve mettere a disposizione dei lavoratori i dispositivi di protezione individuali (DPI) idonei e controllare che gli stessi li utilizzino, così come previsto dalla normativa in vigore (**titolo 3, Capo II, art. 74-79 e All. VIII del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.**).

I dispositivi di protezione individuali **da fornire ai lavoratori** sono:

- elmetto;
- scarpe con suola imperforabile e punte in acciaio;
- guanti;
- indumenti di protezione contro le intemperie;
- indumenti fosforescenti in caso di scarsa visibilità;
- occhiali di protezione in caso di proiezione di schegge o frammenti.

Eventualmente si provvederà **a fornire anche**:

- **mascherine di modello** adeguato al rischio (di carta per le polveri grossolane e/o non specificamente classificate, con filtro tipo FFP2, FFP3 per silice o fibre);
- **autorespiratori d'emergenza** in caso di lavori in pozzetti, canali e vani sotterranei nell'ambito della rete fognaria;
- protettore auricolare in caso di utilizzo di utensili pneumatici.



**Normativa**

**Scavi e Gallerie**

**UNI EN 397**



**HARD HAT**



**SAFETY GLASSES**

**UNI EN 166**

**EN 388:2016**



**GLOVES**



**CONSTRUCTION VEST**



**EN 471**

**EN ISO 20345**



**PROTECTIVE BOOTS**



**ROAD CONE**

**UNI EN 13422**





### III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR (Apparecchi di Protezione delle Vie Respiratorie)

#### ***Facciali filtranti***

Sono dispositivi realizzati prevalentemente o interamente in materiale filtrante, che coprono bocca, naso e mento che devono essere sostituiti interamente quando non sono più efficaci. L'aria può essere eliminata attraverso lo stesso materiale filtrante oppure attraverso una valvola che, riducendo la resistenza durante l'ispirazione, rende più confortevole il dispositivo.

I facciali filtranti possono essere classificati in:

- **antipolvere**
- **antigas**
- **combinati**

#### ***Facciali filtranti antipolvere (UNI EN 149)***

In base al loro potere di filtrare efficacemente concentrazioni crescenti di aerosol inquinanti, sono classificati in: **FFP1, FFP2, FFP3**.

**Conservazione:** i facciali filtranti, **monouso e personali**, devono essere tenuti al riparo dagli inquinanti fino al momento del loro utilizzo.



### III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR

#### ***Facciali filtranti antipolvere (UNI EN 149)***

***Durata:*** i facciali filtranti (UNI EN 149) devono essere impiegati solamente **per un turno lavorativo**, e devono comunque essere sostituiti immediatamente quando risultano danneggiati, o visibilmente contaminati e qualora la respirazione diventasse difficoltosa a causa della saturazione del materiale filtrante.

#### ***Facciali filtranti **antigas e combinati** (antigas antipolvere) (UNI EN 405)***

In base al loro potere di trattenere gli inquinanti (gas o vapori) vengono marcati con lettere che indicano il tipo di aeriforme e numeri che indicano la capacità crescente di trattenerli. (es. **FFA2:A** indica che è specifico per vapori organici e 2 la capacità di filtrazione.)

I facciali filtranti combinati hanno la capacità di trattenere sia inquinanti gassosi che solidi e sono realizzati “combinando” un materiale in grado di trattenere gas e vapori, e uno strato di materiale filtrante per polveri.

***Conservazione:*** I facciali filtranti per la protezione da gas e vapori devono essere forniti agli operatori che usano prodotti pericolosi ed essere tenuti al riparo dagli inquinanti fino al momento del loro uso.



### III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR



L'operatore dovrà riporlo alla fine di ogni utilizzo, dopo averlo pulito secondo le istruzioni, in un apposito contenitore/confezione, lontano dalle sorgenti d'inquinamento.

**Durata:** Questi facciali filtranti (UNI EN 405), possono essere utilizzati fino al momento in cui l'operatore percepisce l'odore dell'inquinante.



### III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR

#### ***Semimaschere (UNI EN 140):***

Sono dispositivi riutilizzabili, che coprono solamente bocca, naso e mento, dotati di valvola di espirazione. Sulla semimaschera **vengono inseriti uno o più filtri sostituibili**, destinati a trattenere gli inquinanti presenti nell'aria. La struttura è di materiale elastico al fine di garantire una buona tenuta al viso.

#### ***Maschere intere (UNI EN 136):***

Sono dispositivi riutilizzabili costituiti da una struttura che **copre l'intero volto** con una visiera in materiale trasparente, sono dotati di valvola di espirazione e garantiscono una tenuta maggiore delle semimaschere. Anche su questi dispositivi vengono inseriti filtri sostituibili destinati a trattenere gli inquinanti presenti nell'aria.

#### ***Filtri***

I filtri sono dispositivi che vengono inseriti su maschere e semimaschere e che sono destinati a **trattenere inquinati, solidi e/o aeriformi**. Sono caratterizzati da colorazioni o bande colorate specifiche per i diversi inquinanti e bianche per le polveri.



III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR





## III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR

Colore filtro	Tipo secondo la classifica UNI	Sostanze dalle quali protegge
Marrone	A	Gas e vapori organici con punto di ebollizione superiore a 65°C
Marrone	AX	Gas e vapori organici con punto di ebollizione inferiore a 65°C
Grigio	B	Gas e vapori inorganici (salvo CO)
Giallo	E	Anidride solforosa, gas e vapori acidi
Verde	K	Ammoniaca e suoi derivati
Blu	NO	Vapori e fumi tossici
Rosso	HG	Vapori di mercurio
Violetto	SX	Composti specifici (a richiesta)
Bianco	P	Polveri fumi e nebbie
Nero	CO	Ossido di carbonio (CO)

I filtri di tipo A sono costituiti da carboni attivi in grado di assorbire i contaminanti, mentre i B, E, K sono costituiti da carboni impregnati con sostanze in grado di reagire chimicamente con i contaminanti.





### III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR – A CICLO APERTO



È un **autorespiratore isolante** che fornisce aria da una fonte indipendente e scarica l'aria espirata direttamente nell'ambiente esterno.



## Normativa

## Scavi e Gallerie

### III – CLASSIFICAZIONE DEGLI APVR – A CICLO CHIUSO

È un dispositivo di protezione individuale isolante che ricicla l'aria espirata, depurandola da CO<sub>2</sub> e vapore acqueo e reintegrando l'ossigeno consumato.



A differenza di quelli a ciclo aperto, questi dispositivi offrono una maggiore autonomia (ideali per lunghe durate), isolano completamente l'operatore dall'ambiente circostante e sono usati in ambienti ad alta tossicità o carenza di ossigeno



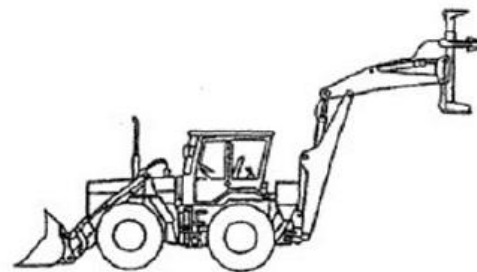
### Definizioni dall'ACSR rep 59 del 17.04.2025 - Macchine movimento terra:

- 1. Escavatori idraulici:** macchina semovente a ruote, a cingoli o ad appoggi articolati, provvista di una struttura superiore (torretta) normalmente in grado di ruotare di 360° e che supporta un braccio escavatore azionato da un sistema idraulico e progettata principalmente per scavare con una cucchiaia o una benna rimanendo ferma, con massa operativa maggiore di 6000 kg.
- 2. Escavatori a fune:** macchina semovente a ruote, a cingoli o ad appoggi articolati, provvista di una torretta normalmente in grado di ruotare di 360° e che supporta una struttura superiore azionata mediante un sistema a funi progettata principalmente per scavare con una benna per il dragaggio, una cucchiaia frontale, una benna mordente, usata per compattare il materiale con una piastra compattatrice, per lavori di demolizione mediante gancio o sfera e per movimentare materiale con equipaggiamenti o attrezzature speciali.
- 3. Pale caricatrici frontali:** macchina semovente a ruote o a cingoli, provvista di una parte anteriore che funge da sostegno ad un dispositivo di carico, progettata principalmente per il carico o lo scavo per mezzo di una benna tramite il movimento in avanti della macchina, con massa operativa maggiore di 4500 kg.
- 4. Terne:** macchina semovente a ruote o a cingoli costituita da una struttura di base progettata per il montaggio sia di un caricatore anteriore che di un escavatore posteriore.
- 5. Autoribaltabile a cingoli:** macchina semovente a cingoli, dotata di cassone aperto, impiegata per trasportare e scaricare o spargere materiale, con massa operativa maggiore di 4500 kg.

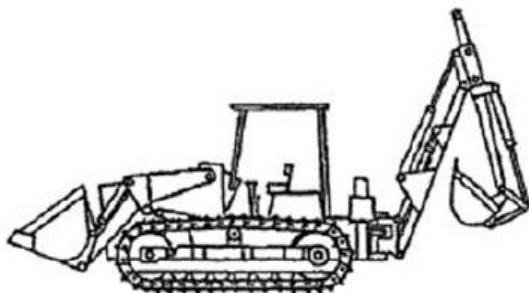
FORMAZIONE TEORICO-PRATICA PER LAVORATORI ADDETTI ALLA CONDUZIONE  
DI MACCHINE MOVIMENTO TERRA



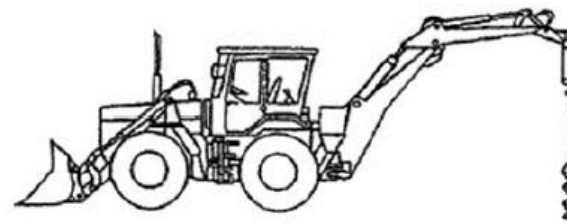
Esempio di terna a ruote



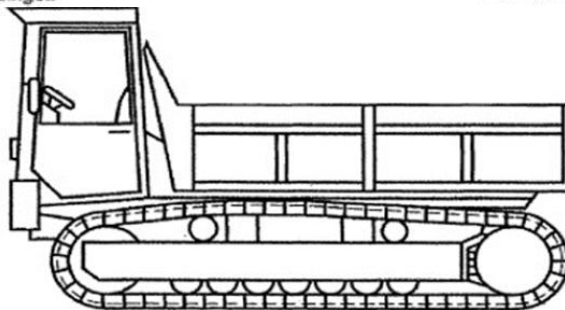
Esempio di terna con attrezzatura per la posa di pali



Esempio di terna a cingoli



Esempio di terna con trivella

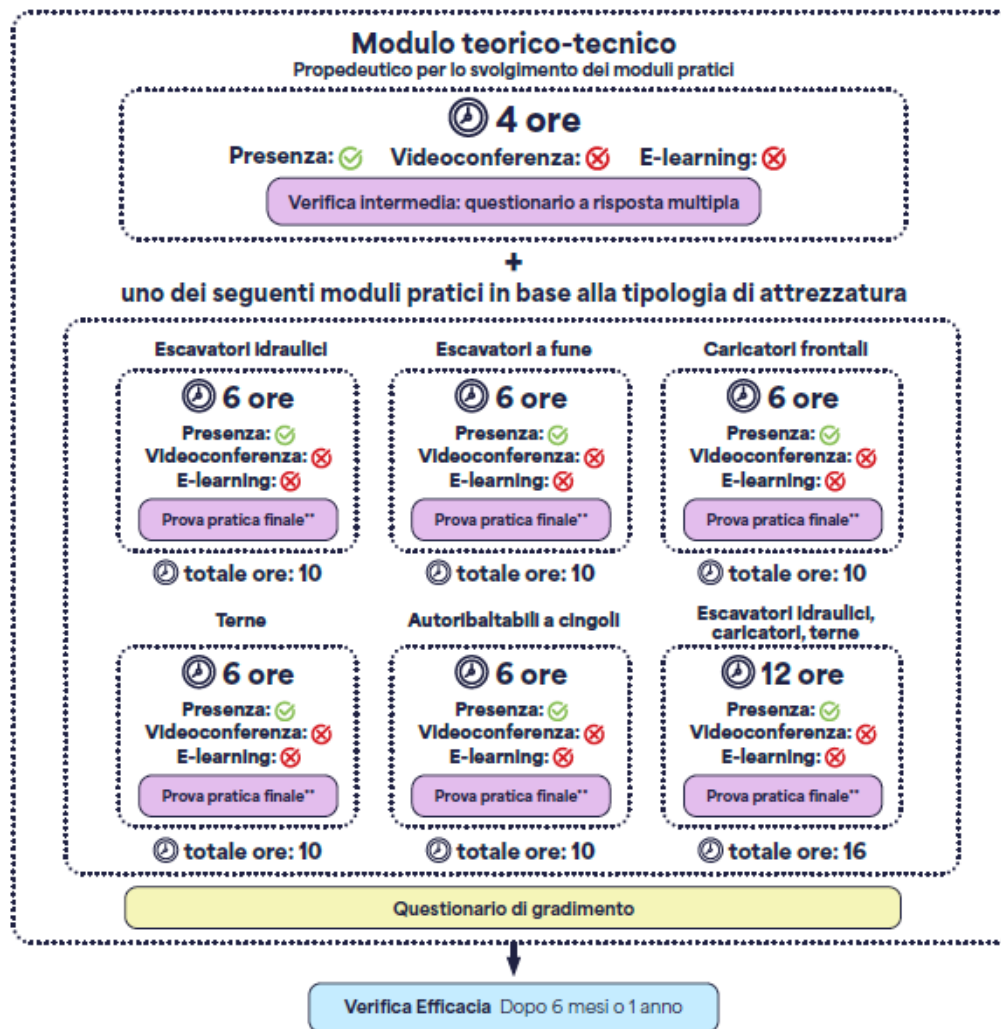


Esempio di autoribaltabile a cingoli

**FORMAZIONE TEORICO-PRATICA PER LAVORATORI ADDETTI ALLA CONDUZIONE  
DI MACCHINE MOVIMENTO TERRA**



## FORMAZIONE TEORICO-PRATICA PER LAVORATORI ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI MACCHINE MOVIMENTO TERRA



## FORMAZIONE TEORICO-PRATICA PER LAVORATORI ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI MACCHINE MOVIMENTO TERRA



### NOTE

- \*\*numero di prove pratiche definito in base alla tipologia. In caso di mancato superamento obbligo di ripetere il modulo pratico.
- Requisiti docenza teorica: D.I. 6/3/2013 e conoscenza tecnica attrezzatura.
- Requisiti docenza pratica: D.I. 6/3/2013 e esperienza triennale professionale pratica nell'utilizzo dell'attrezzatura.

### SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE

- 1) segnaletica di DIVIETO
- 2) segnaletica di AVVERTIMENTO
- 3) segnaletica di PRESCRIZIONE
- 4) segnaletica di SALVATAGGIO
- 5) segnaletica per l'ANTINCENDIO
- 6) segnaletica GESTUALE
- 7) segnaletica di GENERICA
- 8) segnaletica di LOGISTICA e ORGANIZZAZIONE

### SEGNALETICA per CANTIERE STRADALE

- 1) segnaletica temporanea stradale di PERICOLO
- 2) segnaletica temporanea stradale di PRESCRIZIONE
- 3) segnaletica temporanea stradale di INDICAZIONE
- 4) segnaletica temporanea stradale di CANTIERI MOBILI o su VEICOLI
- 5) segnaletica temporanea stradale di COMPLEMENTARE
- 6) segnaletica temporanea stradale di LUMINOSA

### SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE - segnaletica di DIVIETO



Vietato fumare;



Vietato ai pedoni;



Divieto di spegnere con acqua;



Vietato fumare o usare fiamme libere;



Non toccare;



Vietato ai carrelli di movimentazione;



Acqua non potabile;



Divieto di accesso alle persone non autorizzate;






Vietato usare estintori;



Vietato passare carichi sospesi;

SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE - segnaletica di AVVERTIMENTO

-  Materiale infiammabile o alta temp.
-  Carichi sospesi;
-  Carrelli di movimentazione;
-  Pericolo generico;
-  Tensione elettrica pericolosa;
-  Caduta con dislivello;
-  Materiale comburente;
-  Sostanze nocive o irritanti;
-  Pericolo di inciampo;
-  Messa a terra;



**PONTEGGIO  
IN  
ALLESTIMENTO**



**ATTENZIONE**  
ZONA AD ALTO RISCHIO  
POSSIBILE PRESENZA DI POLVERE  
DI AMIANTO IN CONCENTRAZIONE  
SUPERIORE AI VALORI LIMITE DI  
ESPOSIZIONE



**VIETATO  
L'INGRESSO**  
a tutte le persone  
non autorizzate



**È OBBLIGATORIO USARE I MEZZI  
DI PROTEZIONE PERSONALE IN  
DOTAZIONE A CIASCUNO**



**IMPIANTI ELETTRICI  
SOTTO TENSIONE**

**E' VIETATO:**

- \* Eseguire lavori su impianti sotto tensione
- \* Toccare gli impianti se non si è autorizzati
- \* Togliere i ripari e le custodie di sicurezza prima di aver tolto la tensione

**E' OBBLIGATORIO:**

- \* Aprire gli interruttori di alimentazione del circuito prima di effettuare interventi
- \* Assicurarsi del collegamento a terra prima di lavorare
- \* Tenersi ben isolati da terra con mani e piedi asciutti o usando pedane e guanti isolati
- \* Tenere lontano dagli impianti materiali estranei



### SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE - segnaletica di PRESCRIZIONE



Protezione obbligatoria per gli occhi;



Casco di protezione obbligatoria;



Protezione obbligatoria dell'udito;



Protezione obbligatoria delle vie respiratorie;



Calzature di sicurezza obbligatorie;



Guanti di protezione obbligatoria;



Obbligo generico (con eventuale cartello supplementare);



Protezione individuale obbligatoria contro le cadute;



Protezione obbligatoria del corpo;



Protezione obbligatoria del viso;



Passaggio obbligatorio per i pedoni;

**SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE - segnaletica di SALVATAGGIO**



Telefono per salvataggio pronto soccorso;



Percorso da seguire



Percorso da seguire



Percorso da seguire



Percorso da seguire



Pronto soccorso;



Barella;

**SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE - segnaletica di ANTINCENDIO**



Estintore



Telefono per gli interventi antincendio

SEGNALETICA per CANTIERE EDILE-CIVILE - segnaletica GESTUALE



Attenzione inizio operazioni;



Alt interruzione fine del movimento;



Fine delle operazioni;



Sollevarre;



Abbassare;



Distanza verticale;



Retrocedere;



A destra;



A sinistra;



Pericolo alt o arresto di emergenza;



Distanza orizzontale;

### SEGNALETICA per CANTIERE STRADALE - di PERICOLO



Doppio senso di circolazione;



Lavori;



Materiale instabile su strada;



Mezzi di lavoro in azione;



Pericolo;



Strettoia asimmetrica a destra;



Strettoia asimmetrica a sinistra;



Uscita obbligatoria;



Mezzi di lavoro in azione;



Pericolo;



Segni orizzontali in rifacimento;



Semaforo;

## SEGNALETICA per CANTIERE STRADALE - di PRESCRIZIONE



Dare precedenza;



Dare precedenza nei sensi unici alter



Direzione obbligatoria a destra;



Direzione obbligatoria a sinistra;



Direzione obbligatoria diritto;



Direzioni consentite destra e sinistra;



Direzioni consentite diritto e destra;



Passaggio obbligatorio a sinistra;



Preavviso di direzione obbligatoria a destra;



Preavviso di direzione obbligatoria a sinistra;



Via libera;



Direzioni consentite diritto e sinistra;



Diritto di precedenza nei sensi unici alternati;



Divieto di accesso;



Divieto di sorpasso;



Divieto di sosta;



Divieto di transito;



Fermarsi e dare precedenza;



Limite massimo di velocità;



Passaggi consentiti;



Passaggio obbligatorio a destra;

**SEGNALETICA per CANTIERE STRADALE – di INDICAZIONE**



Carreggiata chiusa (1);



Carreggiata chiusa (2) ;



Rientro in carreggiata (1);



Rientro in carreggiata (2);



Passaggio obbligatorio per veicoli operativi;

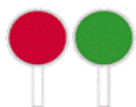


Segnale mobile di protezione;

**SEGNALETICA per CANTIERE STRADALE –  
COMPLEMENTARE**



Delineatore modulare di curva provvisoria;



Paletta per transito alternato da movieri;



Bandiera;



Barriera direzionale;



Barriera normale;

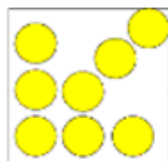


Coni;



Delineatori flessibili;

SEGNALETICA per CANTIERE STRADALE – LUMINOSA



Dispositivi luminosi a luce gialla;



Dispositivo luminoso a luce gialla;



Dispositivo luminoso a luce rossa;



Lanterna semaforica;



### DECALOGO per una buona Tecnica esecutiva nel rispetto della Legge

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 (embolia);
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;



### DECALOGO per una buona Tecnica esecutiva nel rispetto della Legge

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 **BREVE distanza** 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 (Progettista, DLL, ecc.)**.

### DECALOGO valido anche per le GALLERIE

### **Bibliografia di riferimento utilizzata, per maggiori approfondimenti:**

- INAIL, Sistemi di protezione degli scavi a cielo aperto - Quaderni Tecnici per i cantieri temporanei o mobili - Edizione 2018
- INAIL, Riduzione del rischio nelle attività di scavo - 2016
- ISPESL, Per l'esecuzione in sicurezza delle attività di scavo - Supplemento di Prevenzione Oggi numero 4 anno 2008
- Antonio Muzzolon, Michele Sanfilippo - Prontuario tecnico - La sicurezza nell'uso di macchine e attrezzature da cantiere - Legislazione tecnica
- Macchine movimento terra - Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige
- Scuola Edile Bresciana - Manuale macchine movimento terra: utilizzo e sicurezza a cura di Bianchini Giuliano - 2009
- Prof. Dr. habil. Heinz Konietzky (TU Bergakademie Freiberg, Geotechnical Institute) - Rock bolting - 14.01.2025
- Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Linea Guida Grisù - TBM - Maggio 2015
- La TBM - Tunnel Boring Machine - Galleria di base del Brennero
- Giuseppe Semeraro, Laura Lavarello - la normativa di sicurezza e salute nei cantieri - EPC Editori 2016
- Michele Di Pasquale - Principali aspetti per la sicurezza nella costruzione delle gallerie stradali – 2016
- Guida tecnica sull'utilizzo di Palancole - AAVV
- Paratie nelle costruzioni – tecnologie ed applicazioni dal sostegno dei terreni alla difesa idraulica – AAVV
- Atmosfere Iperbariche - Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del D.Lgs. 81/08 – CTIPL - 2025
- R. Borchiellini - Tunnel di grande lunghezza - Le sfide per la progettazione, costruzione e funzionamento in esercizio - Politecnico di Torino – 2016
- M. Chiarelli - Scavo convenzionale: il drill blast nella costruzione di tunnel - InGenio

### **Siti web consultati:**

- <https://biblus.acca.it>
- <http://prevenzioneoggi.ispesl.it>
- <https://puntosicuro.it>



***FINE***

Ing. Francesco Micomonaco  
+ 39 320 79 46 569

[francesco.micomonaco@gmail.com](mailto:francesco.micomonaco@gmail.com)

