



Barriere Fisiche per la Messa in Sicurezza Permanente

Laura D'Aprile

ISPRA



Argomenti Trattati

- **Inquadramento della MISP**
- **Tecnologie realizzative delle barriere fisiche**
- **Conclusioni (limiti e vantaggi)**
- **Caso applicativo (Porto Marghera)**



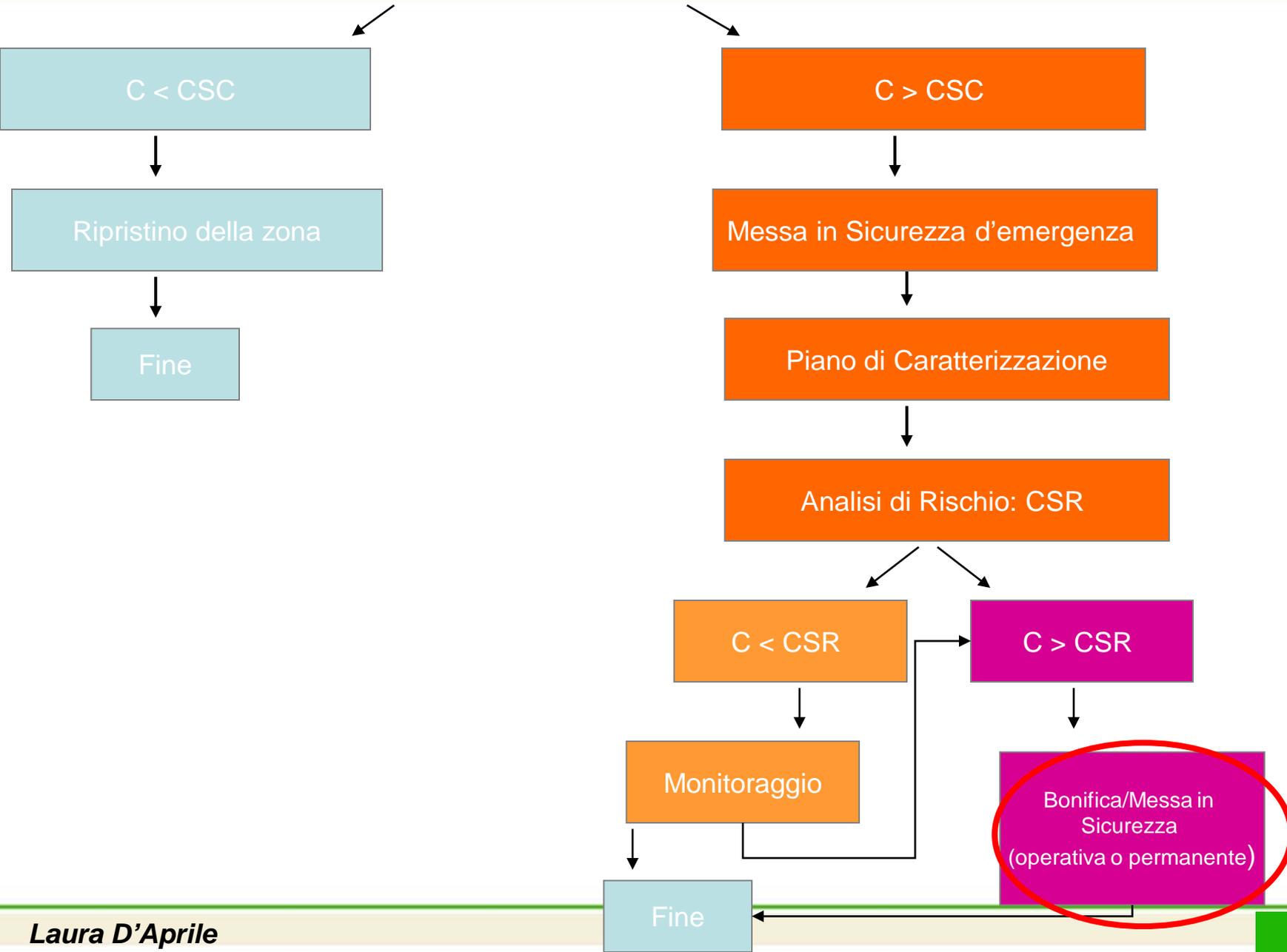
Messa in sicurezza permanente

DLgs 152/06 - Art. 240 (Definizioni, comma 1, o):

Insieme degli interventi atti ad isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente. In tali casi devono essere previsti piani di monitoraggio e controllo e limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici.



Indagine preliminare

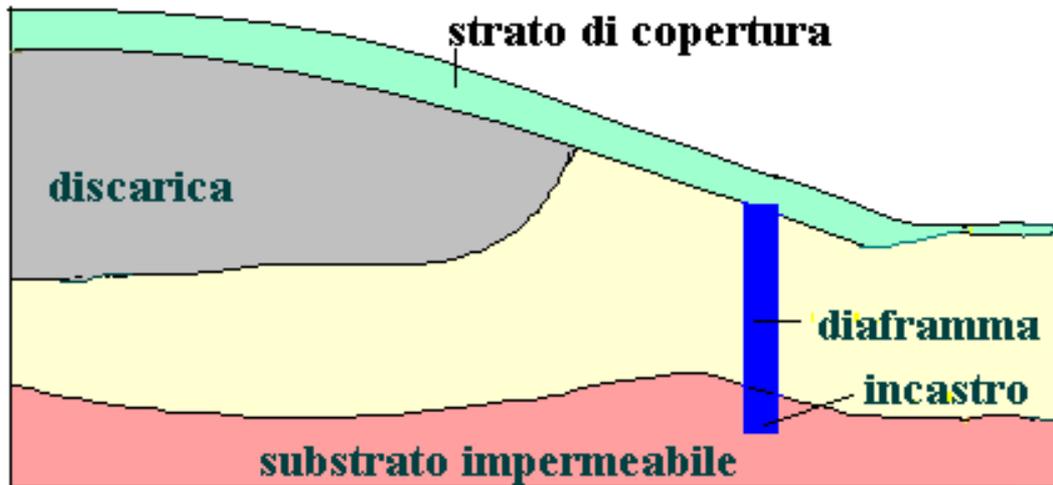




Barriere Fisiche

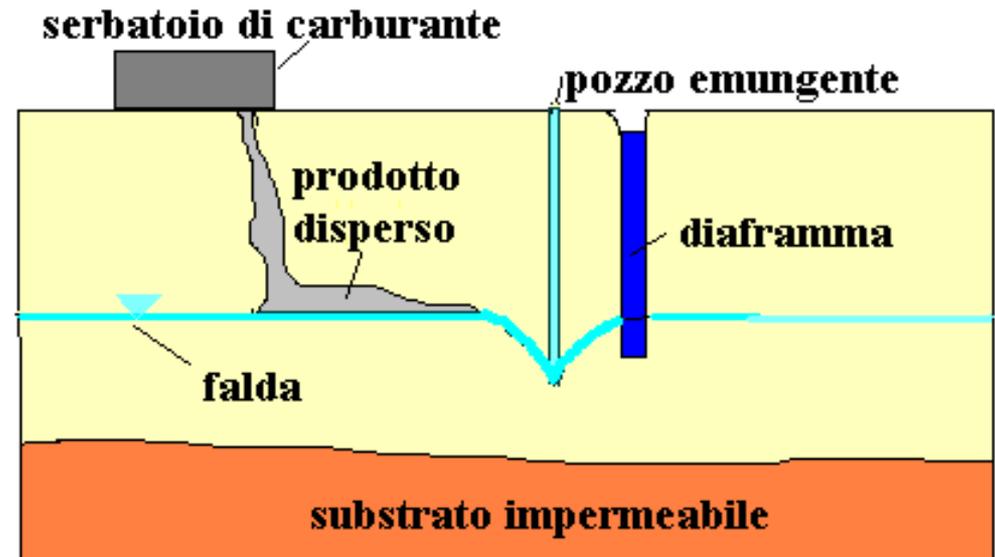
- ✓ Sistemi di confinamento
- ✓ Tipologie realizzative
- ✓ Controlli

Modalità Realizzative (1)

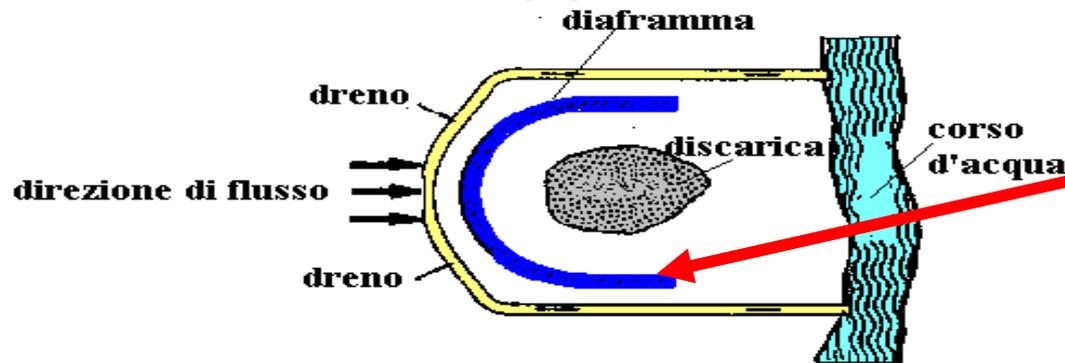


✓ diaframma immorsato

✓ diaframma sospeso

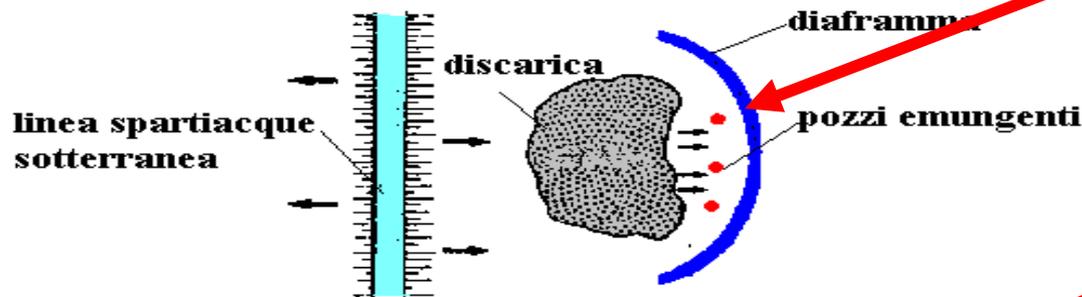


Modalità Realizzative (2)

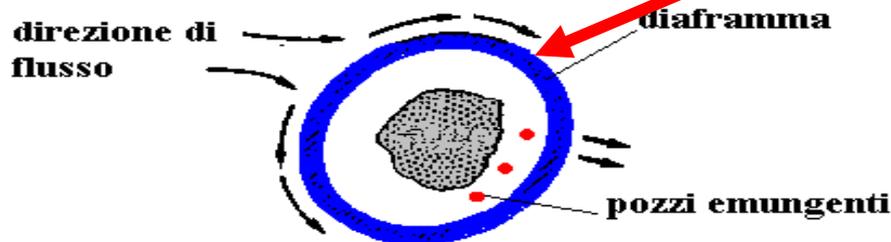


**Cinturazione
parziale a monte**

**Cinturazione
parziale a valle**



**Cinturazione
completa**





Tipologie Realizzative

Barriere ad infissione:

- ✓ palizzata in pannelli d'acciaio
- ✓ diaframma a trave infissa

Barriere realizzate mediante gettiniezione

Barriere ad iniezione in sottosuolo roccioso

Barriere a miscelazione in situ

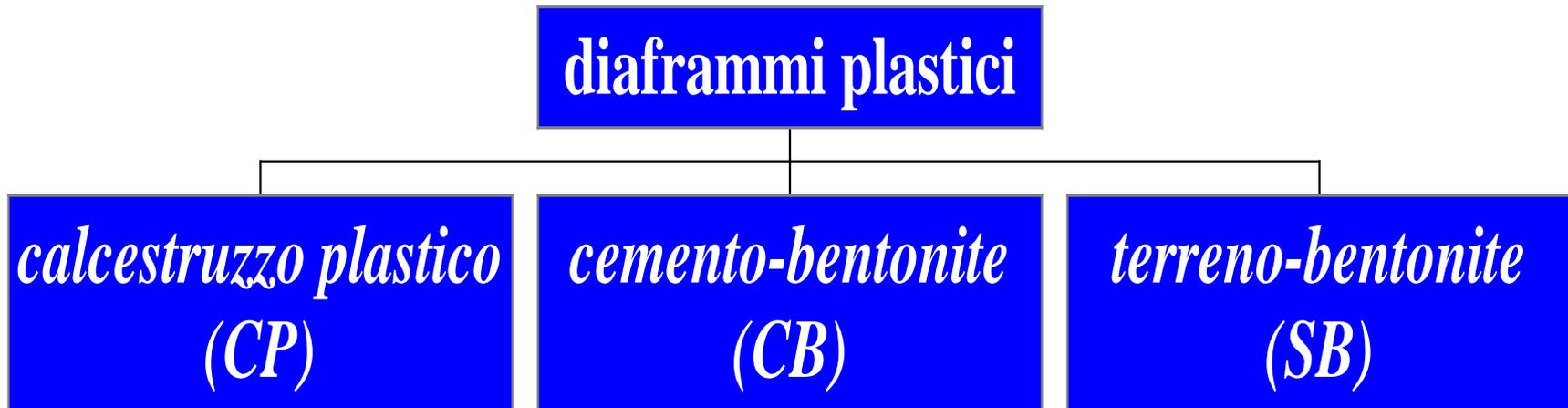
Barriere ad escavazione

- ✓ diaframmi terreno bentonite
- ✓ diaframmi cemento-bentonite
- ✓ diaframmi in calcestruzzo plastico
- ✓ diaframmi compositi

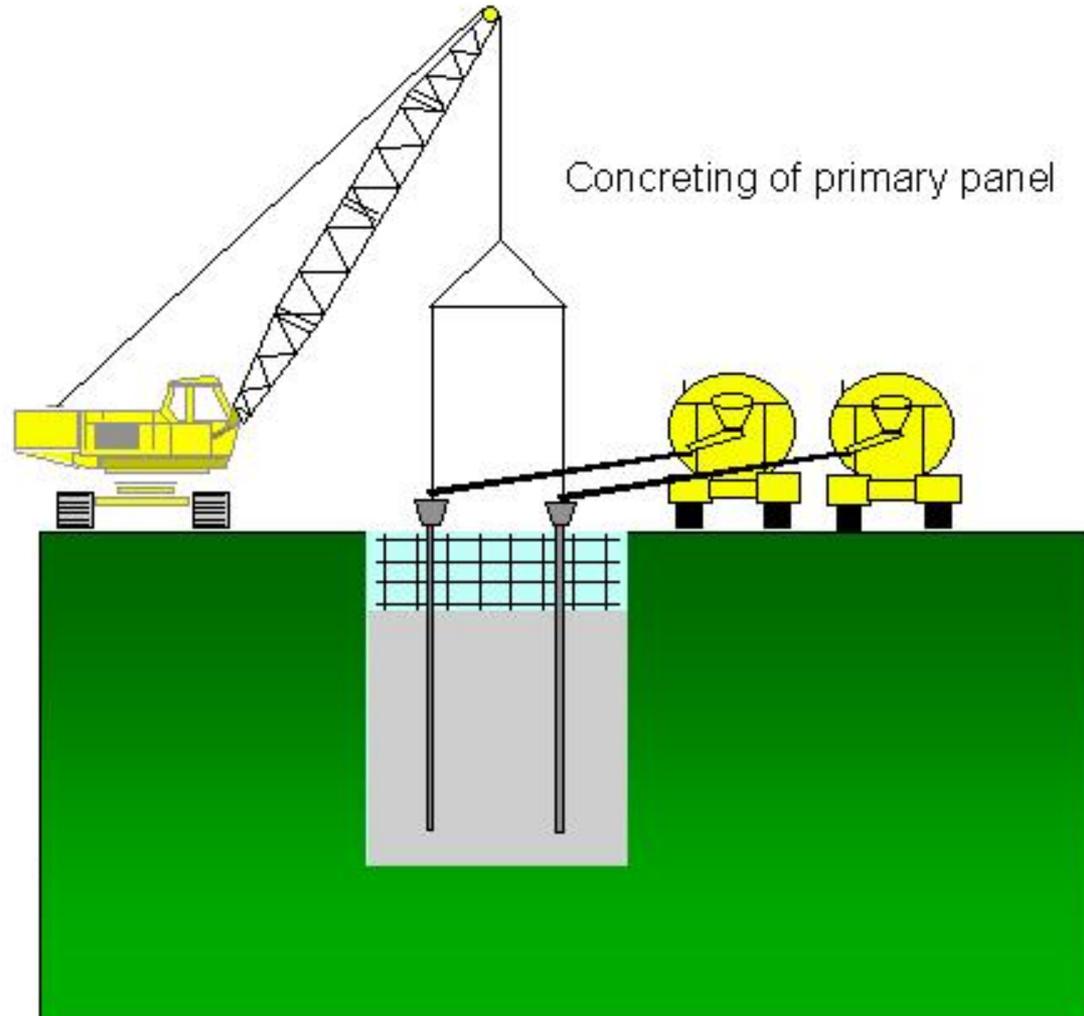
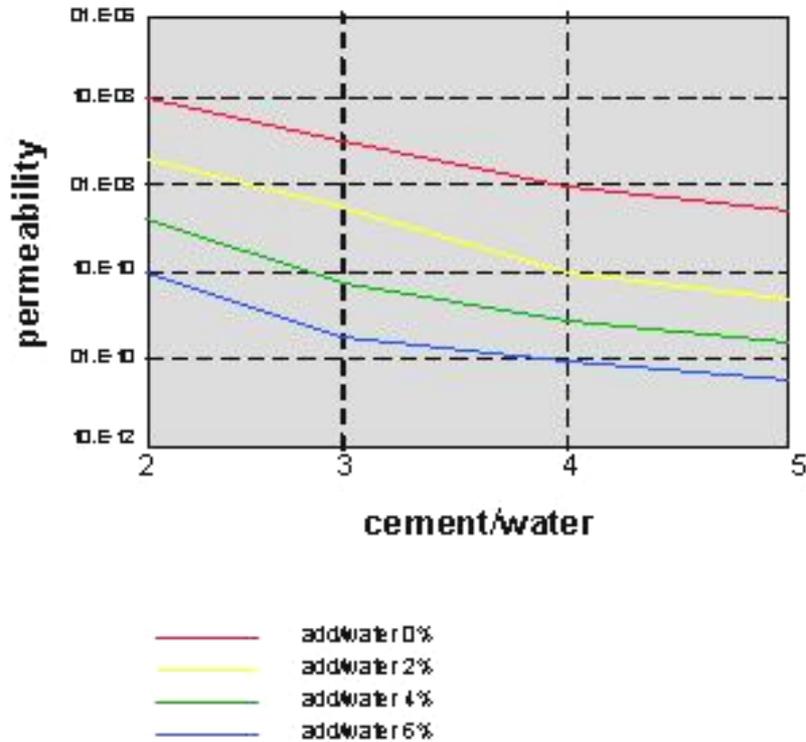
Diaframmi Plastici

Diaframma plastico: opera con finalità di tenuta idraulica e dotata di notevole deformabilità

$$E = (1/100 - 1/1000)E_c$$



Diaframmi in calcestruzzo plastico



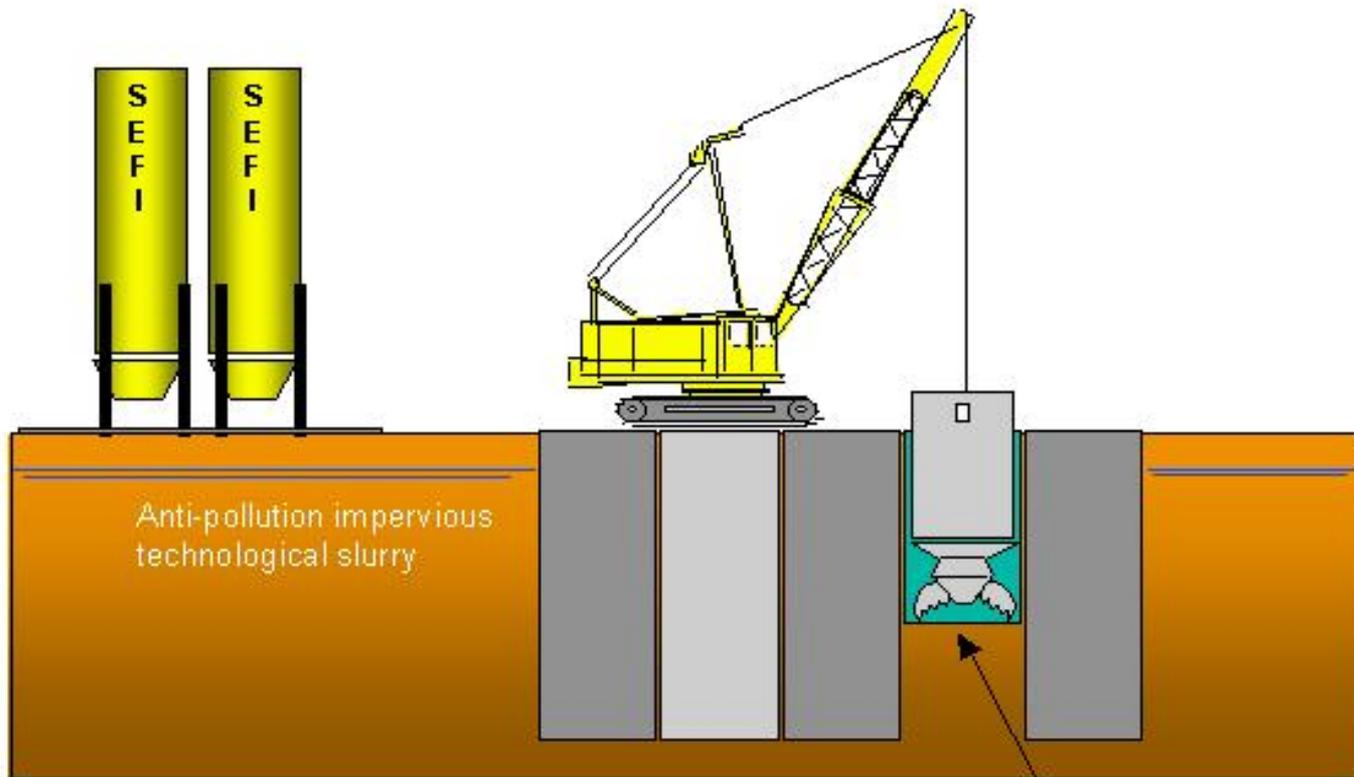


Barriere Cemento-Bentonite (CB)-1



Barriere Cemento-Bentonite (CB)-2

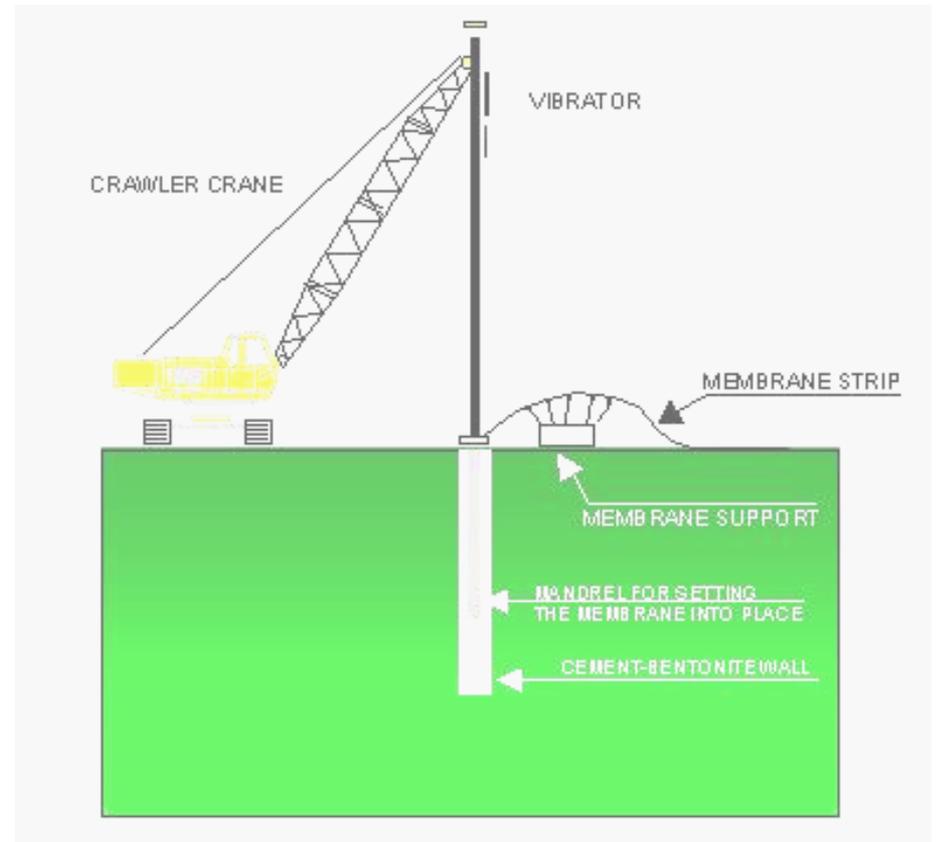
Secondary panel excavation and simultaneous slurry filling



Anti-pollution impervious technological slurry

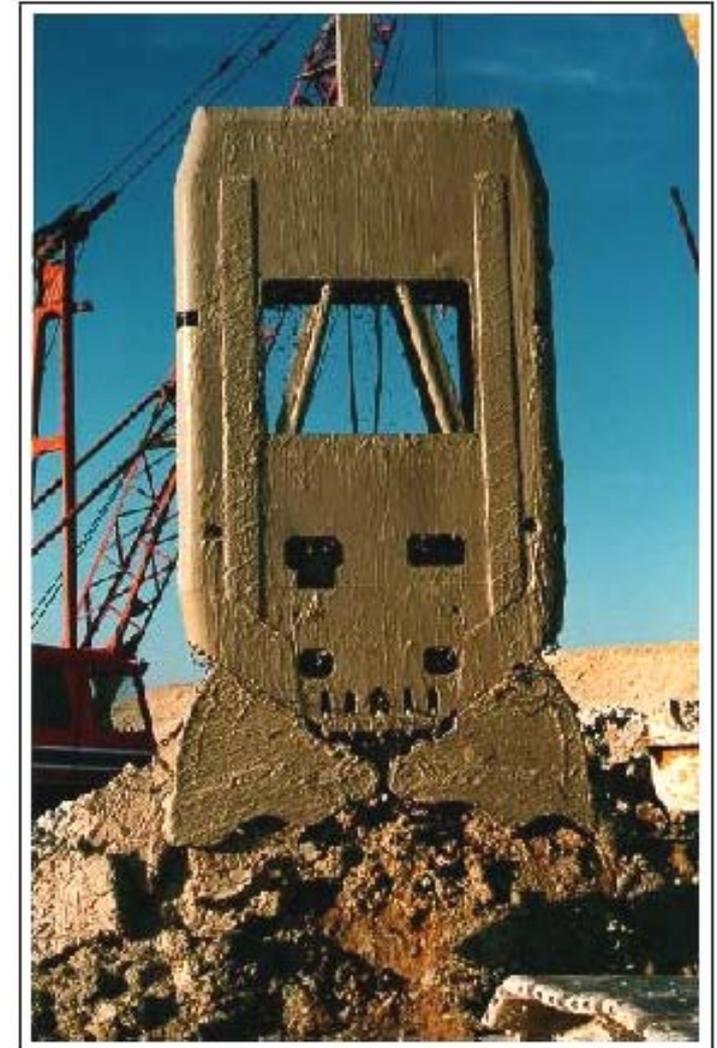
This slurry ensures the stability of the excavation

Barriere Composite



Vantaggi delle miscele CB

- ✓ elevata velocità di esecuzione (contemporaneità delle operazioni di scavo e di getto);
- ✓ mancanza di giunti tra pannelli contigui e quindi assoluta continuità del diaframma;
- ✓ maggiore uniformità ed omogeneità del getto;
- ✓ elevate proprietà tixotropiche che consentono di riscavare tratti già in opera;





DM 471/99: prevedeva che il completamento degli interventi di messa in sicurezza permanente e la conformità degli stessi al progetto approvato non può comunque essere accertato se non decorsi *5 anni* dall'effettuazione del primo **controllo**



Controlli in Fase di Progetto

- ✓ caratteristiche dei prodotti inquinanti
- ✓ caratteristiche del suolo e sottosuolo dell'area da isolare e proteggere
- ✓ caratteristiche idrogeologiche del sito



Controlli in Fase Esecutiva

- ✓ definizione delle caratteristiche delle materie prime impiegate (acqua, bentonite, cemento)

- ✓ definizione delle caratteristiche della miscela CB ottenuta)



Monitoraggio post-operam

- ✓ integrità del diaframma
- ✓ livello di falda interno ed esterno
- ✓ qualità delle acque)



Obiettivi del monitoraggio post-operam

Il monitoraggio post-operam dei sistemi di contenimento deve comprendere:

- ✓ monitoraggio del livello di falda (esterno e interno)
- ✓ monitoraggio della qualità delle acque
- ✓ monitoraggio dell'integrità della barriera
- ✓ verifica dell'immorsamento (solo nella fase di collaudo iniziale)



Indagini per il monitoraggio post-operam

- ✓ Indagini geofisiche (GPR, metodi elettromagnetici, metodi elettrici)
- ✓ prove di permeabilità in foro di sondaggio e in laboratorio sui materiali costituenti la barriera
- ✓ prove con piezocono (CPTU)
- ✓ prove con piezometro

Conclusioni

- ✓ Le barriere verticali rappresentano in Italia la tecnologia di messa in sicurezza permanente più diffusa.
- ✓ Il DM 471/99 prevede che il completamento degli interventi di messa in sicurezza permanente non può essere accertato se non decorsi 5 anni dall'effettuazione del primo controllo
- ✓ La necessità di un'azione di monitoraggio post-operam delle performance è sicuramente uno degli aspetti più delicati delle tecniche di macroincapsulamento
- ✓ Le metodologie di indagine possono variare fortemente in relazione alla tecnologia esecutiva
- ✓ Vista la necessità di elevate prestazioni, soprattutto dal punto di vista della tenuta idraulica del sistema, si ritiene indispensabile iniziare la fase di monitoraggio già nella fase costruttiva