

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE
DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E
POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE
POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108

Responsabile Unico del Procedimento
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario
Acqua Campania S.p.A.
Direttore Generale
Area Tecnica
(Ing. Gianluca Maria SALVIA)

I Progettisti



Coordinatore responsabile della
Integrazione delle Prestazioni
Specialistiche

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Febbraio 2022	Integrazioni richieste dal Comitato Speciale (DPCM 4/11/2021)	P. Fantini	G. Ragazzo	F. Rossi
TITOLO : RELAZIONE TECNICA GALLERIA DI DERIVAZIONE E OPERE CONNESSE - ALLEGATO - APPLICABILITA' DELL'USO DEL RAISE-BORING PER LO SCAVO DEL POZZO PIEZOMETRICO			Progettazione: 		
Allegato	ED.02.7.8		Revisione:	0	Scala: -

INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	2
2.1.	Letteratura scientifica	2
3.	ASPETTI FUNZIONALI DEL POZZO PIEZOMETRICO	3
4.	CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	4
4.1.	Stato tensionale <i>in situ</i>	4
4.2.	Caratterizzazione geomeccanica.....	4
5.	APPLICABILITÀ DEL RAISE BORING AL POZZO PIEZOMETRICO	5
6.	CONCLUSIONI	7

1. INTRODUZIONE

Il pozzo piezometrico è un'opera che rientra nell'ambito del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Utilizzo idropotabile delle acque dell'invaso di Campolattaro e potenziamento dell'alimentazione potabile per l'area beneventana".

Il presente elaborato descrive le valutazioni del progettista inerenti alla possibilità di utilizzare il *raise boring* nella realizzazione del pozzo piezometrico.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1. LETTERATURA SCIENTIFICA

- [1] N. R. Barton (2013), Integrated empirical methods for the design of tunnels, shafts and caverns in rock, based on the Q-system, 3er Simposio Internacional sobre túneles y lumbreras en suelos y roca
- [2] M. Hudyma & Y. Potvin (2017), Considerations for large-diameter raise boring, Underground Mining Technology;
- [3] A. Penney, R. Stephenson, M. Pascoe (2018), Raise bore stability and risk assessment empirical database update
- [4] E.J. Walls, W.C. Joughin, and H-D. Paetzold (2019), Geotechnical data analysis to select a feasible method for development of a long axis, large diameter vertical ventilation shaft
- [5] Warren A. Peck and Max F. Lee, Application of the Q-system to Australian underground metal mines
- [6] Zhiqiang Liu, Yiping Meng (2014), Key technologies of drilling process with raise boring method, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering

3. ASPETTI FUNZIONALI DEL POZZO PIEZOMETRICO

La sezione funzionale di quest'opera dipende in primo luogo dal dimensionamento idraulico che fornisce il diametro nominale necessario per la condotta interna. Tale condotta è dimensionata con un diametro interno di 2200 mm ed è caratterizzata da una tubazione metallica di spessore 150 mm, ancorata al rivestimento definitivo del pozzo. Oltre a tale condotta, il pozzo ospita altresì una scala ed un impianto di illuminazione, dispositivi necessari per consentire ispezioni di controllo ed eventuali interventi manutentivi. Si sottolinea come, nel definire i criteri di funzionalità del pozzo piezometrico, si sia preso in considerazione il parere tecnico della Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (Divisione III) del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti che riporta la seguente raccomandazione:

“Si raccomanda di prevedere la presenza di adeguati presidi (es.: scale, illuminazione, ecc) per consentire l'ispezione visiva periodica nonché di sistemi di monitoraggio in remoto”.

Al fine di contenere gli elementi sopra menzionati, il pozzo presenta un diametro interno minimo di 5 m. Il pozzo piezometrico ha, inoltre, una profondità di circa 80 m.

Il pozzo, centrato sull'asse del tunnel, garantisce:

- ✓ l'allocazione del tubo avente funzione di pozzo piezometrico per la condotta di derivazione;
- ✓ l'installazione delle apparecchiature idrauliche a servizio del tubo sopra menzionato;
- ✓ l'accesso per manutenzione e ispezione per tutti gli impianti contenuti.

Il pozzo emerge in superficie con un manufatto sommitale circolare di diametro interno 9,20 m e di altezza netta 3,50 m. La copertura è dotata di botola apribile ovvero di elementi fissi, asportabili in caso di necessità, per assicurare lo sfilamento, ai fini della sostituzione, della tubazione DN 2200.

Al di sopra della soletta di copertura un riempimento in terreno vegetale permetterà l'installazione di un giardino pensile per rinverdire il tetto al fine di favorire l'inserzione dell'opera nell'ambiente circostante.

Alcune aperture perimetrali permettono l'ingresso e l'uscita dell'aria per consentire i flussi d'aria che si generano durante i transitori di moto vario. Il manufatto sommitale consente, infine, l'alloggiamento di un dispositivo a fune per il calo di un cestello all'interno del tubo DN 2200 finalizzato a ispezioni periodiche durante la vita dell'opera.

Un solaio in lamiera grigliata è, infine, previsto ad una quota di 2,40 m al di sotto del piano di calpestio del manufatto, con lo scopo di accedere alla condotta del pozzo. Si arriva a questa piattaforma tramite una scala metallica.

4. CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il contesto geologico e idrogeologico è stato definito grazie alla realizzazione del sondaggio CL9 ubicato in prossimità del pozzo piezometrico.

4.1. STATO TENSIONALE *IN SITU*

Lo stato tensionale è influenzato sia dai materiali attraversati sia dalla profondità. I primi metri di scavo risentono della vicinanza con il versante facendo supporre una rotazione delle tensioni principali ed una riduzione del k_0 al di sotto dell'unità. Scendendo in profondità, il k_0 risulterà più prossimo ad uno. Nel dettaglio si riassume il valore del coefficiente di spinta a riposo così come riportato nella relazione di caratterizzazione geotecnica.

- ✓ In caso dei terreni più superficiali il coefficiente di spinta è calcolato secondo la formula di Jaky (1944): $k_0 = 1 - \sin \phi'$
- ✓ In caso di ammassi rocciosi il coefficiente di spinta è calcolato attraverso prove dilatometriche e pressiometriche realizzate a differenti profondità.

Facendo riferimento alla relazione di caratterizzazione geotecnica DOC.RT.4.01, i seguenti valori di coefficienti di spinta a riposo sono stati considerati nei calcoli di dimensionamento:

- ✓ $k_0(\text{FYRag}) = 0,6$
- ✓ $k_0(\text{FYRc}) = 1,1 \quad z < 30 \text{ m}$
- ✓ $k_0(\text{FYRc}) = 0,9 \quad z > 30 \text{ m}$

4.2. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Il sondaggio CL-9 è stato eseguito in prossimità dell'opera da realizzare, permettendo di definire la stratigrafia e la tipologia dei materiali da attraversare. Un altro sondaggio poco distante (CL-8) risulta altrettanto utile per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Dopo un primo strato di circa 1,70 m di terreno vegetale superficiale, si incontra uno strato detritico costituito da limi sabbiosi alterati con sabbie fini e piccoli calcarei fino ad una profondità di circa 5,50 m.

La stratigrafia prosegue con alternanze di calcari fratturati e calcarenite (FYRc) a grana medio-grossa in strati di 1 – 1,50 m, mediamente fratturata, a resistenza tra media e debole con brevi passaggi più teneri alternati ad argilliti e limi giallastri con ciottoli calcarei (FYR ag).

Ad una profondità di circa 32 m e fino alla fine del pozzo si ritrova un ammasso roccioso più competente, sempre afferente alla formazione litologica FYRc. L'ammasso roccioso si presenta, tuttavia, molto fratturato con RQD molto basso.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla relazione geotecnica.

5. APPLICABILITÀ DEL RAISE BORING AL POZZO PIEZOMETRICO

Il metodo del *raise boring* per lo scavo di pozzi presenta notevoli vantaggi in termini economici, di sicurezza e rapidità di esecuzione rispetto alle tradizionali tecniche di scavo.

Tuttavia, l'utilizzo del *raise borer* prevede che le pareti del pozzo non siano sostenute durante il processo di scavo affidando, dunque, la capacità di sostegno del cavo alle sole proprietà geomeccaniche del mezzo attraversato. Appare evidente, quindi, che tale tecnica desti maggiore preoccupazione circa la sua applicabilità nelle zone esposte agli agenti atmosferici in prossimità della superficie (compresi i materiali della sequenza di copertura), nelle zone di faglia, nelle zone sfavorevoli di alterazione e fratturazione, in condizioni di ammasso roccioso altamente anisotrope e in presenza di battenti idraulici. Analizzando il contesto nel quale il pozzo piezometrico sarà realizzato, con riferimento al capitolo precedente, molte criticità sopra descritte vengono incontrate.

La stabilità delle pareti di scavo è, inoltre, un comportamento dipendente dal tempo, elemento di incertezza difficile da stimare. La perdita di stabilità può, infatti, verificarsi a causa degli agenti atmosferici e della sensibilità alle variazioni di umidità provocate dall'esposizione della roccia all'ambiente a seguito dell'alesaggio, nonché da cambiamenti tensionali o deformativi.

Nella figura seguente sono evidenziate le instabilità più frequentemente incontrate.

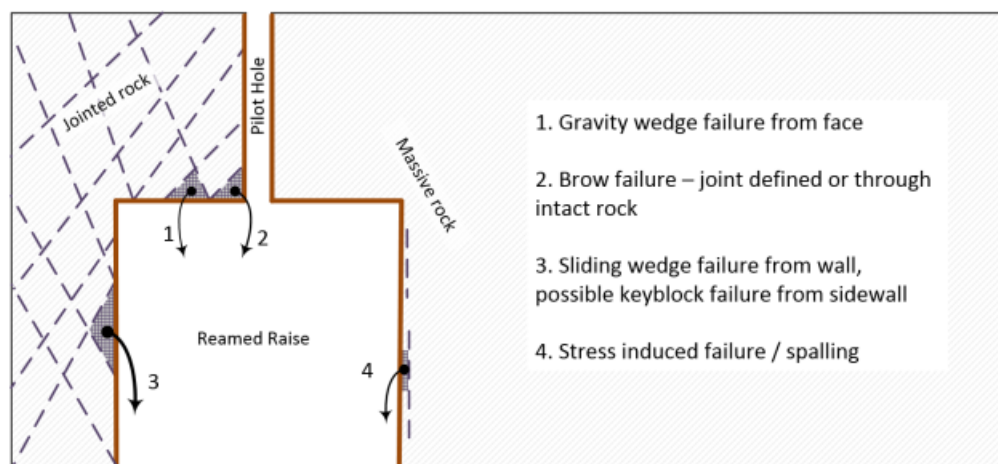


Fig. 5.1 – Instabilità più frequenti (McCracken & Stacey, 1989)

Per una valutazione più completa dell'applicabilità del *raise boring* al pozzo piezometrico, è stata eseguita una valutazione sulla stabilità del pozzo seguendo l'approccio di McCracken e Stacey (1989) (di seguito metodo M&S). Questo metodo si basa principalmente sul sistema Q (Barton et al, 1974), con l'applicazione di fattori di modifica minori.

Nella relazione geotecnica vengono riportati i valori di RMR stimati lungo la profondità e da cui sono stati ottenuti i valori del parametro Q secondo la correlazione di Barton 1995. La premessa del metodo M&S è quella di determinare il valore Q_R appropriato, valutando il valore Q e applicando vari fattori di aggiustamento ritenuti rilevanti per la stabilità delle

pareti di scavo. Secondo quanto proposto dal metodo M&S, il valore del Q di Barton viene corretto come segue:

$$Q_R = Q \cdot (\text{Adjust}_{\text{wall}} \cdot \text{Adjust}_{\text{orientation}} \cdot \text{Adjust}_{\text{weathering}})$$

I fattori di correzione sono stati introdotti nel metodo M&S per tenere conto delle condizioni specifiche del *raise boring*; questi includono fattori per la parete laterale, l'orientamento del fronte di scavo (rispetto a discontinuità persistenti dominanti) e il potenziale di alterazione dell'ammasso roccioso. Con riferimento a Barton [1], la correzione apportata dai tre fattori di correzione può essere assunta, per pareti verticali, pari a:

$$Q_R = 5 \cdot Q$$

Il metodo M&S utilizza la seguente equazione per determinare lo *span* stabile massimo.

$$\text{Span}_{\text{max}} = 2 \cdot \text{RSR} \cdot Q_R^{0.4}$$

Dove RSR è il rapporto di stabilità del cavo, termine relativo all'assegnazione di un profilo di rischio accettabile. Un valore pari a 1.3 è normalmente utilizzato in caso di pozzi realizzati con il *raise borer*.

Considerando un diametro di scavo di circa 6.7 m, si riportano, di seguito, i valori di Q_R sul grafico di M&S.

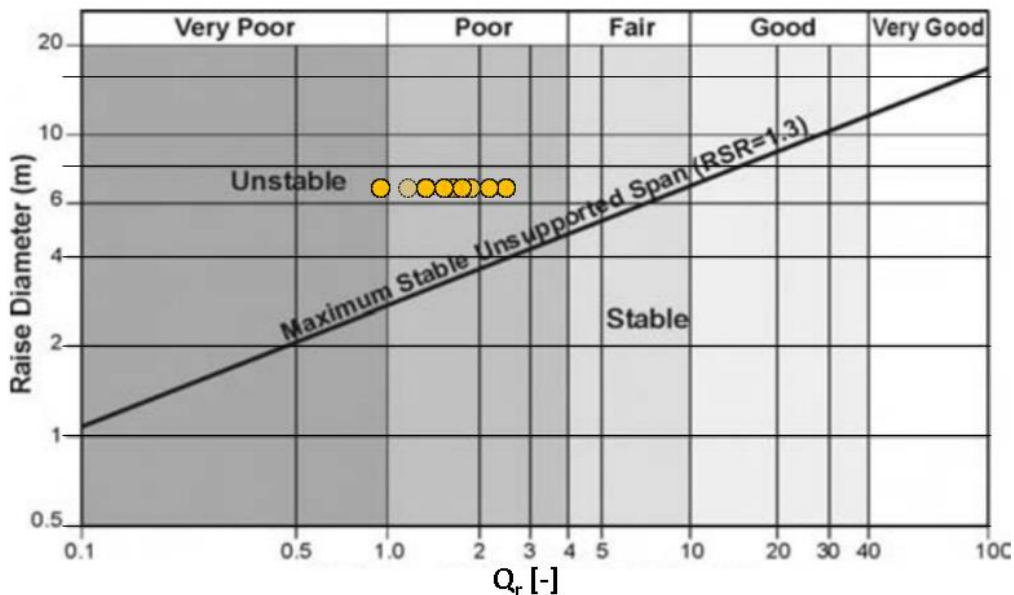


Fig. 5.2 – Diametro e stabilità di scavi con *raise borer* (McCracken & Stacey, 1989)

La figura sopra riportata evidenzia, per il diametro di scavo di progetto, un'instabilità del cavo.

Attraverso la formula precedente si stima il massimo diametro stabile non sostenuto (*MSUS, Maximum Stable Unsupported Span*) in funzione della profondità. Il risultato di quest'analisi viene, di seguito, riportato in figura.

Maximum Stable Unsupported Span (MSUS)

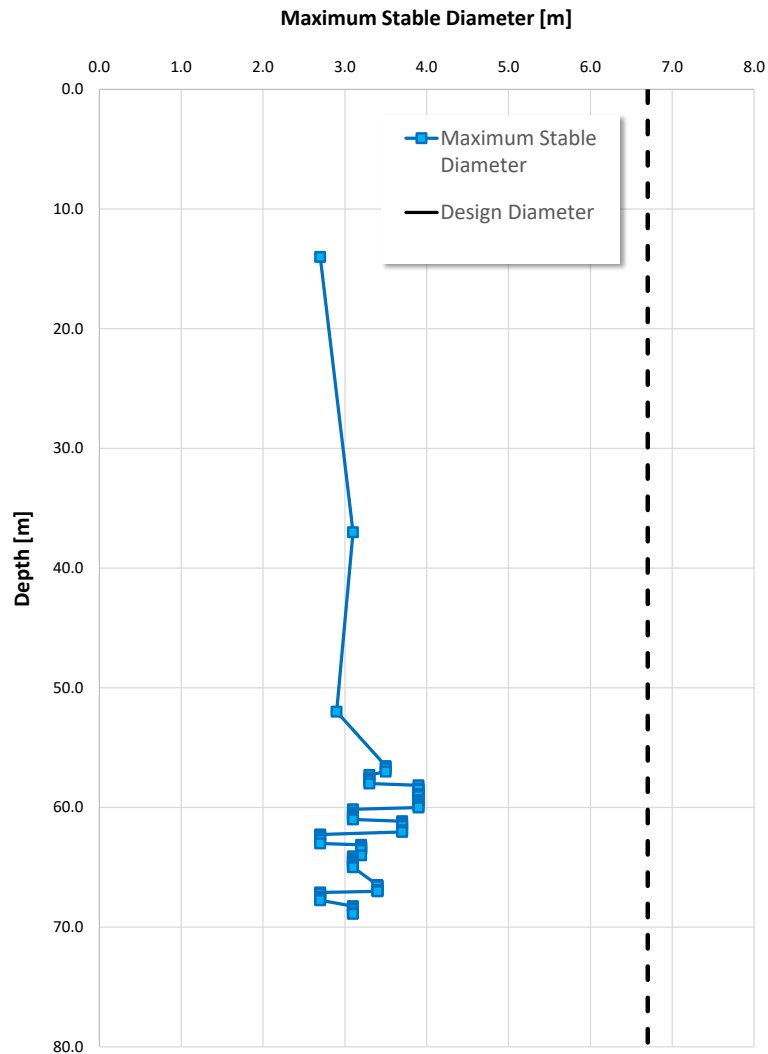


Fig. 5.3 – MSUS, Maximum Stable Unsupported Span (McCracken & Stacey, 1989)

6. CONCLUSIONI

Le evidenze empiriche mostrano che, nel contesto idrogeologico riscontrato, la tecnica del *raise boring* può essere applicata, con ragionevole sicurezza in termini di stabilità del cavo, a diametri di scavo compresi tra i 3 m e i 4 m e a partire da profondità superiori ai 50 m. Negli strati più superficiali, il foro risulta instabile per diametri maggiori ai 3 m.

La tecnica del *raise boring* non risulta, pertanto, adeguata al diametro di scavo di progetto (circa 6.7 m), risultante dalle esigenze funzionali da garantire in fase di esercizio dell'opera, nel contesto idrogeologico evidenziato dai sondaggi CL8 e CL9.