INTEGRAZIONI ISTRUTTORIA VIA

CDED 17: ATTRAVERSAMENTO DEL TORRENTE BRANEGA

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA
ADEGUAMENTO DEL SISTEMA A7 – A10 – A12

PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1 PREMESSA 3

2 ATTRAVERSAMENTO TORRENTE BRANEGA CON SCAVO GALLERIE 4

2.1 Inquadramento geologico, geomeccanico e progettuale 4

2.2 Metodologie di scavo 7

2.3 L’attraversamento del torrente Branega 9

1 PREMESSA

La Commissione tecnica VIA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), nella nota DVA-2012-0002060 del 27/01/2012, ha richiesto di "*approfondire le problematiche ambientali che potrebbero insorgere dalla realizzazione del progetto della galleria al di sotto dell'alveo del torrente Branega*" (punto 1.21).

Anche la Regione Liguria, nel Parere n. 270 del 25/10/2011 formulato dal Comitato tecnico Regionale per il territorio – Sezione per la Via (allegato alla DGR 1345 del 11/11/2011), "*ritiene necessario segnalare che particolari problematiche potrebbero insorgere durante la realizzazione delle gallerie al di sotto dell'alveo del Branega. Le caratteristiche della roccia al di sotto dell'alveo del Torrente e la limitata distanza tra la galleria ed il fondo alveo potrebbero causare un'improvvisa e cospicua infiltrazione delle acque superficiali, con prosciugamento del corso d'acqua. Questo fatto, oltre alle problematiche di carattere ambientale, potrebbe avere risvolti sulla sicurezza del cantiere in galleria*." (punto 6.13b).

Il presente documento è redatto in risposta al punto 1.21 della richiesta di integrazioni del MATTM, relativo al quadro di riferimento ambientale dello SIA, ed alle osservazioni della Regione Liguria (punto 6.13b).

2 ATTRAVERSAMENTO TORRENTE BRANEGA CON SCAVO GALLERIE

2.1 Inquadramento geologico, geomeccanico e progettuale

Il torrente Branega viene sotto attraversato dalle due canne autostradali della galleria Amandola alla progressiva chilometrica 6+100 circa. Le formazioni geologiche interessate dallo scavo delle due gallerie, in corrispondenza di tale zona, sono principalmente serpentiniti e secondariamente calcescisti. Come si può notare dalla Figura 1, la minima copertura delle gallerie, in corrispondenza dell'alveo del torrente, è di circa 13 m per poi aumentare allontanandosi dall'alveo e raggiungere rapidamente i 25 – 30 m.

L'ammasso roccioso in tale tratta della galleria Amandola è stato investigato da rilievi geologico strutturali sugli affioramenti rocciosi, da sondaggi (denominati VV4 e SGG7), da prove in sito eseguite in foro di sondaggio per valutare le proprietà geomeccaniche (resistenza al taglio e deformabilità) e da prove di permeabilità tipo Lugeon per valutare la permeabilità dell'ammasso roccioso. Per quanto concerne le prove di permeabilità, esse hanno evidenziato una notevole variabilità del coefficiente di permeabilità con valori compresi fra 10-6 e 5 x 10-8 m/s.

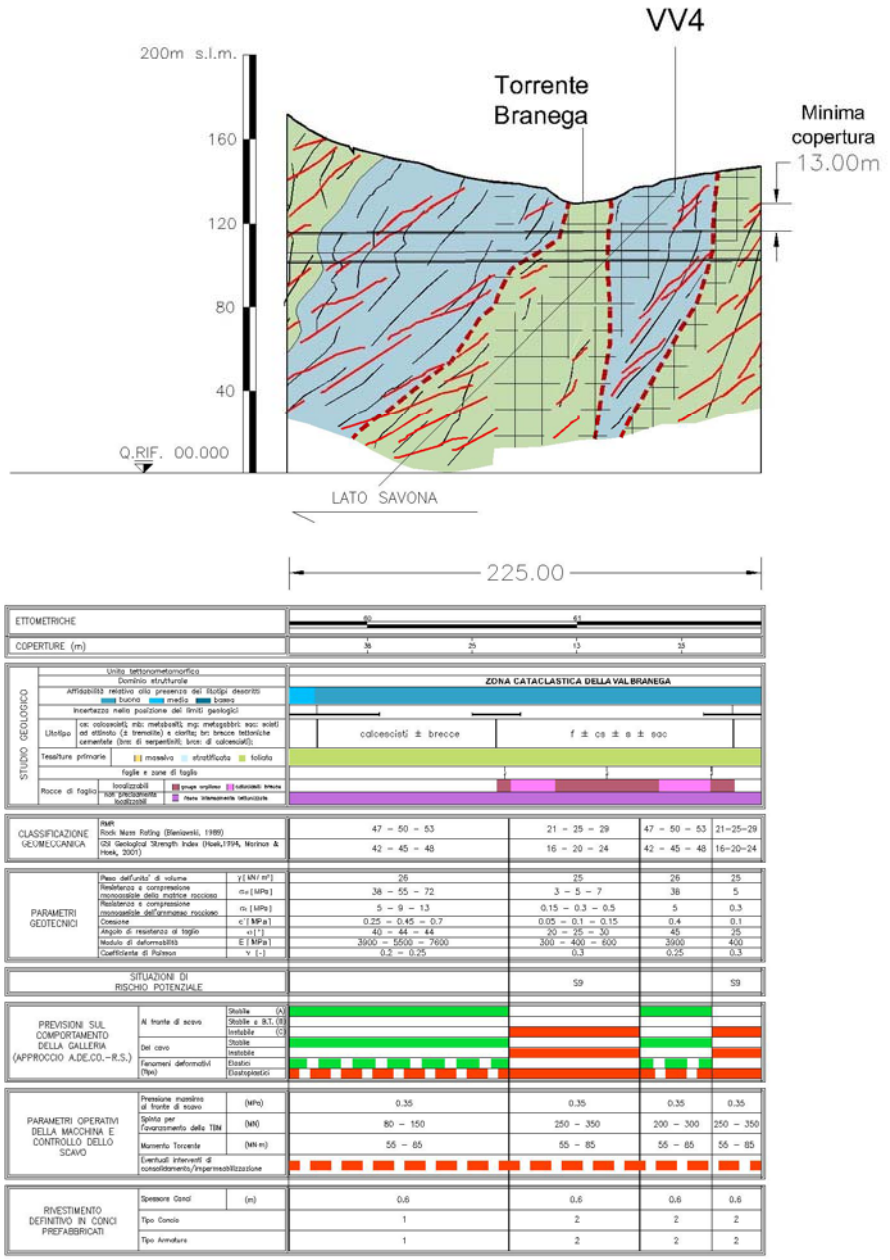
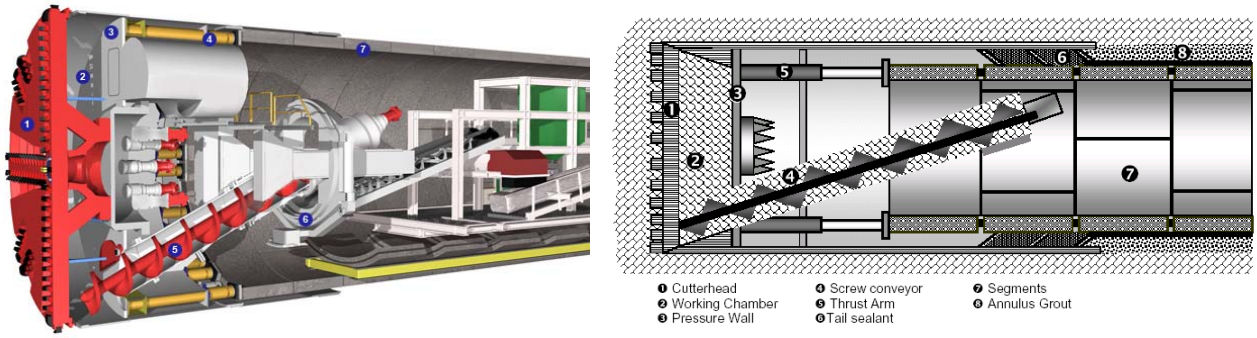


Figura 1 – Estratto del profilo longitudinale geologico, geomeccanico e progettuale in corrispondenza del sotto attraversamento del torrente Branega

La soluzione progettuale adottata per la realizzazione delle due gallerie autostradali prevede lo scavo meccanizzato mediante l'impiego di una TBM (Tunnel Boring Machine) scudata del diametro di circa 14 m con un rivestimento in conci prefabbricati dello spessore di 60 cm.

Proprio per tenere conto delle problematiche ambientali relative alla presenza del corso d'acqua, dell'acquifero di alimentazione dello stesso corso d'acqua e della presenza di flora e fauna pregiata, è prevista l'adozione di una EPB (Earth Pressure Balance) o di una Hydroshield (la scelta definitiva tra i due possibili sistemi verrà operata in sede di Progetto Esecutivo). Tali due sistemi di scavo delle gallerie sono, infatti, in grado di operare sotto falda limitando il drenaggio operato dallo scavo di avanzamento della galleria in quanto la tecnologia della macchina permette di controbilanciare le spinte esterne dell'ammasso roccioso al contorno dello scavo e la pressione dell'acqua interstiziale, utilizzando lo stesso terreno di scavo. Il sistema adottato è, infatti, a tenuta idraulica; la tenuta è garantita da un insieme di guarnizioni poste sulla circonferenza, tra lo scudo ed il rivestimento posto in opera, e, sul fronte, da una camera stagna all'interno della quale è presente il terreno stabilizzante che viene mantenuto ad una pressione tale da garantire la stabilità del fronte e limitare il drenaggio (Figura 2).



Legenda relativa al secondo schema: 1 = testa di taglio, 2 = camera di scavo o di lavoro, 3 = diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo, 4 = coclea di smarino, 5 = martinetti di spinta, 6 = sigillante di coda, 7 = rivestimento in conci prefabbricati, 8 = iniezioni di intasamento a tergo dei conci del rivestimento.

Figura 2 – Schemi illustrativi di uno scudo chiuso a contropressione di terra.

Nel paragrafo successivo vengono brevemente descritti i due sistemi di scavo sopra citati.

2.2 Metodologie di scavo

Come sopra ricordato, la soluzione progettuale adottata per la realizzazione delle due gallerie autostradali prevede lo scavo meccanizzato mediante l'impiego di una TBM (Tunnel Boring Machine), del tipo EPB (Earth Pressure Balance) o Hydroshield.

Per entrambi i sistemi di scavo la tecnologia della macchina permette di controbilanciare le spinte esterne dell'ammasso roccioso al contorno dello scavo e la pressione dell'acqua interstiziale, utilizzando lo stesso terreno di scavo.

Nella macchina EPB, il terreno stabilizzante è creato direttamente con il terreno scavato, reso impermeabile dall'azione degli agenti condizionanti e messo in pressione dalla corretta gestione dello scavo. La pressione è generata dalla spinta dei martinetti di avanzamento, unitamente al controllo della velocità di rotazione di una coclea la cui testa è all'interno della camera stagna e che provvede all'estrazione del materiale scavato. Il materiale estratto viene avviato allo smaltimento da nastri trasportatori. Nel caso della Hydroshield, la contropressione alle pareti del fronte viene fornita da materiali a grana fine diluiti con acqua immessi all'interno della camera stagna. La pressione della miscela di materiale a grana fine viene regolata attraverso un apposito sistema comprendente una serie di valvole. Il materiale scavato viene, in questo caso, estratto direttamente dal circuito della miscela di materiale a grana fine utilizzato per sostenere il fronte.

Occorre menzionare che l'applicazione di tali tecnologie di scavo non solo nei terreni ma anche negli ammassi rocciosi si è progressivamente sempre più diffusa, in quanto l'esigenza di realizzare infrastrutture sotterranee e gallerie anche in condizioni di ammassi rocciosi variamente fratturati in presenza di importanti carichi idraulici e di gas è sempre maggiore in tutto il mondo.

Con riferimento alla Figura 3, le macchine TBM scudate descritte possono operare in modo chiuso (con camera piena di materiale scavato, condizionato e pressurizzato) e in modo aperto (camera parzialmente piena di materiale scavato, condizionato ma non pressurizzato).

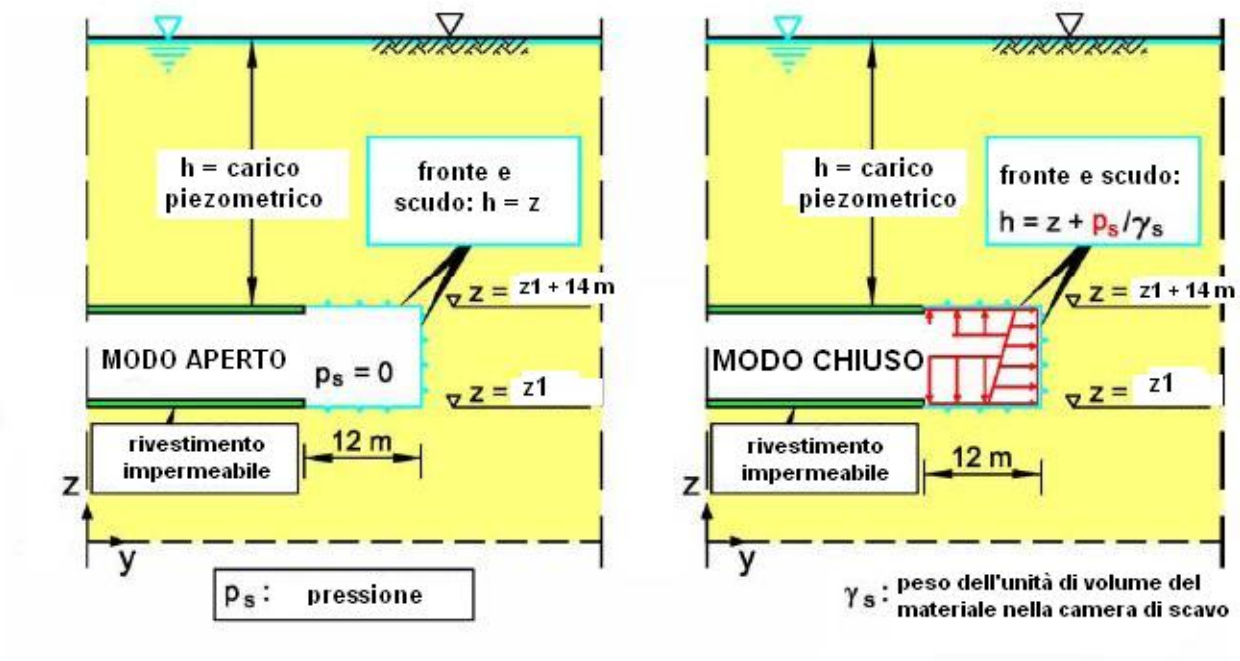
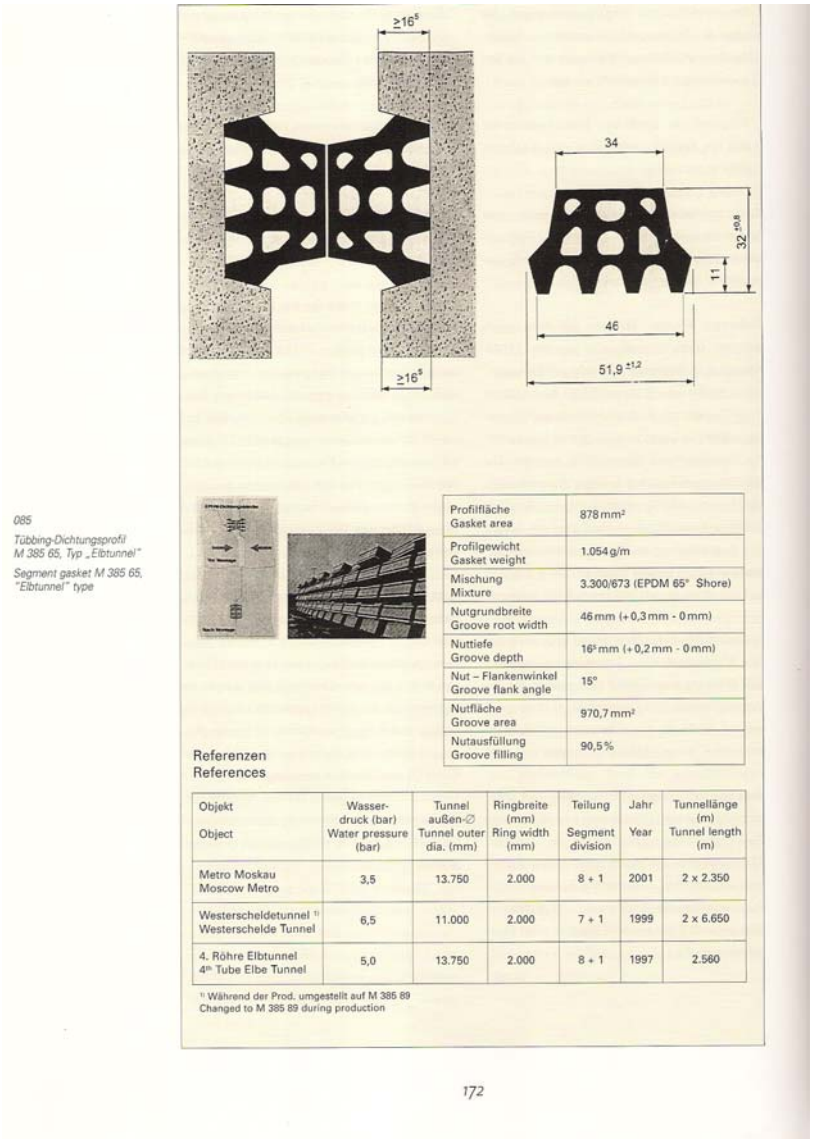


Figura 3 – Condizioni al contorno presenti in corrispondenza del fronte e dello scudo della TBM: a) modalità di scavo in modo aperto; b) modalità di scavo in modo chiuso

Le due modalità di scavo sono applicate in funzione delle condizioni geomeccaniche presenti al fronte.

Relativamente al rivestimento definitivo della galleria, in conci prefabbricati dello spessore di 60 cm, occorre inoltre evidenziare che essi verranno realizzati con calcestruzzo armato di elevata resistenza (classe di resistenza C35/45) ovverosia con una resistenza caratteristica cubica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni pari a 45 MPa. Inoltre lungo il perimetro di ciascun concio è prevista un'apposita guarnizione che garantisce una completa tenuta idraulica relativamente ai livelli piezometrici esistenti a tergo del rivestimento definitivo. Nella Figura 4, sono mostrati degli esempi di guarnizioni, adottate per i rivestimenti definitivi di gallerie realizzate con TBM, dimensionati, realizzati e controllati per resistere ad elevati battenti d'acqua e garantire, conseguentemente, la totale impermeabilizzazione del rivestimento definitivo della galleria.



085
Tübbing-Dichtungsprofil M 385 65, Typ „Elbtunnel"
Segment gasket M 385 65, "Elbtunnel" type

Profilfläche Gasket area	878 mm²
Profilgewicht Gasket weight	1.054 g/m
Mischung Mixture	3.300/673 (EPDM 65° Shore)
Nutgrundbreite Groove root width	46 mm (+0,3 mm - 0 mm)
Nuttiefe Groove depth	16⁵ mm (+0,2 mm - 0 mm)
Nut – Flankenwinkel Groove flank angle	15°
Nutfläche Groove area	970,7 mm²
Nutausfüllung Groove filling	90,5 %

Referenzen
References

Objekt Object	Wasser-druck (bar) Water pressure (bar)	Tunnel außen-∅ Tunnel outer dia. (mm)	Ringbreite (mm) Ring width (mm)	Teilung Segment division	Jahr Year	Tunnellänge (m) Tunnel length (m)
Metro Moskau Moscow Metro	3,5	13.750	2.000	8 + 1	2001	2 x 2.350
Westerscheldetunnel [1] Westerschelde Tunnel	6,5	11.000	2.000	7 + 1	1999	2 x 6.650
4. Röhre Elbtunnel 4th Tube Elbe Tunnel	5,0	13.750	2.000	8 + 1	1997	2.560

[1] Während der Prod. umgestellt auf M 385 89
Changed to M 385 89 during production

172

Figura 4 – Esempi di guarnizioni di tenuta (gaskets) dei conci del rivestimento definitivo, adottati per la realizzazione di gallerie sotto falda in presenza di elevati battenti d'acqua, al fine di garantire la totale impermeabilizzazione del rivestimento della galleria nel lungo termine in esercizio

2.3 L'attraversamento del torrente Branega

Nella tratta interessata dal torrente Branega sarà adottata una modalità di avanzamento in modo chiuso assumendo nella camera di lavoro una pressione di sostegno (indicata nella Figura 3 con il simbolo p_s) in grado di controbilanciare la pressione esterna dell'acqua. Se

ci riferiamo al tratto più critico relativo al sotto attraversamento del torrente Branega con una copertura di 13 m e assumendo l'ammasso roccioso completamente saturo con un conseguente battente d'acqua di 13 m, con riferimento alla Figura 5, se la pressione del sostegno nella camera di lavoro fosse nulla (modalità di avanzamento in modo aperto; p_s = 0) si avrebbe un drenaggio in corrispondenza del fronte e dello scudo con un possibile abbassamento della superficie piezometrica (indicato con Δh nella Figura 5). Tuttavia la possibilità di operare con una pressione in camera di lavoro della TBM scudata permette di contrastare il drenaggio operato dal cavo.

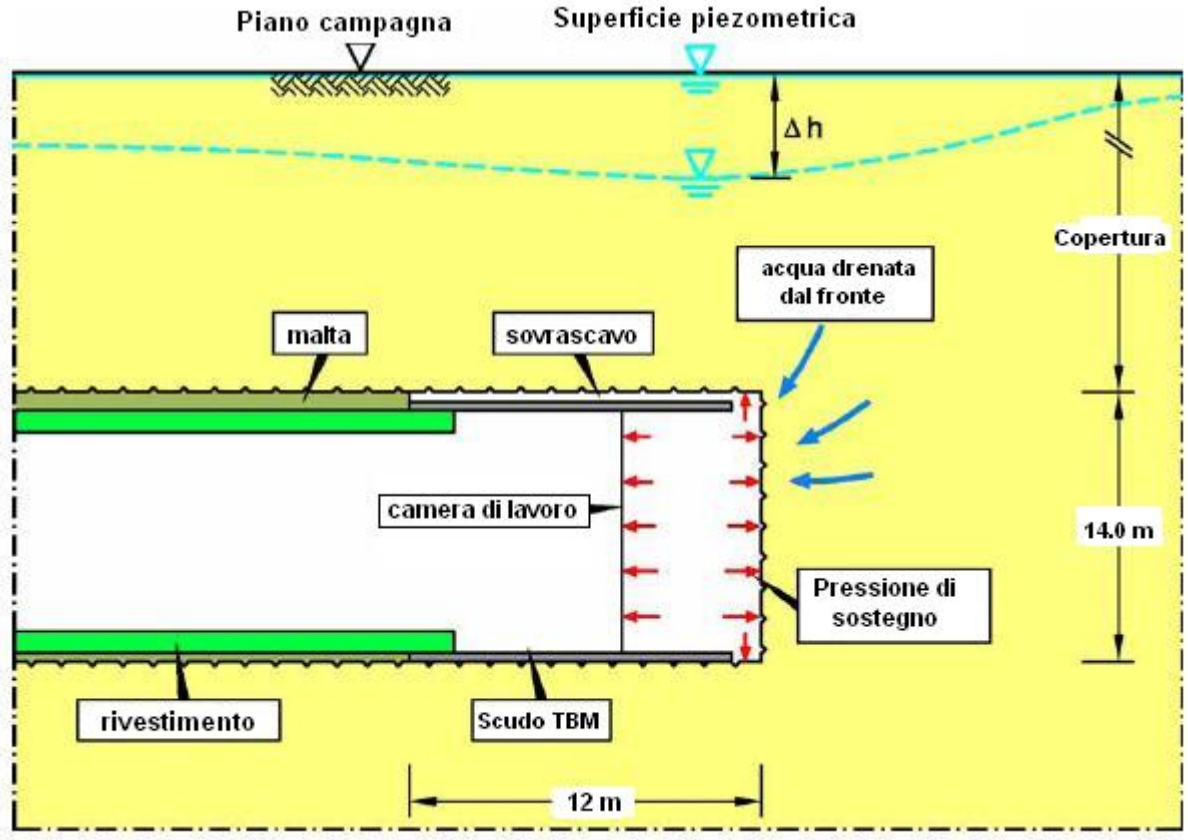


Figura 5 – Scavo meccanizzato con TBM scudata in presenza di un acquifero

A questo riguardo la Figura 6 riporta i valori calcolati delle portate drenate dalla galleria avendo assunto un valore del coefficiente di permeabilità estremamente cautelativo (pari a 10-6 m/s) e avendo considerato due casi: il primo relativo al sottoattraversamento del

torrente Branega con copertura e battente idrostatico di 13 m e un secondo caso relativo alla galleria in avvicinamento ed allontanamento dal torrente con copertura di 35 m e una linea piezometrica coincidente, cautelativamente, anche in questo caso con il piano campagna ovverosia con un battente pari alla stessa copertura di 35 m. Come si può notare dalla Figura 6 anche nel caso di impiego della TBM in modo aperto (senza pressione di sostegno; valore nullo di ps sulla ascisse del grafico di Figura 6), la portata drenata provvisoriamente, prima della messa in opera del rivestimento definitivo impermeabile, risulta modesta e pari, rispettivamente, a circa 0.75 l/s e a 1.2 l/s. Tuttavia per una pressione nella camera di scavo, rispettivamente, pari a circa 1.3 e a 3.5 bar, la portata drenata risulta nulla o meglio praticamente trascurabile.

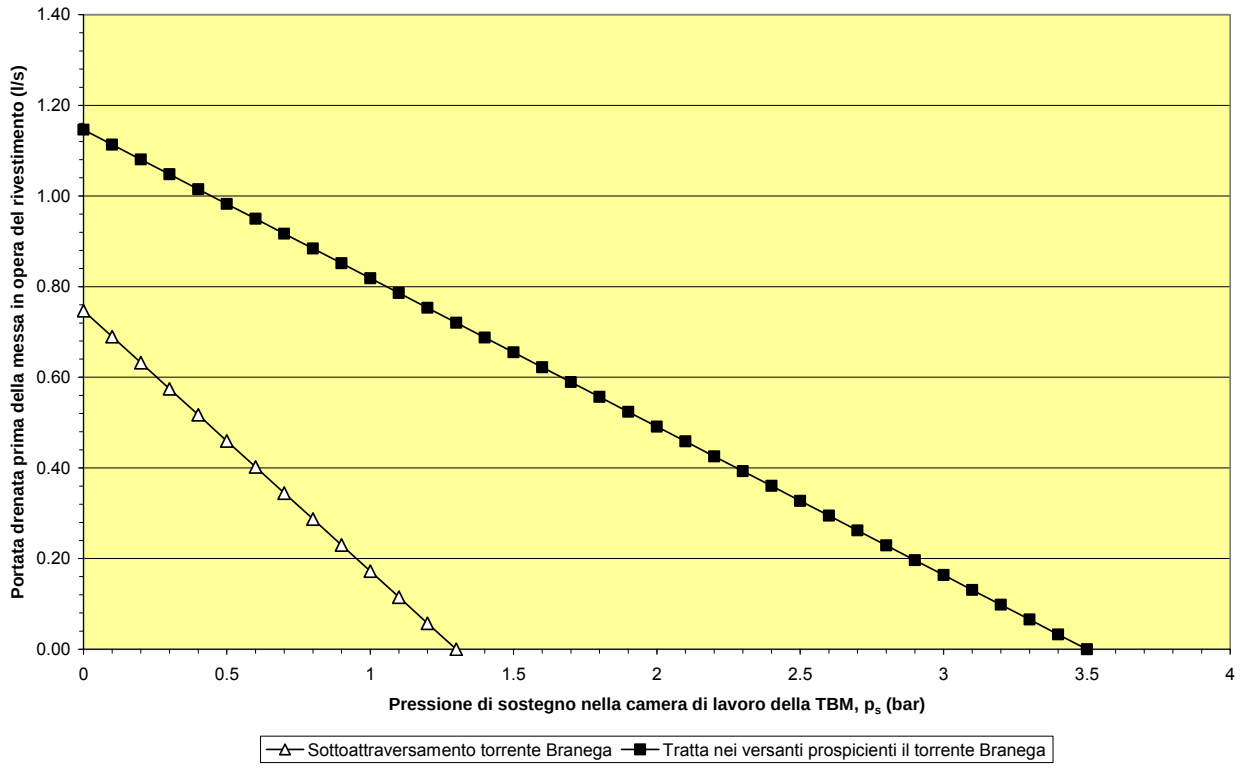


Figura 6 – Risultati analisi di filtrazione e valutazione delle portate drenate, condotte nella zona del fronte di scavo e dello scudo, in funzione della pressione di sostegno nella camera di lavoro prima della messa in opera del rivestimento definitivo impermeabile per: (a) sottoattraversamento torrente Branega; (b) zona prospiciente il torrente Branega con elevata copertura e linea piezometrica assunta coincidente con il piano campagna

In conclusione grazie alla modalità esecutive dello scavo delle due gallerie, nella zona potenzialmente drenante in corrispondenza del fronte di scavo, l'applicazione di un opportuno valore della pressione nella camera di lavoro permette di rendere assolutamente trascurabile il possibile drenaggio operato dal cavo prima della messa in opera dell'anello in conci del rivestimento definitivo che può essere considerato del tutto impermeabile (Figura 7) grazie alla presenza di opportune guarnizioni progettate per poter resistere alla pressione dell'acqua e alle iniezioni che vengono eseguite in corrispondenza della coda dello scudo per garantire il riempimento dello spazio tra estradosso dei conci ed estradosso dello scudo.

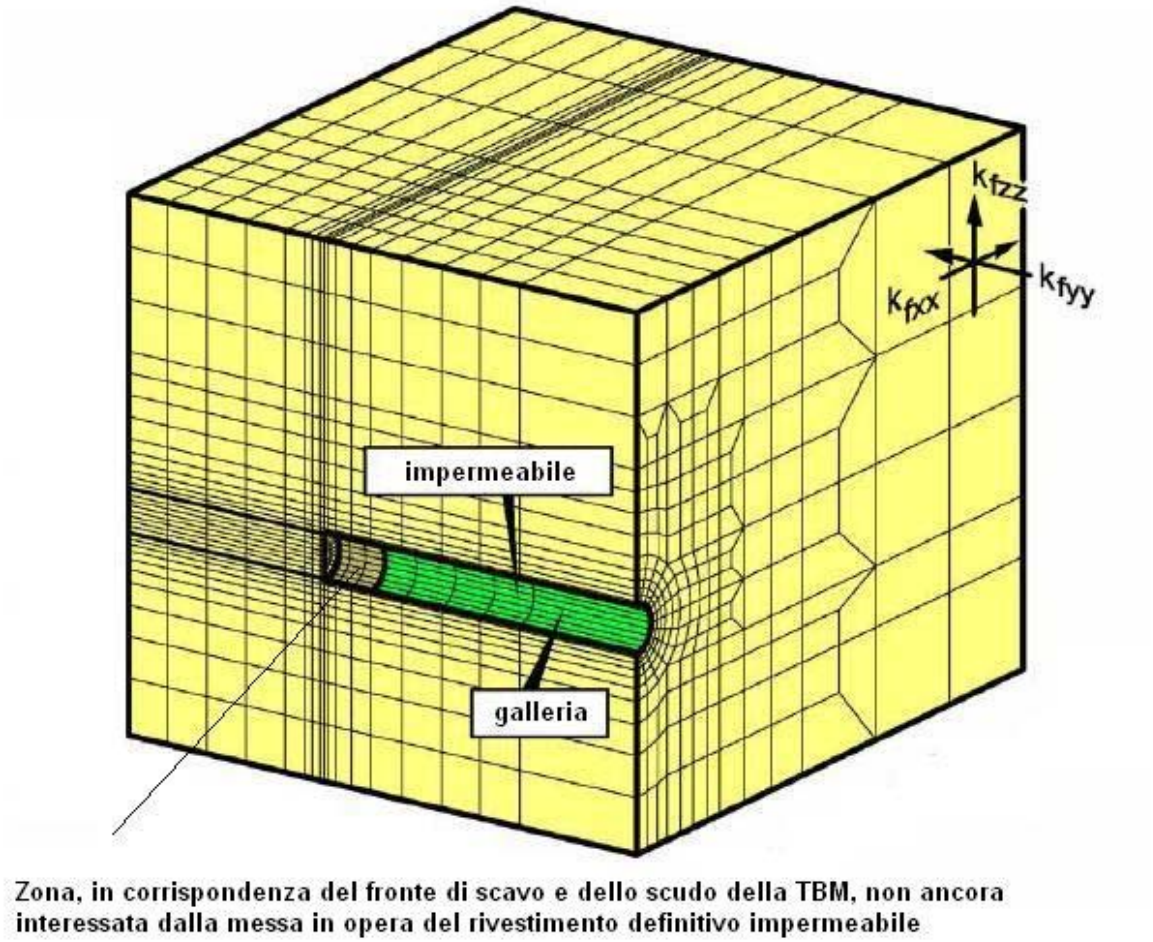


Figura 7 – Modellazione usualmente utilizzata per analisi numeriche tensio – deformative e di filtrazione relative allo scavo di una galleria mediante TBM scudata