

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

MULTIDISCIPLINARE

RELAZIONE DI SISTEMA – INTEGRAZIONI

Integrazioni a seguito della RDV IF3A02E07ISMD0000001A

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA-ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P.M. Gianvecchio 18/09/2021	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA nel campo della GEINGEGNERIA  Ing. G. Cassani

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA
0000	01	E	ZZ	RG	MD0000	001	A	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	RTP	18/09/21	Gatti	18/09/21	Cassani	18/09/21	Ing. G. Cassani

File: 0000 01 E ZZ RG MD0000 001 A\_Orsara

n. Elab.:

<b>APPALTATORE:</b> <u>Capogruppo</u> <u>Soci</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di sistema - Sintesi</b>	<b>COMMESSA</b> <b>0000</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>2 di 126</b>

## Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SISTEMA DI DRENAGGIO PER RIVESTIMENTI IN CONCI PREFABBRICATI – SOLUZIONI DA PREVEDERE IN P.E. ....</b>	<b>4</b>
2.1	<b>SOLUZIONE TECNICA DI BASE .....</b>	<b>4</b>
2.2	<b>APPROFONDIMENTI DA SVILUPPARE IN SEDE DI P.E. ....</b>	<b>5</b>
2.2.1	<b>LAYOUT DEI SISTEMI DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.2.2	<b>RIEMPIMENTO A TERGO DEI CONCI .....</b>	<b>8</b>
2.2.3	<b>MODALITA' DI CONTROLLO E MANUTENZIONE.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>PREVISIONI CIRCA LE VELOCITA' DI AVANZAMENTO.....</b>	<b>10</b>
3.1	<b>PREMESSA.....</b>	<b>10</b>
3.2	<b>ASSUNZIONI PRESE A RIFERIMENTO PER LE VALUTAZIONI .....</b>	<b>11</b>
3.3	<b>CALCOLO DELLE PREVISIONI.....</b>	<b>12</b>
3.4	<b>ULTERIORI CHIARIMENTI.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>ALLEGATO “CONTINUOS MINING – PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E VANTAGGI OPERATIVI” .....</b>	<b>16</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>3 di 22</b>

## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le integrazioni ai contenuti dell'elaborato "Parte Generale – Relazione di sistema – Relazione", documento IF3A.0.2.E.ZZ.RG.MD.00.0.0.001.B, richieste dal Rapporto di Verifica della U.O. Gallerie, emessa in data 10.09.2021. Nell'ambito dei commenti di dettaglio si richiedono integrazioni e chiarimenti relativamente ai due seguenti aspetti tecnici:

- **Punto E2.** (...) si evidenzia l'aspetto critico relativo agli elevati carichi idraulici a cui il rivestimento della galleria può essere sottoposto nelle condizioni di lungo termine nella tratta delle Argille Scagliose. La mitigazione di tale rischio è prevista mediante il ricorso ad interventi di drenaggio in corrispondenza dei piedritti, come già previsto in altre condizioni. (...) Vista l'importanza della tematica, si ritiene che già in questa fase la relazione venga integrata con le prime indicazioni sulle soluzioni da prevedere per garantire che la proposta di modifica (galleria con rivestimento in conci impermeabili drenante puntualmente, in luogo di galleria con rivestimento gettato in opera con contorno impermeabilizzato ma drenante sull'intero perimetro) risulti equiprestazionale anche per questo aspetto.
- **Punto E4.** Riguardo le produzioni dichiarate per lo scavo meccanizzato, non sono esplicitate le motivazioni che hanno condotto a considerare velocità di avanzamento diverse per le varie tratte di galleria, in particolare, prevedendo nella tratta centrale che comprende il tratto delle "Argille Scagliose" una velocità di avanzamento media maggiore di quella prevista per le TBM che scavano dall'imbocco lato Napoli attraversando un contesto geotecnicamente apparentemente meno critico. A tal proposito, non è esplicitato se il ricorso alla modalità di funzionamento "continuous mining" sia prevista per tutte le TBM o esclusivamente per quelle che scavano a partire dal lato Bari. Sono opportune, inoltre, considerazioni sui tempi necessari per la riconfigurazione delle TBM prima dell'attraversamento della tratta in "Argille Scagliose". Tali integrazioni si ritengono necessarie in questa fase di presentazione della proposta di modifica.

Nel seguente capitolo 2 si riportano alcune prime indicazioni sulle soluzioni che si intendono sviluppare in dettaglio in sede di predisposizione del Progetto Esecutivo a garanzia dell'efficienza del sistema di drenaggio in fase di esercizio, anche con riferimento al tema del controllo e della manutenzione.

Nel capitolo 3 si riportano le valutazioni di maggior dettaglio che sono state condotte con l'Appaltatore al fine di definire le velocità di avanzamento delle TBM per le varie tratte di galleria Hirpinia, nel dettaglio: per le TBM che scavano dal portale lato Napoli, circa 14,5 m/giorno lavorativo; per le TBM che scavano dal portale lato Bari, gli avanzamenti sono circa 16,5 m/g lavorativo fino al fermo per riconfigurazione e 15 m/g lavorativo nella tratta a valle della riconfigurazione. Saranno anche chiariti i tempi necessari per la riconfigurazione delle TBM prima dell'attraversamento della tratta in "Argille Scagliose" e le tratte dove si intende applicare la modalità di funzionamento del "continuous mining".

APPALTATORE: Mandatario Mandanti WEBUILD PIZZAROTTI SPA ASTALDI S.P.A	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di sistema-sintesi	COMMESSA 0000	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. A	FOGLIO 4 di 22

## 2 SISTEMA DI DRENAGGIO PER RIVESTIMENTI IN CONCI PREFABBRICATI – SOLUZIONI DA PREVEDERE IN P.E.

### 2.1 SOLUZIONE TECNICA DI BASE

La proposta di impiegare speciali TBM per lo scavo del tratto centrale della Galleria Hirpinia, all'interno del Complesso delle Argille Scagliose, determina anche l'estensione all'intera galleria del sistema di rivestimento definitivo mediante anelli di conci prefabbricati. Anche per questa tratta centrale della Galleria, oggetto di Variante, gli elevati battenti idraulici comportano la necessità di prevedere interventi di drenaggio nel lungo termine, al fine di ridurre le pressioni idrostatiche.

La soluzione tecnica, al momento ipotizzata nella "Relazione di sistema", prevede di adottare interventi di drenaggio in corrispondenza dei piedritti, al pari di quanto già previsto in Progetto Definitivo per le tratte la cui realizzazione era già prevista con sistema meccanizzato e rivestimento in conci. Tale intervento consiste nella realizzazione di due dreni radiali, nella parte inferiore della sezione, di lunghezza pari a 3.0 m costituiti da tubi in pvc/pead ricoperti da una calza di tessuto drenante. L'interasse in direzione longitudinale dei dreni è pari a 1.8-3,6 m (ovvero ad una coppia di dreni per ogni 1-2 anelli). La figura seguente riporta lo schema di intervento.

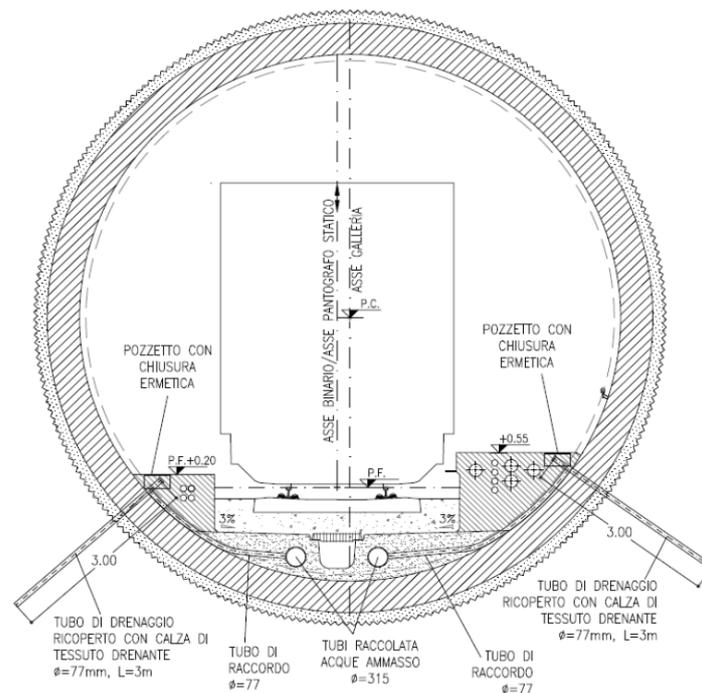


Figura 1 - Schema interventi di drenaggio

La testa dei drenaggi, lato galleria, è protetta da un pozzetto di ispezione con chiusura ermetica, al fine di evitare diffusioni in galleria di eventuali gas disciolti in acqua. Dai pozzetti partono tubi di raccordo che fanno confluire le acque drenate all'interno di due collettori di raccolta, diametro 315 mm, posti al di sopra del settore di arco rovescio, che corrono longitudinalmente la galleria. Questo sistema di raccolta e smaltimento delle acque d'ammasso risulta separato dal circuito di raccolta delle acque di piattaforma, per il quale è prevista una canaletta trapezia posta in posizione centrale sotto il ballast.

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>5 di 22</b>

## 2.2 APPROFONDIMENTI DA SVILUPPARE IN SEDE DI P.E.

Il tema dell'efficienza del drenaggio delle acque d'ammasso e del suo efficace mantenimento nel lungo termine, grazie a controlli e manutenzioni da svolgersi nel tempo, riveste notevole importanza nei riguardi del funzionamento statico dei rivestimenti definitivi, consentendo di controllare i valori di pressioni idrostatiche al contorno del cavo nel tempo.

I temi che dovranno quindi essere sviluppati in sede di P.E. riguardano:

- Lo sviluppo di analisi numeriche per il dimensionamento del sistema di drenaggio, in funzione dei livelli piezometrici che saranno definiti in dettaglio anche con riferimento agli esiti del monitoraggio piezometrico e dello studio idrogeologico. Saranno definite, in funzione dei carichi idraulici ammissibili sui rivestimenti, le tratte di applicazione dei sistemi di drenaggio e le tipologie, così da definire il numero e l'ubicazione dei dreni.
- Un aspetto molto importante nell'abbattimento delle pressioni al contorno del cavo è la possibilità di disporre al contorno della galleria di uno strato a permeabilità decisamente superiore a quella dell'ammasso entro cui si colloca la galleria, così che il contrasto di permeabilità favorisca l'azione di drenaggio e la riduzione delle pressioni all'interfaccia con i rivestimenti. Saranno condotti approfondimenti circa le tecnologie da poter applicare in corso d'opera, al fine di garantire soluzioni che consentano il riempimento del gap anulare, tra profilo di scavo ed estradosso anello di rivestimento, mediante materiali permeabili, così da massimizzare l'efficienza dei dreni principalmente ubicati alla base dei piedritti.
- Le modalità di gestione in esercizio: ovvero la predisposizione di sistemi di raccolta e smaltimento (pozzetti e tubi di raccordo) che facilitino le attività di manutenzione, garantendo la possibilità di verificare gli ingressi d'acqua nel tempo e di eseguire un agevole spurgo dei drenaggi. Al riguardo si predisporrà uno specifico capitolo nell'ambito del "Piano di Manutenzione" dell'opera.

Nei capitoli seguenti si delineano le prime indicazioni circa gli studi che dovranno essere condotti.

### 2.2.1 LAYOUT DEI SISTEMI DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO

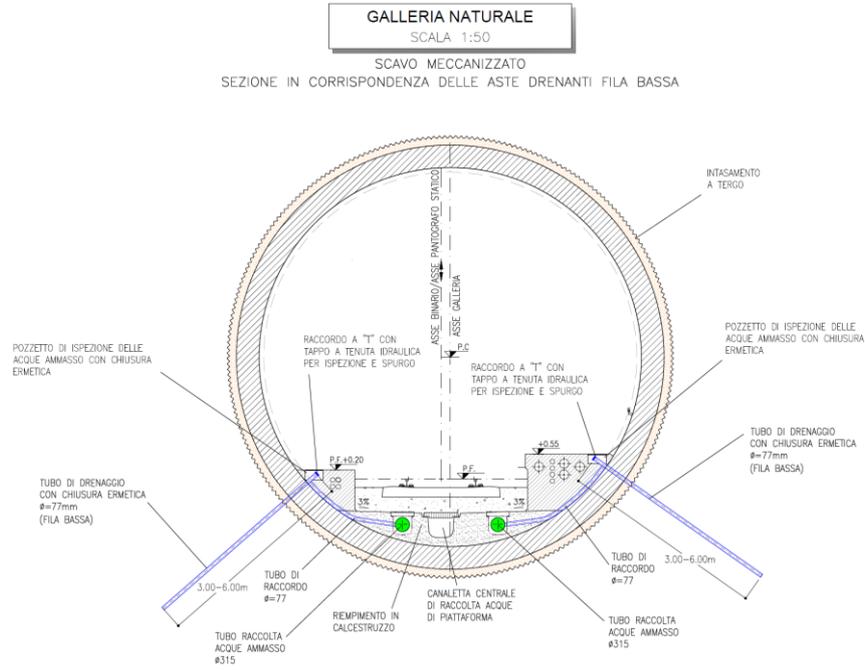
Le analisi di filtrazione che verranno condotte in sede di sviluppo del Progetto Esecutivo consentiranno di definire puntualmente la configurazione dei drenaggi nei vari settori di galleria, in funzione dei carichi piezometrici e delle permeabilità degli ammassi in cui si inserisce la galleria. Al riguardo verranno condotte analisi di sensibilità, valutando possibili variazioni dei parametri di input delle simulazioni numeriche, al fine di mettere a punto soluzioni robuste.

Quali configurazioni di drenaggio, sulla base di altre esperienze progettuali, al momento si prevede di considerare la presenza di aste drenanti, poste in corrispondenza del marciapiede della galleria o in corrispondenza del piano dei centri, secondo le geometrie riportate nelle figure seguenti. In situazioni dove l'azione di drenaggio deve essere più consistente, si valuterà se combinare le due posizioni, alternandole, come riportato nello schema planimetrico a seguire.

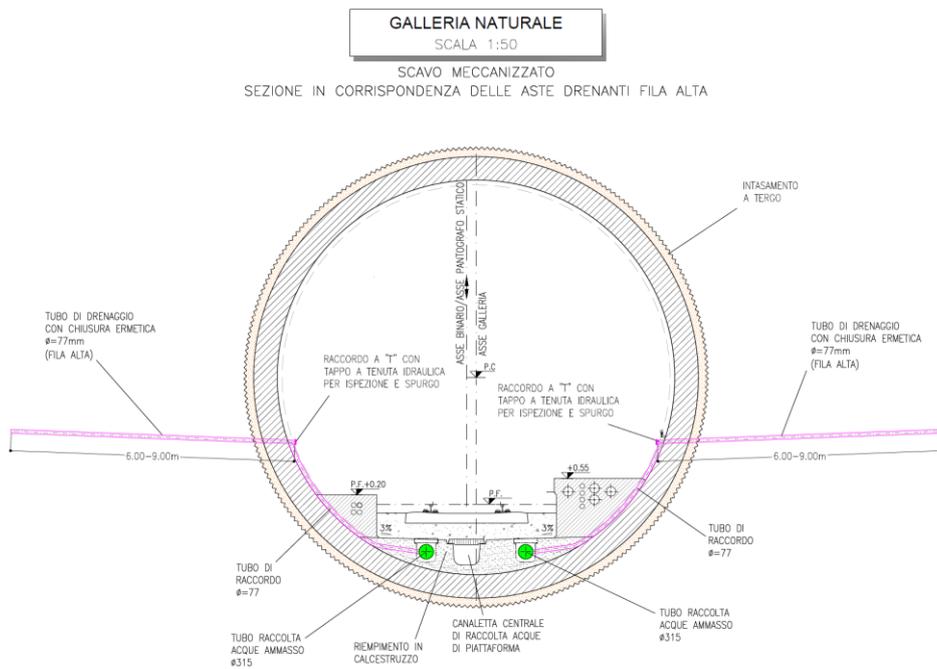
I parametri che possono variare nell'ambito delle scelte progettuali sono:

- Il diametro dei dreni
- La lunghezza dei dreni
- La posizione dei dreni
- L'interasse dei dreni, lungo lo sviluppo longitudinale della galleria

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di sistema-sintesi</b>		<b>COMMESSA</b> <b>0000</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6 di 22</b>

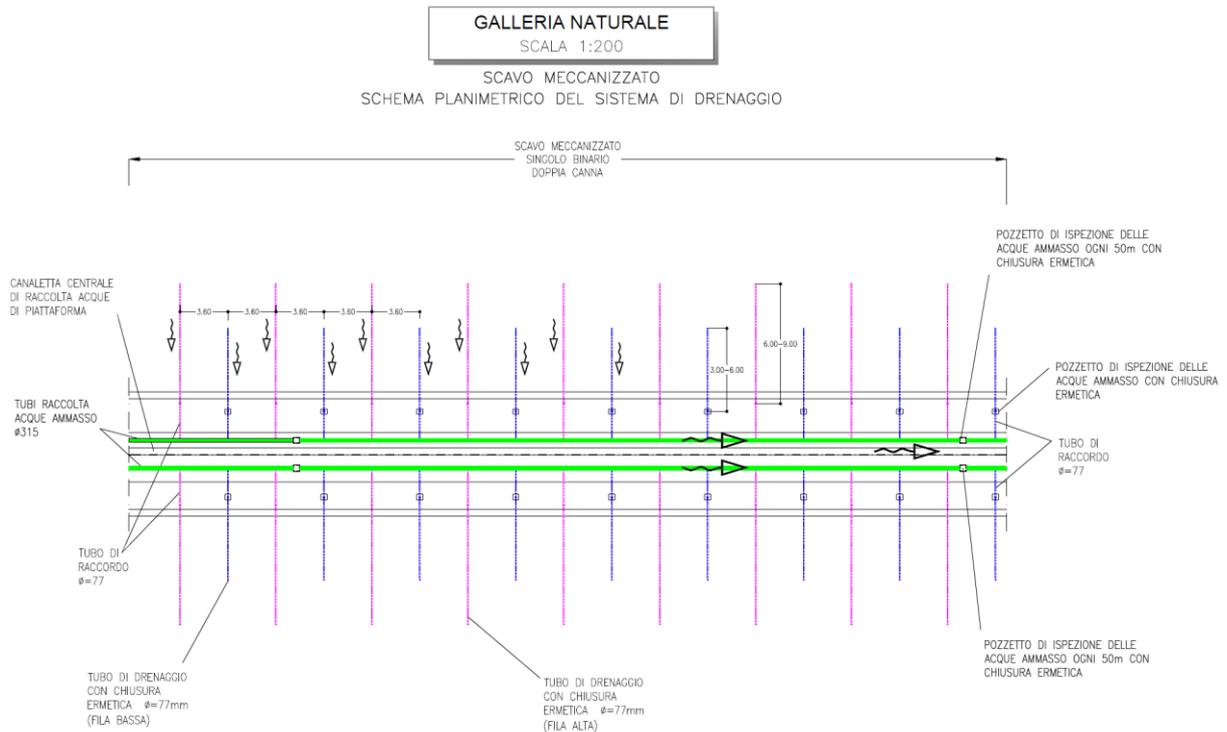


**Figura 2 - Scavo Meccanizzato - Sezione in corrispondenza delle aste drenanti - Fila bassa**



**Figura 3 - Scavo Meccanizzato - Sezione in corrispondenza delle aste drenanti – Fila alta**

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>7 di 22</b>



**Figura 4 - Schema planimetrico del sistema di drenaggio**

I drenaggi potranno avere diametro nel range 70-100 mm e lunghezze tra 3.00 e 9.00 m. Gli interasse minimi saranno pari a 1.80-3.60 m, per poter essere poi diradati fino ad un interasse di 18.0 m. Come già previsto in P.D. saranno rivestiti con geotessuto, così da evitare intasamenti durante la fase di drenaggio.

Per la soluzione di drenaggi bassi, con terminale in corrispondenza della muretta, particolare attenzione sarà dedicata allo studio geometrico dimensionale dei pozzetti, in relazione all'ispezionabilità degli stessi ed alla possibilità di rimuovere i tappi ed operare operazioni di pulizia e spurgo dei drenaggi. L'ispezionabilità e l'accesso per pulizia saranno anche garantiti per i drenaggi posti in corrispondenza dei piedritti, in quanto al termine del drenaggio sarà posizionato un raccordo a "T" che consentirà su un lato di posizionare un tappo da rimuovere per le operazioni di manutenzione e dall'altra di agganciare lo scarico che convoglierà l'acqua ai tubi di smaltimento posti sopra l'arco rovescio, già previsti in P.D. quali recapiti dei drenaggi bassi.

Dai drenaggi posti in corrispondenza dei piedritti si potrà anche valutare di operare la pulizia/spurgo del backfilling, per fasce, mediante l'immissione di acqua in pressione che sarà raccolta dalle aste di drenaggio inferiori.

Il Progetto Esecutivo riporterà tutti gli elementi che consentiranno di gestire il corretto funzionamento del sistema di drenaggio e smaltimento delle acque, in termini di pozzetti (geometrie, distanze, connessioni con drenaggi e recapiti di smaltimento) e tubi di smaltimento, definendoli in modo che risulti agevole il loro controllo e manutenzione durante la vita utile dell'opera. Al riguardo, tali elementi progettuali saranno ripresi anche nelle procedure del "Manuale di manutenzione".

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>8 di 22</b>

## 2.2.2 RIEMPIMENTO A TERGO DEI CONCI

Al fine di garantire uno strato a maggior permeabilità al contorno del cavo, funzionale a migliorare l'efficienza dei sistemi di drenaggio, la soluzione tecnicamente più indicata è l'esecuzione del riempimento mediante pea-gravel, ovvero ponendo in opera ghiaietto ad elevata permeabilità. La posa in opera avviene attraverso specifiche boccole predisposte nei conci, attraverso le quali eseguire anche eventuali iniezioni di intasamento mediante miscele cementizie fluide, così da garantire anche una condizione ottimale di confinamento dell'anello. L'iniezione può essere eseguita lungo l'intera tratta di galleria o in specifici settori, lasciando quindi fasce dove il solo pea-gravel può accentuare l'azione di drenaggio.

Tale soluzione, nel caso in esame del tratto centrale di galleria nelle "Argille Scagliose", può risultare di difficile applicazione per due motivi principali:

- La possibile presenza di gas; il contesto geologico in esame presenta infatti un elevato rischio di intercettare sacche di gas. In questo caso la posa in opera del pea-gravel, attraverso le boccole predisposte nei conci, risulta rischiosa in quanto rischierebbe di mettere in comunicazione la galleria con l'esterno esponendola ad ingressi di emissioni grisucose. In questi contesti è quindi preferibile operare la posa del riempimento direttamente dalla coda della TBM, attraverso le linee di iniezione predisposte nel settore di coda dello scudo.
- Il secondo motivo è legato al comportamento spingente degli ammassi da attraversare, che sono suscettibili di elevate deformazioni a seguito dello scavo; il manifestarsi di elevate convergenze del profilo di scavo verso lo scudo prima e l'estradosso dell'anello di rivestimento dopo, rischia di non lasciare spazio anulare per il successivo riempimento attraverso i conci. La posa del pea-gravel viene infatti eseguita non prima di 3-4 anelli dal fronte di avanzamento con il rischio che il profilo di scavo sia già venuto a contatto con il rivestimento.

Pertanto, si ritiene che nella tratta oggetto di variante, il riempimento a tergo dei conci dovrà essere eseguito, con molta probabilità, direttamente dalla coda della TBM, contestualmente all'uscita dell'ultimo anello posato dalla protezione dello scudo. La possibilità di disporre di un riempimento che possieda adeguate caratteristiche di permeabilità è quindi da riferirsi alle caratteristiche del materiale da pompare attraverso le linee di iniezione.

E' questo un tema, di non facile soluzione, sul quale si stanno già conducendo studi nell'ambito del Lotto Apice-Hirpinia della linea AV Napoli-Bari, dove si è in presenza di problematiche simili.

Una prima ipotesi di sviluppo comportava l'adozione di una miscela di back-filling prevedente l'inserimento di ghiaietto o materiale granulare fine, così da aumentare la permeabilità del materiale; la sperimentazione al momento condotta non è riuscita a fornire garanzie circa la iniettabilità della miscela dalle linee di iniezione in coda TBM, data la elevata abrasività del materiale; il rischio di usure eccessive e otturazione delle linee è risultato molto elevato. Si sta valutando ora la possibilità di impiegare una miscela bicomponente (cemento + bentonite, oltre all'accelerante di presa) alla quale viene incorporata aria attraverso un agitatore di piccole dimensioni che può essere agevolmente montato sulla macchina. L'iniezione avverrebbe dalle linee dello scudo, le medesime per l'iniezione della normale bicomponente. Le specifiche del prodotto indicano permeabilità  $k > 10^{-4}$  m/s, con resistenze a 28 gg  $> 2$  MPa.

Durante lo svolgimento del P.E. si svolgeranno approfondimenti al riguardo, studiando le proprietà della miscela e sviluppando prove di laboratorio per testarne le proprietà meccaniche e di permeabilità. Qualora si riuscisse a determinare una composizione in grado di garantire effettivamente permeabilità superiori a  $10^{-4}$  m/s, si configurerebbe una fascia drenante efficace, al contorno del cavo, assai simile a quanto rappresentato dal geotessuto nel caso del rivestimento con metodo tradizionale, garantendo una maggiore efficacia del sistema di drenaggio. Questo potrà comportare una riduzione dei dreni da prevedere e della loro lunghezza. Diversamente occorrerà basare l'effetto drenante unicamente sulle aste drenanti, così come previsto al momento in P.D. per le soluzioni in TBM con back-filling, valutando possibili intensificazioni dei dreni come già descritto al capitolo precedente.

L'efficienza del sistema di iniezione per l'esecuzione del back-filling sarà, in ogni caso, potenziata attraverso un numero maggiore (10 invece di 8) di linee di iniezione nello scudo di coda, con ulteriori 10 linee installate come ricambio; sarà previsto un particolare disegno delle linee di iniezione nello scudo per facilitare gli interventi di

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	<b>COMMESSA</b> <b>0000</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>9 di 22</b>

manutenzione; le linee saranno costituite da tubazioni completamente accessibili lungo lo scudo al fine di facilitarne la raggiungibilità e saranno attrezzate con un sistema per lavaggio automatico ad alta pressione che si attiverà su ogni linea al termine di ogni corsa di scavo della TBM, onde evitare l'ostruzione delle linee.

Al fine poi di garantire i necessari spessori di back-filling, in sede di sviluppo del Progetto Esecutivo, si svilupperà, di concerto con l'Appaltatore, la predisposizione di una serie di strumentazioni, a bordo della TBM, che consentano di riscontare gli spazi disponibili ed i volumi iniettati; nel dettaglio:

- Controllo dimensionale dell'intercapedine anulare presente a tergo dello scudo attuato da serie di dispositivi meccanici (fontimetri) installati all'altezza dei cilindri di spinta collocati lungo sviluppo circonferenziale superiore della sezione. I sistemi saranno particolarmente utili in condizioni di fermo avanzamento e/o durante la fase di montaggio anello.
- Controllo dimensionale dell'intercapedine anulare effettuato all'altezza della porzione terminale dello scudo di coda mediante sensori basati su tecnologia ultrasonica, compatibili con le condizioni di lavoro al contorno dello scudo stesso (possibile presenza di materiale di reflusso dalla camera di scavo, terreno etc).
- Controllo automatizzato della completezza del riempimento dell'intercapedine anulare attuato con tomografo a ultrasuoni installato su carrello mobile su binario circonferenziale
- Eventuale intervento di iniezione secondaria attuato da back-up, su necessità rilevata dall'esito del controllo automatizzato con tomografo.

### 2.2.3 MODALITA' DI CONTROLLO E MANUTENZIONE

Il Progetto Esecutivo prevederà una apposita sezione del "Manuale di manutenzione" dedicato alle lavorazioni di controllo e pulizia dei drenaggi. A questo scopo si valuterà se adottare specifiche tipologie di drenaggi che favoriscano la pulizia e si definiranno le modalità e sequenze operative per le fasi di pulizia e spurgo. Il piano indicherà nel dettaglio:

- Frequenza dei controlli e delle operazioni di pulizia e spurgo
- Squadra di intervento
- Elenco degli aspetti da controllare e dei possibili difetti riscontrabili
- Attrezzature da impiegare
- Pressioni da adottare

APPALTATORE: Mandataria <b>WEBUILD</b>	Mandanti <b>PIZZAROTTI SPA</b>	<b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>			
PROGETTAZIONE: Mandataria <b>ROCKSOIL S.P.A</b>	Mandanti <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di sistema-sintesi	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>10 di 22</b>

### 3 PREVISIONI CIRCA LE VELOCITA' DI AVANZAMENTO

#### 3.1 PREMESSA

Come più in dettaglio descritto nella relazione di sistema, si è proposto di eseguire lo scavo della galleria Hirpinia con estensione dello scavo meccanizzato all'intero tracciato, impiegando specifiche TBM del tipo EPB. Si continueranno ad impiegare 4 TBM, così come già previsto in sede di P.D., due in partenza dall'imbocco lato Napoli e due dall'imbocco lato Bari. Le due TBM in avanzamento dall'imbocco lato Napoli (**TBM 2**) saranno estese per circa 1.7 km, rimanendo sempre nell'ambito dei contesti geotecnici previsti nel P.D.; in particolare l'estensione interesserà una tratta di galleria entro la Formazione Sferracavallo nella litofacies delle Peliti di Difesa Grande (STF2). Le TBM che avanzeranno lato Bari (**TBM 1-A**) saranno invece estese per circa 6.2 Km attraversando gli ammassi appartenenti al Complesso Caotico (FYR, APC e AVV), il cui scavo era previsto in P.D. mediante scavo in tradizionale. Quest due TBM saranno, allo scopo, attrezzate con dotazioni specifiche, in grado di garantire idonei profili di scavo, conicità degli scudi e potenze di spinta, come in dettaglio illustrato nel seguito della relazione. Queste due TBM saranno in particolare riconfigurate prima di entrare negli ammassi scadenti (**TBM 1-B**). La figura seguente riporta un profilo schematico circa le modalità di scavo, a confronto con quanto previsto in P.D..

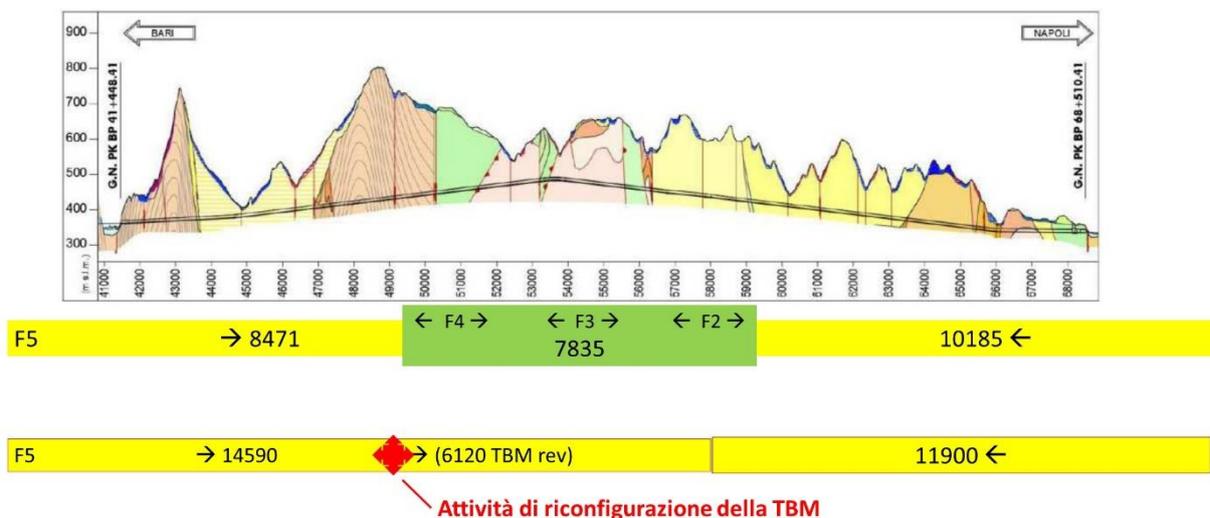


Figura 5 – Profilo schematico di scavo della Galleria Hirpinia

Nel seguito, partendo dalle previsioni circa la sequenza della geologia e delle condizioni geotecniche lungo i tracciati, al momento definiti secondo le previsioni di P.D., sono riportate le stime condotte dall'Appaltatore circa le produzioni (m/gg) per le tre tipologie di TBM:

- TBM in avanzamento dall'imbocco lato Bari (TBM 1-A)
- TBM in avanzamento dall'imbocco lato Bari a seguito delle fasi di riconfigurazione (TBM 1-B)
- TBM in avanzamento dall'imbocco lato Napoli (TBM 2)

Vengono dapprima descritte le assunzioni di base per le analisi dettagliate e successivamente commentati i valori ottenuti.

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>11 di 22</b>

### 3.2 ASSUNZIONI PRESE A RIFERIMENTO PER LE VALUTAZIONI

Al fine di effettuare il calcolo delle ore di produzione e successivamente quello dell'avanzamento medio giornaliero, sono state effettuate prime valutazioni sui valori da adottare sulle penetrazioni, sulla velocità di rotazione della testa, sui tempi di posa dei conci nonché sulle tempistiche relative ad operazioni necessarie allo scavo della macchina (ad esempio la manutenzione della testa), derivandole dall'esperienze condotte dall'Appaltatore in condizioni similari.

Le assunzioni adottate, nel dettaglio, risultano:

- **Penetrazione/giro:** ovvero quanto la macchina riesce ad avanzare effettuando un giro completo della testa
  - 15 mm/giro in formazioni litoidi
  - 18 mm/giro in formazioni miste
  - 20-25 mm/giro in formazioni peltiche (dipendete dalla tipologia di formazione e dalla granulometria)
- **Velocità di rotazione della testa**
  - 3.5 giri/minuto in formazioni litoidi – modalità open
  - 2 giri/minuto in formazioni litoidi – modalità close
  - 1.8 giri/minuto in formazioni miste in modalità close
  - 1.5 giri/minuto in formazioni peltiche in modalità close
- **Tempi di posa dei conci critici**
  - 5 minuti/concio per un anello composto da 7 conci
  - Installazione con TBM ferma per i 2 conci di arco rovescio nelle tratte centrali della TBM1
- **Manutenzione testa**
  - 4 ore al giorno in modalità open
  - 4 ore al giorno in modalità close per la TBM1-B
  - 3 ore al giorno in modalità close per la TBM1-A e TBM2
  - 1 intervento iperbarico di 48 ore ogni 250m per la TBM2
  - 1 intervento iperbarico di 48 ore ogni 200m per la TBM2
- **Estensione servizi**
  - 12 ore ogni 250m per nastro
  - 4 ore ogni 250m per cavo MT
  - 2 ore ogni 150m per cassetta ventilazione
- **Cambi configurazione testa**
  - 2 cambi di configurazione (da cutters a rippers e viceversa) ciascuno di 48 ore
- **Curva di apprendimento**
  - 2 mesi con produzione media del 50% per la TBM1-A e la TBM2
- **Contingencies**
  - 15% di ore di stand by per gli imprevisti per la TBM1 (sia in config. A che in config. B)
  - 10% di ore di stand-by per gli imprevisti per la TBM2

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>12 di 22</b>

Tali assunzioni, talvolta cautelative, sono state impiegate nei calcoli presentati nei successivi paragrafi. In particolare per la TBM 1 è stato assunto una percentuale della contingencies al 15%, rispetto al più usuale 10%, per tenere conto della maggiore complicazione geologica della tratta centrale.

### 3.3 CALCOLO DELLE PREVISIONI

Nella Tabelle riportate nel seguito sono riportate le valutazioni di dettaglio. Per ciascuna delle tre configurazioni di TBM sono valutate dapprima le ore di produzione basate su penetrazione/scavo della TBM e tempi di posa dei conci. Nella seconda tabella tali tempi di produzione sono sommati alle componenti di manutenzione, controllo e gestione al fine di definire le produzioni complessive giornaliere. Le valutazioni analitiche condotte portano ai seguenti valori:

- TBM 1 in configurazione A - Calcolati 18,1 m/giorno
- TBM 1 in configurazione B - Calcolati 15,5 m/giorno
- TBM 2 in configurazione PD - Calcolati 14,5 m/giorno

I valori riportati nella relazione di sistema erano stati approssimati per difetto, soprattutto per le TBM lato Bari, nel primo settore in partenza dall'imbocco lato Bari, dove le condizioni di "open mode" previste dovranno in dettaglio essere valutate in corso di avanzamento. In questa riduzione si ritiene ricompresa anche la fase di riconfigurazione della TBM 1, dalla configurazione A a quella B.

### 3.4 ULTERIORI CHIARIMENTI

La TBM 1 è dotata di sistema continuous mining in entrambe le configurazioni, A e B. La TBM 2 non è dotata di sistema continuous mining, ma si prevede l'impiego di tecnologie in linea con le previsioni di P.D..

Riguardo al sistema "**continuous mining**" si riporta in Allegato una breve presentazione riportante i principi di funzionamento ed i principali vantaggi operativi.

Con approccio conservativo l'Appaltatore prevede 3 settimane per il cambio di configurazione tra A e B per le TBM in avanzamento dall'imbocco lato Bari.

Per la TBM 1 nel programma vanno considerate in aggiunta **3 settimane di cambio configurazione** tra A e B.

APPALTATORE: Mandatario: <u>Mandanti</u> WEBUILD PIZZAROTTI SPA ASTALDI S.P.A	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandatario: <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di sistema-sintesi	COMMESSA 0000    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ RG    DOCUMENTO MD0000 001    REV. A    FOGLIO 13 di 22

Tabella 1 - Calcolo ore di produzione - TBM1 - Configurazione A

GALLERIA HIRPINIA-ORSARA - TBM1- SCAVO CON TBM 1 IN CONFIGURAZIONE A (SPINTA E GAP NOMINALI- CONTINUOUS MINING ATTIVO)- CALCOLO ORE DI PRODUZIONE																								
GEOLOGIA				Tratto	Progressive		L	AVANZAMENTO					CONFIGURAZIONE TBM					PERFORMANCE PREVISTE					ORE PRODUZIONE	
FORMAZIONI	Struttura prevalente	Resistenza caratteristica (MPa)	Copertura		inizio	fine		OPEN	CLOSE		Press. EPB max (bar)	SPINTA max (MN)	GAP (mm)	Parure Testa	Rot. Testa (giri/min)	TIPO	PENETR. (mm/giro)	AVANZ. (mm/min)	CICLO AVANZAM. DI 1,8 M					
					[m]	[m]			[m]	[m]									[m]	Scavo (min)	Posa Concio Crit.(min)	Durata Ciclo (min)		
FAE	Litoide	30-70	3-370	1	41472.72	43600.00	2127.28	95%	2020.916	5%	106.364	-	150	150	Cutters	3.5	15	52.5	34	18	52	1029.9		
BVN-A	Mix Litoide/Pelitico	Medio coesivo	180-195	2	43600.00	43650.00	50.00			100%	50	2,0-3,0	150	150	Cutters	2.0	15	30.0	60	18	78	36.1		
BVN-B	Pelitico -Limo-Argilloso	Coesivo	16-185	3	43650.00	46880.00	3230.00	30%	969	70%	2261	2,0-3,0	150	150	Rippers	1.5	20	30.0	60	10	70	2093.5		
TPC	Pelitico -Limo-Argilloso	Coesivo	120-200	4	46880.00	47400.00	520.00			100%	520	2,0-3,0	150	150	Rippers	1.5	20	30.0	60	10	70	337.0		
FAE	Litoide	30-70	200-370	5	47400.00	49150.00	1750.00	95%	1662.5	5%	87.5	-	150	150	Cutters	3.5	15	52.5	34	18	52	847.2		
<b>Totale</b>							7677.28	61%	4652.4	39%	3024.9							38	3342	1002	61	4344		
																		77%	23%					

Tabella 2 - Calcolo avanzamento medio giornaliero - TBM1 - Configurazione A

GALLERIA HIRPINIA-ORSARA - TBM1- SCAVO CON TBM 1 IN CONFIGURAZIONE A (SPINTA E GAP NOMINALI- CONTINUOUS MINING ATTIVO)- CALCOLO AVANZAMENTO MEDIO GIORNALIERO													
Modalità Operativa	Produzione		Manutenzione Testa*		Estensione Servizi**			Stand by per riparazione guasti		Cambi Configurazione Testa***	Curva di Apprendimento ****	Contingencies *****	Totale
	Scavo	Posa conci tempo	Ordinaria	Straordinaria	Nastro	Cavo HV	Ventilazione	TBM	Ausiliari				
Open	2025	607	930		223	74	62	273	106	96	720	1500	6618
Close	1317	395	454	726	145	48	40	227	194				3546
<b>Totale</b>	<b>4344</b>		<b>2110</b>		<b>594</b>			<b>800</b>		<b>96</b>	<b>720</b>	<b>1500</b>	<b>10164</b>
<b>% Su Totale</b>	<b>43%</b>		<b>21%</b>		<b>6%</b>			<b>8%</b>		<b>1%</b>	<b>7%</b>	<b>15%</b>	
												<b>Giorni lavoro</b>	<b>423.49</b>
												<b>Avanzamento medio giornaliero</b>	<b>18.1</b>
Note: *	n° 4 ore giorno open mode, 3 ore giorno EPB + 1 intervento in iperbarico di 48 ore ogni 200 m												
**	n° 12 ore ogni 250 m per nastro, 4 ore ogni 250 m per cavo MT, 2 ore ogni 150 per cassetta ventilazione												
***	n° 2 cambi configurazione (da cutters a rippers e viceversa), ciascuno 48 ore												
****	n°2 mesi di curva di apprendimento con produzione media 50%												
*****	15% di ore di stand by TBM come contingency												

APPALTATORE: Mandatario: <u>Mandanti</u> WEBUILD PIZZAROTTI SPA ASTALDI S.P.A	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandatario: <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di sistema-sintesi	COMMESSA 0000 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ RG DOCUMENTO MD0000 001 REV. A FOGLIO 14 di 22

Tabella 3 - Calcolo ore di produzione - TBM1 - Configurazione B

GALLERIA HIRPINIA-ORSARA - TBM1- SCAVO CON TBM 1 IN CONFIGURAZIONE B (SPINTA E GAP AUMENTATI- CONTINUOUS MINING ATTIVO)- CALCOLO ORE DI PRODUZIONE																								
GEOLOGIA				Tratto	Progressive		L	AVANZAMENTO					CONFIGURAZIONE TBM					PERFORMANCES PREVISTE						
FORMAZIONI	Struttura prevalente	Resistenza caratteristica (MPa)	Copertura		inizio	fine		OPEN		CLOSE								PENETR. (mm/giro)	AVANZ. (mm/min)	CICLO AVANZAM. DI 1,8 M			ORE PRODUZIONE	
					[m]	[m]		[%]	[m]	[%]	[m]	Press. EPB max (bar)	SPINTA max (MN)	GAP (mm)	Parure Testa	Rot. Testa (giri/min)	TIPO			Scavo (min)	Posa Concio Crit.(min)	Durata Ciclo (min)		
FAE-marnoso	Litoide	30-70	240-200	5	49150.00	50250.00	1100.00	40%	440	60%	660	3,0-4,0	250	205	Cutters	2.5	TBM 1-B	15	37.5	48	11	59	600.9	
	Misto Litoide-Pelitico	Medio Coesivo		6	50250.00	51460.00	1210.00	10%	121	90%	1089	3,0-4,0	250	205		1.8		20	36.0	50	13	63	705.8	
APC	Pelitico -Argillo-Marnoso	Coesivo	55-165	1	51460.00	53200.00	1740.00			100%	1740	3,0-4,0	250	205		1.5		20	30.0	60	10	70	1127.8	
FYR	Argillo-Limoso	Coesivo	160-60	7	53200.00	53450.00	250.00			100%	250	4,0-5,0	250	205		1.5		20	30.0	60	10	70	162.0	
APC	Pelitico -Argillo-Marnoso	Coesivo	65-190	2	53450.00	55600.00	2150.00			100%	2150	4,0-5,0	310	205		1.5		20	30.0	60	10	70	1393.5	
AVR	Pelitico -Argil. Lim.-Marn.	Coesivo	100-175	8	55600.00	56200.00	600.00			100%	600	4,0-5,0	310	205	Rippers	1.5		20	30.0	60	10	70	388.9	
FAEb	Misto Litoide-Pelitico	Medio Coesivo	110-115	3	56200.00	56315.00	115.00			100%	115	4,0-5,0	250	205		1.5		20	30.0	60	10	70	74.5	
TPL	Pelitico	Coesivo	115	9	56315.00	56350.00	35.00			100%	35	4,0-5,0	250	205		1.5		20	30.0	60	10	70	22.7	
TPL faglia	Pelitico	Coesivo	115	4	56350.00	56370.00	20.00			100%	20	4,0-5,0	250	205		1.5		20	30.0	60	10	70	13.0	
STF2	Argill e Sabbie limose	Medio Coesivo	220-115	10	56370.00	56489.94	119.94	30%	36	70%	84	2,0-3,0	150	160		2.0		20	40.0	45	17	62	68.9	
<b>Totale</b>					7339.94	8%	597	92%	6743									3827	731	67		4558		

Tabella 4 - Calcolo avanzamento medio giornaliero - TBM1 - Configurazione B

GALLERIA HIRPINIA-ORSARA - TBM1- SCAVO CON TBM 1 IN CONFIGURAZIONE B (SPINTA E GAP AUMENTATI- CONTINUOUS MINING ATTIVO)- CALCOLO AVANZAMENTO MEDIO GIORNALIERO												
Modalità Operativa	Produzione		Manutenzione Testa*		Estensione Servizi**			Stand by per riparazione guasti		Cambi Configurazione Testa***	Contingencies ****	Totale
	Scavo	Posa conci tempo critico	Ordinaria	Straordinaria	Nastro	Cavo HV	Ventilazione	TBM	Ausiliari			
Open	311	59	159		29	10	8	45	303	48	1700	2672
Close	3516	672	1798	1618	324	108	90	505	27			8657
<b>Totale</b>	<b>4558</b>		<b>3576</b>		<b>568</b>			<b>880</b>		<b>48</b>	<b>1700</b>	<b>11329</b>
<b>% Su Totale</b>	<b>40%</b>		<b>32%</b>		<b>5%</b>			<b>8%</b>		<b>0%</b>	<b>15%</b>	
											Giorni lavoro	472.05
											Avanzamento medio giornaliero	15.5
Note: * n° 4 ore giorno open mode, 4 ore giorno EPB + 1 intervento in iperbarico di 48 ore ogni 200 m ** n° 12 ore ogni 250 m per nastro, 4 ore ogni 250 m per cavo MT, 2 ore ogni 150 per cassetta ventilazione *** n° 1 cambi configurazione (da cutters a rippers e viceversa) ciascuno 48 ore **** 15% di ore di stand by TBM come contingency												

APPALTATORE: Mandatario: <u>Mandanti</u> WEBUILD PIZZAROTTI SPA ASTALDI S.P.A	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandatario: <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di sistema-sintesi	COMMESSA 0000    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ RG    DOCUMENTO MD0000 001    REV. A    FOGLIO 15 di 22

**Tabella 5 - Calcolo ore di produzione – TBM2 - Configurazione STANDARD**

GALLERIA HIRPINIA-ORSARA - TBM2- SCAVO CON TBM 1 IN CONFIGURAZIONE STANDARD (SPINTA E GAP NOMINALE)- CONTINUOUS MINING NON ATTIVO)- CALCOLO ORE DI PRODUZIONE																								
GEOLOGIA				Tratto	Progressive		L	AVANZAMENTO					CONFIGURAZIONE TBM					PERFORMANCES PREVISTE					ORE PRODUZIONE	
FORMAZIONI	Struttura prevalente	Resistenza caratteristica (MPa)	Copertura		inizio	fine		OPEN		CLOSE			Press. EPB max (bar)	SPINTA max (MN)	GAP (mm)	Parure Testa	Rot. Testa (giri/min)	TIPO	PENETR. (mm/giro)	AVANZ. (mm/min)	CICLO AVANZAM. DI 1,8 M			
					[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]									[m]	[m]		Scavo (min)
STF2	Argill e Sabbie limose	Medio Coesivo	105-220	15	56510.06	59050.00	2539.94	30%	762.0	70%	1778	2,0-3,0	160	150	Rippers	2.0	20	40.0	45	35	80	1881.4		
AVR	Argille varicolori	Coesivo	165-185	16	59050.00	59150.00	100.00			100%	100	4,0-5,0	160	150		1.5	20	30.0	60	35	95	88.0		
BNA	Pelitico-arenaceo	Coesivo	25-250	17	59150.00	63450.00	4300.00	30%	1290.0	70%	3010	1,5-3,0	160	150		2.0	18	36.0	50	35	85	3384.3		
VBA2	Litoide Arenarie	Medio-bassa	150	18	63450.00	63510.00	60.00			100%	60	1,5-3,0	160	150	Rippers + Cutters	1.5	18	27.0	67	35	102	56.5		
ANZ2	Molasse di Anzano	Bassa	110-175	19	63510.00	65360.00	1850.00			100%	1850	4,0-5,0	160	150		1.5	18	27.0	67	35	102	1741.5		
ANZ2a	Calcareao marnoso	Medio-bassa	110-125	20	65360.00	65430.00	70.00			100%	70	4,0-5,0	160	150		1.5	18	27.0	67	35	102	65.9		
TFR / TFRa	Argille limose	Coesivo	20-110	21	65430.00	66130.00	700.00			100%	700	4,0-5,0	160	150		1.5	20	30.0	60	35	95	615.7		
MZF	Argille sabbiose-limose	Medio Coesivo	16-20	22	66130.00	66540.00	410.00			100%	410	1,5-3,0	160	150		1.5	20	30.0	60	35	95	360.6		
APC	Pelitico -Argillo-Marnoso	Coesivo	25-55	23	66540.00	67190.00	650.00			100%	650	1,5-3,0	160	150	Rippers	1.5	20	30.0	60	35	95	571.8		
BNA2	Argille limose	Coesivo	20-30	24	67190.00	67580.00	390.00			100%	390	1,5-3,0	160	150		1.5	20	30.0	60	35	95	343.1		
FYR	Argillo Limoso	Coesivo	15+40	25	67580.00	68140.00	560.00			100%	560	1,5-3,0	160	150		1.5	20	30.0	60	35	95	492.6		
<b>Totale</b>					<b>11629.94</b>	<b>18%</b>	<b>2052</b>	<b>82%</b>	<b>9578</b>													<b>9601</b>		

**Tabella 6 - Calcolo avanzamento medio giornaliero – TBM2 - Configurazione STANDARD**

GALLERIA HIRPINIA-ORSARA - TBM1- SCAVO CON TBM 2 IN CONFIGURAZIONE STANDARD (SPINTA E GAP NOMINALI)- CONTINUOUS MINING NON ATTIVO)- AVANZAMENTO MEDIO GIORNALIERPO													
Modalità Operativa	Produzione		Manutenzione Testa*		Estensione Servizi**			Stand by per riparazione guasti		Cambi Configurazione Testa***	Curva di Apprendimento ****	Contingencies *****	Totale
	Scavo	Posa conci tempo critico	Ordinaria	Straordinaria	Nastro	Cavo HV	Ventilazione	TBM	Ausiliari				
Open	915	1552	586		98	33	27	168	469	96	720	1900	6564
Close	4045	3090	2052	1839	460	153	128	782	101				12650
<b>Totale</b>	<b>9601</b>		<b>4478</b>		<b>899</b>			<b>1520</b>		<b>96</b>	<b>720</b>	<b>1900</b>	<b>19214</b>
<b>% Su Totale</b>	<b>50%</b>		<b>23%</b>		<b>5%</b>			<b>8%</b>		<b>0%</b>	<b>4%</b>	<b>10%</b>	
												Giorni lavoro	800.60
												Avanzamento medio giornaliero	14.5
Note: * n° 4 ore giorno open mode, 3 ore giorno EPB + 1 intervento in iperbarico di 48 ore ogni 250 m ** n° 12 ore ogni 250 m per nastro, 4 ore ogni 250 m per cavo MT, 2 ore ogni 150 per cassetta ventilazione *** n° 2 cambi configurazione (da cutters a rippers e viceversa) ciascuno 48 ore **** n°2 mesi di curva di apprendimento con produzione media 50% ***** 10% di ore di stand by TBM come contingency													

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>16 di 22</b>

## 4 ALLEGATO “CONTINUOUS MINING – PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E VANTAGGI OPERATIVI”

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111				
	<i>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</i> <i>Underground &amp; Tunnelling</i>	DOCUMENT CODING 2021 – 0 – 001	REV. A	PAGE Pag. 1 a 8	

Progetto AV NAPOLI-BARI - Lotto Hirpinia-Orsara

Specifiche Speciali TBMs

### CONTINUOUS MINING

Note aggiuntive

Principi di funzionamento e vantaggi operativi

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	<b>COMMESSA</b> <b>0000</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>17 di 22</b>

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111				
<b>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</b> <b>Underground &amp; Tunnelling</b>	<b>DOCUMENT CODING</b> 2021 - 0 - 001	<b>REV.</b> A	<b>PAGE</b> Pag. 2 a 8		

Per Continuous Mining (CM) si intende una modalità di funzionamento della TBM che prevede di avviare il montaggio dei conci in durante la corsa di avanzamento della macchina, contrariamente a quanto accade nelle macchine con ciclo tradizionale, in cui le fasi di scavo e di installazione conci avvengono in fasi successive.

Utilizzare tale tecnologia su una macchina di scavo consente in generale:

- 1) una diminuzione del tempo ciclo,
- 2) una conseguente maggiore produttività.
- 3) una riduzione dei fermi
- 4) un minore sensibilità della produttività al variare dell geologia e della penetrazione

In una TBM dotata di sistema Continuous Mining la installazione dei segmenti comincia appena la TBM ha scavato circa la metà della corsa di scavo, quando si libera uno spazio nello scudo di coda sufficiente alla posa del primo concio del nuovo anello.

La scelta di iniziare la installazione dei segmenti solo una volta superata la metà della corsa di scavo deriva dalla necessità di non allungare la corsa dei cilindri di spinta, quindi la loro lunghezza e quella degli scudi.

Per posare il primo segmento i cilindri di spinta corrispondenti devono essere ritratti temporaneamente per consentire l'inserimento del concio e poi nuovamente estesi a pressare il concio appena montato.

Durante questo transitorio la spinta sui cilindri che rimangono in pressione sui restanti conci viene redistribuita in modo da mantenere inalterata la posizione del centro di spinta della TBM.

Questa operazione viene ripetuta per tutti i segmenti installati durante la seconda metà della corsa di scavo.

La redistribuzione delle pressioni sui cilindri per mantenere il centro di spinta in posizione costante durante l'avanzamento ed la contemporanea posa dei conci viene gestita in automatico dal software del PLC della macchina ed è facilitata da un circuito idraulico specifico capace di reagire con la necessaria rapidità nella redistribuzione delle pressioni.

Nelle moderne TBM, dotate di spinte elevatissime rispetto a quelle utilizzate in condizioni di funzionamento normale, le variazioni di spinta conseguenti l'attivazione del sistema di CM sono contenute e non creano condizioni di critiche sulle singole scarpe dei cilindri.

Come meglio chiarito nel seguito il numero di conci che possono essere montati durante la fase di scavo dipende da due fattori, la velocità di avanzamento della TBM ed il tempo di posa di ciascun concio.

Più la TBM avanza piano (o perché scava con elevata pressione al fronte ovvero in rocce molto dure) maggiore è il tempo richiesto per completare la seconda metà della corsa di scavo e quindi maggiore è il tempo a disposizione per il montaggio conci.

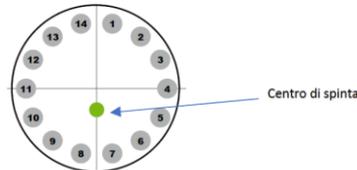
Più è rapido il montaggio conci e, a parità di tempo a disposizione, più conci possono essere montati mentre la TBM completa la seconda metà della corsa di scavo.

Di seguito si chiarisce meglio come interviene il PLC della TBM a redistribuire le pressioni con il sistema CM durante il montaggio dell'anello in fase di scavo.

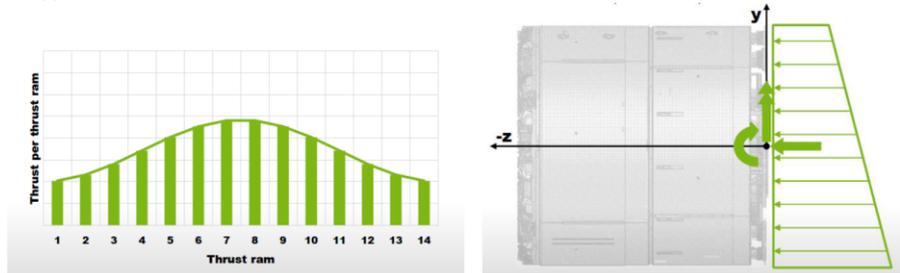
APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>18 di 22</b>

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	<b>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</b> <b>Underground &amp; Tunnelling</b>	DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A

La posizione del centro di spinta durante l'avanzamento della TBM è usualmente posta sotto l'asse macchina per via della componente di attrito all'avanzamento della TBM come rappresentato qui sotto per una TBM con 14 coppie di cilindri di spinta.



Per realizzare questa posizione del centro di spinta la distribuzione della pressione nei cilindri durante la prima metà della corsa di scavo, quando ancora non è iniziata la installazione dei conchi, è quella qui sotto rappresentata.



Come si osserva dal grafico la pressione varia sensibilmente tra i diversi cilindri, con pressioni nei cilindri della zona di arco rovescio pari a più di due volte quelle di calotta.

Quando si avvia il montaggio del primo conchio (e similamente poi per i conchi successivi) si ritraggono i cilindri corrispondenti ed il PLC della TBM aumenta la pressione nei cilindri che rimangono in spinta sugli altri conchi così da compensare sia in valore che in risultante del centro di spinta.

Il PLC è capace di reagire prontamente alle variazioni di distribuzione di spinta (sistema di auto-bilanciamento) ed ha un Sistema di misura della spinta (controllo pressione) per ogni singolo cilindro.

Il Software è programmato per limitare la variazione delle pressioni nei cilindri e la spinta massima su ogni cilindro ai valori ammissibili così da non rischiare di danneggiare i conchi.

Le TBM di cui è previsto l'impiego nella galleria di Hirpinia-Orsara montano una anello composto da 7 segmenti spinto da 21 coppie di cilindri di spinta, 3 per segmento.

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>19 di 22</b>

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	<b>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</b> <b>Underground &amp; Tunnelling</b>	DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A

Quando si attiva la modalità CM e si inizia la installazione di un segmento durante nella seconda metà della corsa di scavo, l'aumento di pressione nei cilindri che rimangono in spinta varia da un minimo del 10% ad un massimo del 35% circa in funzione di quale è la posizione del segmento che si sta installando.

Se infatti si installa un concio nella zona di calotta la spinta da compensare è minima mentre tale spinta diventa massima se si installa un concio nella zona di arco rovescio.

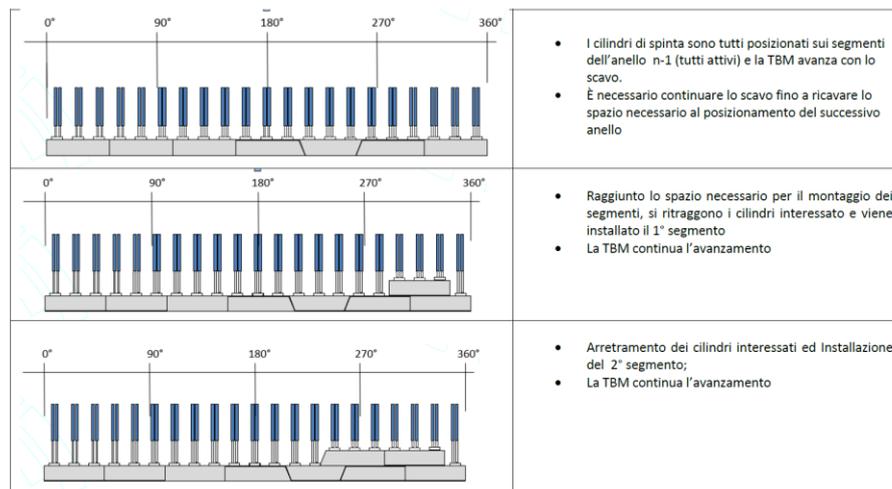
Queste variazioni di pressione, comunque inferiori a quelle che si verificano in seguito alle correzioni di guida, non comportano rischi di superamento dei limiti della macchina e dei conci, specialmente considerando che le TBM previste nel progetto hanno spinte massime ed eccezionali pari a 4-6 volte le spinte effettivamente utilizzate quando la TBM lavora in modalità aperta o anche EPB.

Tuttavia prudenzialmente, nelle le condizioni di lavoro più gravose per la TBM quando si combinano le massime pressioni EPB al fronte con terreni convergenti che esercitano forti spinte sugli scudi, si è comunque ipotizzato di installare i due conci nella zona di arco rovescio con la TBM in stand by, limitando l'impiego del sistema di CM ai cinque conci da installare nelle zone dei paramenti e della calotta.

Questo consente di limitare in queste tratte gli aumenti di pressione nei cilindri di spinta durante l'attivazione del CM ad un 10-15%.

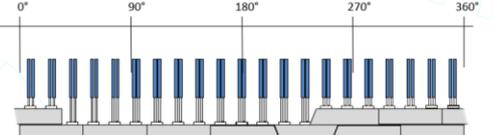
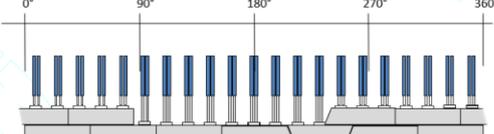
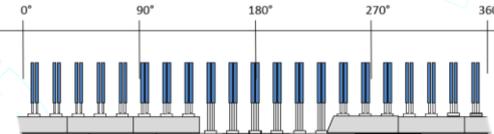
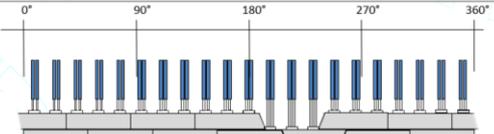
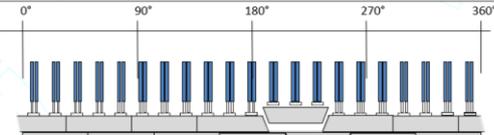
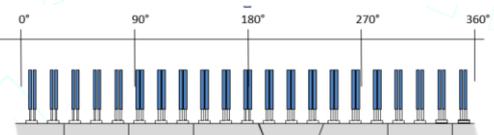
D'altra parte, proprio in queste tratte la capacità della TBM di avanzare quasi in continuo riduce le spinte agenti sugli scudi e limita il rischio di intrappolamento.

Di seguito sono riepilogate le fasi tipiche di un avanzamento continuous mining:



APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETTRIFER -</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>		COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>20 di 22</b>

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	<i>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</i> <i>Underground &amp; Tunnelling</i>		
	DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A	PAGE Pag. 5 di 8

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 3° segmento;</li> <li>La TBM continua l'avanzamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 4° segmento;</li> <li>La TBM continua l'avanzamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 5° segmento;</li> <li>La TBM continua l'avanzamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 6° segmento;</li> <li>La TBM continua l'avanzamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 7° segmento;</li> <li>La TBM continua l'avanzamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La TBM continua l'avanzamento fino al raggiungimento dello spazio necessario a posizionare il successivo anello</li> <li>Continuazione del ciclo precedente</li> </ul>

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>21 di 22</b>

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	<i>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</i> <i>Underground &amp; Tunnelling</i>		
	DOCUMENT CODING 2021 – 0 – 001	REV. A	PAGE Pag. 6 a 8

#### Vantaggi Operativi

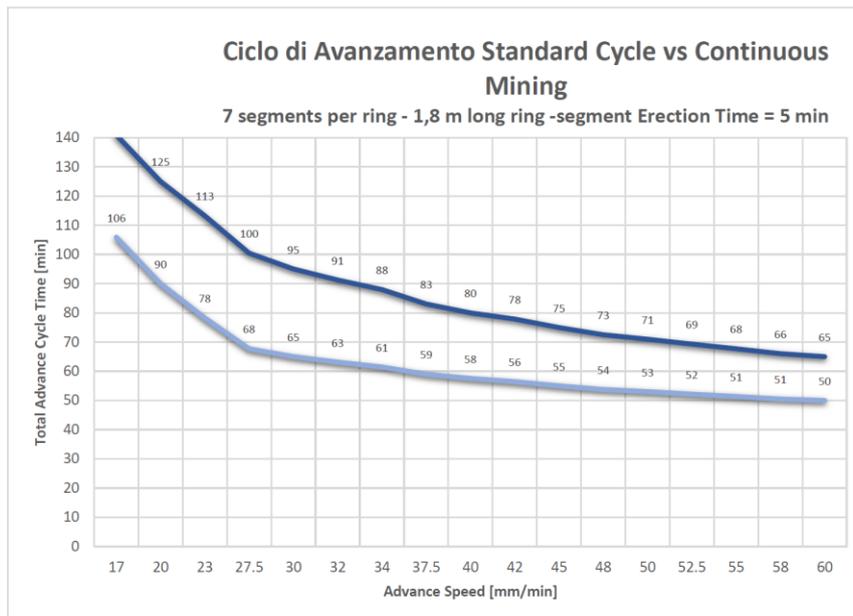
La tabella qui sotto riassume, al variare della velocità di avanzamento, le differenze di tempo di ciclo e produttività della TBM con e senza il sistema di CM attivato

TBM OPERATION			Standard Single Shield Cycle				Continuous Mining Cycle				Delta Advance Rate
OPERATION MODE	Advance Speed	Boring Stroke	Boring time	Lining erection time	Advance Cycle Time	Advance Rate Standard	Boring time	Lining Erection Critical path	Advance Cycle Time	Advance Rate Continuous Mining	
	mm/min	mm	min	min	min	m/h	min	min	min	m/h	
	17	1800	106	35	141	0,77	106	0	106	1,02	25%
	20	1800	90	35	125	0,86	90	0	90	1,20	28%
	23	1800	78	35	113	0,95	78	0	78	1,38	31%
	27,5	1800	65	35	100	1,08	65	2	68	1,59	33%
	30	1800	60	35	95	1,14	60	5	65	1,66	32%
	32	1800	56	35	91	1,18	56	7	63	1,71	31%
	34	1800	53	35	88	1,23	53	9	61	1,76	30%
	37,5	1800	48	35	83	1,30	48	11	59	1,83	29%
	40	1800	45	35	80	1,35	45	13	58	1,88	28%
	42	1800	43	35	78	1,39	43	14	56	1,91	28%
	45	1800	40	35	75	1,44	40	15	55	1,96	27%
	48	1800	38	35	73	1,49	38	16	54	2,01	26%
	50	1800	36	35	71	1,52	36	17	53	2,04	25%
	52,5	1800	34	35	69	1,56	34	18	52	2,07	25%
	55	1800	33	35	68	1,59	33	19	51	2,10	24%
	58	1800	31	35	66	1,64	31	19	51	2,14	23%
	60	1800	30	35	65	1,66	30	20	50	2,16	23%

Queste differenze sono visualizzate nel grafico più sotto, che riporta, sempre al variare della velocità di avanzamento il tempo di ciclo, e quindi la produttività, con e senza il sistema di CM attivato.

APPALTATORE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>WEBUILD</b> <b>PIZZAROTTI SPA</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING- PINI- M-INGEGNERIA- GCF- ELETRIFER -</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di sistema-sintesi</b>	COMMESSA <b>0000</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>22 di 22</b>

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	<b>Global Supply Chain - Plant &amp; Equipment</b> <b>Underground &amp; Tunnelling</b>	DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A



Il vantaggio del sistema CM.

- E' maggiore alle basse velocità di avanzamento, quindi in condizioni di terreno difficile o quando in roccia dura.
- Rende meno sensibile il tempo di ciclo di avanzamento al variare della geologia