

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

GN01 - GALLERIA NATURALE HIRPINIA

ELABORATI GENERALI

-

Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 30/09/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. G. Cassani

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA:

IF3A	02	E	ZZ	RH	GN0100	004	D	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	M. Mason	08/02/2022	A. Zimbaldi	08/02/2022	M. Gatti	08/02/2022	Ing. G. Cassani 10/02/2023
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	M. Mason	08/06/2022	A. Zimbaldi	08/06/2022	M. Gatti	08/06/2022	
C	C 08.03 - A valle del contraddittorio	M. Mason	30/09/2022	A. Zimbaldi	30/09/2022	M. Gatti	30/09/2022	
D	C 08.04 - A valle del contraddittorio	P. Poli	10/02/2023	A. Zimbaldi	10/02/2023	M. Gatti	10/02/2023	

File: IF3A02EZZRHGN0100004D.docx

n. Elab.: -

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 3 di 31

1 INTRODUZIONE

Il presente documento è parte integrante del progetto esecutivo della galleria Hirpinia inclusa nel raddoppio ferroviario della tratta compresa tra Hirpinia ed Orsara, itinerario Napoli – Bari.

La galleria Orsara risulta ubicata tra le progressive km 68+529.38 (imbocco lato Napoli) e km 41+453.13 (imbocco lato Bari) per il binario Pari e tra le progressive km 68+531.40 (imbocco lato Napoli) e km 41+477.12 (imbocco lato Bari) per il binario Dispari.

La galleria Hirpinia verrà scavata principalmente mediante impiego di TBM del tipo EPB.

Oggetto della presente relazione sono le attività di monitoraggio da condurre in macchina durante le fasi di avanzamento di ognuna delle macchine impiegate per la realizzazione delle gallerie. Le attività da porre in atto sono relative sia ai parametri di guida, sia ad attività di monitoraggio vere e proprie.

Nel seguito, dopo avere individuato gli obiettivi che si intendono perseguire con il monitoraggio nel corso degli scavi, si riporta una descrizione di dettaglio del sistema previsto. Viene anche descritta sinteticamente la piattaforma di gestione dati per la raccolta dei parametri operativi della TBM e delle misure di monitoraggio.

1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Nell'ambito dell'Itinerario Napoli-Bari si inserisce il Raddoppio della Tratta Hirpinia-Orsara che rappresenta il secondo lotto della tratta in variante Apice-Orsara, il cui primo lotto (Apice-Hirpinia) si trova attualmente in fase di esecuzione da parte del Consorzio Hirpinia AV.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l'aumento dell'offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l'accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.

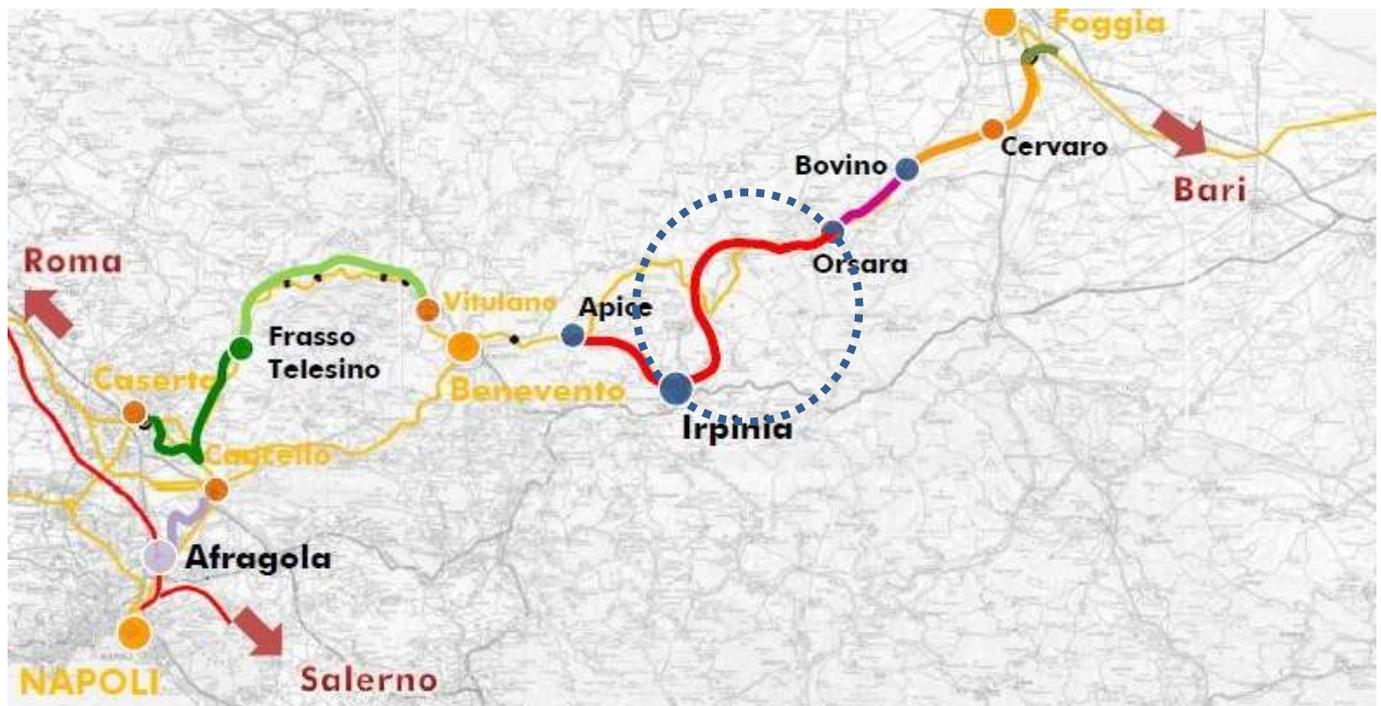


Figura 1-1. Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 4 di 31

La variante oggetto del presente documento interessa il tratto centrale della direttrice Napoli – Bari e risulta strategica nel riassetto complessivo dei collegamenti metropolitani, regionali e lunga percorrenza previsto con la realizzazione di tutto il potenziamento. Si colloca in territorio campano e pugliese ed i comuni attraversati sono rispettivamente per la provincia di Avellino: Ariano Irpino, Flumeri, Savignano Irpino e Montaguto; per la provincia di Foggia: Panni e Orsara di Puglia.

Il tracciato della Bovino – Orsara - Hirpinia è stato progressivato rispetto all'orientamento della Linea Storica partendo da Bovino con la pk 29+050 (fine tratta Cervaro-Bovino) fino ad Orsara con pk 40+889 (imbocco galleria Orsara) dove inizia la tratta oggetto del presente progetto esecutivo che si estende fino ad Hirpinia con pk 68+955.

La linea AV/AC si sviluppa prevalentemente in galleria con una velocità compresa tra 200 e 250 Km/h ed ha una lunghezza complessiva L=28,06 km.

Il nuovo tracciato ferroviario ha inizio alla pk 40+889.793 (BP) in corrispondenza dell'inizio del collegamento di 1^a fase della tratta Bovino – Orsara, per il quale in questo progetto è prevista la dismissione.

Il tracciato prosegue come prolungamento della nuova linea a doppio binario inizialmente con l'interasse a 4m per poi divergere fino all'imbocco dalla galleria naturale Hirpinia (lato Bari) per la quale è previsto l'imbocco a canne separate.

Il corpo ferroviario compreso tra l'inizio del progetto e la pk 41+046.85 è già realizzato nell'ambito degli interventi della tratta Bovino – Orsara, come lo sono anche i piazzali tecnologici Nord e Sud, la SSE e il sottopasso di collegamento tra la viabilità di accesso alla stazione e i piazzali suddetti.

Dal km 41+046.85 dopo un breve tratto in rilevato inizia lo scatolare che si collega direttamente al viadotto VI01 sul torrente Cervaro di L=313.65m.

In questo contesto si colloca anche la nuova Stazione di Orsara (pk 40+074.95).

La galleria "Hirpinia" inizia alla pk 41+435.91 a pochi metri dalla spalla del viadotto VI01 (pk 41+428.29) e finisce alla pk 68+537.41. La galleria lato Bari imbecca direttamente con le canne separate e prosegue a doppia canna fino ad Hirpinia dove attraverso un camerone di collegamento in prossimità dell'uscita lato Napoli diventa a singola canna doppio binario per consentire ai binari di avvicinarsi all'interasse di 4m e collegarsi con i binari di corsa della stazione di Hirpinia, già realizzata nella tratta Apice - Hirpinia.

Lo sviluppo complessivo della galleria è di 27 Km circa.

L'interasse delle due canne è prevalentemente di 40 m ad eccezione di un tratto compreso tra le pk 48+000 e pk 57+800 circa all'interno del quale l'interasse è stato allargato a 50 m; per l'intera galleria le canne sono collegate tra di loro da by-pass trasversali a passo 500 m per consentire l'esodo dei passeggeri.

Tra le pk 57+195 e 57+605 è stato inserito un luogo sicuro intermedio dotato di marciapiedi FFP di lunghezza L=410 m. L'esodo all'aperto dei passeggeri avviene attraverso la finestra F1 direttamente collegata con la viabilità locale attraverso un piazzale di sicurezza.

L'uscita della finestra F1 si trova in località Contrada Stratola, in corrispondenza dell'uscita della galleria sono stati ubicati anche i piazzali tecnologici e la nuova SSE di Ariano Irpino.

La linea AV/AC è progettata nel tratto allo scoperto (stazione di Orsara) con una velocità di tracciato di 200 Km/h, con una velocità di 250 Km/h per tutto il restante tracciato in galleria per poi riscendere a 200 Km/h in corrispondenza del camerone di Hirpinia proprio per l'approssimarsi alla stazione di Hirpinia.

Lungo la galleria sono previste alcune finestre costruttive necessarie per la realizzazione con il metodo tradizionale dei tratti di galleria.

Uscito dalla galleria il tracciato termina alla pk 68+953.375 (BP), coincidente con la pk 0+700 della tratta Apice – Hirpinia, in prossimità dei tronchini per l'attestamento dei treni da e per Napoli previsti nella stazione di Hirpinia di 1^a fase.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 5 di 31

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

IF3A.0.2.E.ZZ.RH.GN.01.0.0.008	GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.001	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 1/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.002	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 2/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.003	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 3/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.004	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 4/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.005	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 5/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.006	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 6/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.007	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 7/7
IF3A.0.2.E.ZZ.WB.GN.01.0.0.001	GN Meccanizzato - Sezioni tipo di monitoraggio
IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.GN.07.0.0.002	GN Meccanizzato - Relazione di calcolo
IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.GN.07.0.0.003	GN Meccanizzato - Allegati numerici relazione di calcolo
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.002	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 2
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.003	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 3
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.004	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 4
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.005	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 5
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.006	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 6
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.007	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 7
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.008	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 8
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.009	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 9
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.010	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 10
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.011	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 11
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.012	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 12
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.013	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 13
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.014	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 14
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.015	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 15
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.016	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 16
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.017	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 17
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.020	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 2
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.021	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 3
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.022	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 4
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.023	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 5
IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GN.01.0.0.024	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 6

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 7 di 31

3 OBIETTIVI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio in macchina ed in avanzamento predisposto si sviluppa secondo tre principali elementi:

- Controllo dei parametri di guida;
- Controllo dei parametri operativi della TBM;
- Monitoraggio in avanzamento.

Il controllo dei parametri di guida è finalizzato alla verifica della corrispondenza dello scavo con il tracciato plano-altimetrico di progetto della galleria, al fine di operare tempestivamente eventuali correzioni in corso d'opera in caso di scostamenti.

La raccolta e l'analisi dei parametri operativi di funzionamento della TBM fornisce un riscontro di monitoraggio per verificare il buon andamento degli avanzamenti.

Il parametro più significativo dal punto di vista progettuale è rappresentato dalla pressione in camera di scavo, il cui valore è indicato nei profili di progetto per ciascuna tratta di galleria a comportamento omogeneo e dovrà quindi essere tenuto costantemente sotto controllo nel corso degli avanzamenti. Riduzioni inattese del valore di pressione al fronte potrebbero segnalare una perdita del fluido contenuto all'interno della camera di scavo a causa dell'intercettazione di cavità o di zone di ammasso in avanzata fase di dissoluzione, che potrebbe rendere inefficace l'azione di confinamento del fronte atta a garantirne la stabilità.

Il controllo dello smarino (volume e peso) fornirà indicazioni sulla qualità dell'ammasso attraversato oltre che rappresentare un elemento di controllo del mantenimento della sagoma di scavo. Allo stesso modo assume grande importanza la verifica della pressione e del volume dei riempimenti a tergo dei conci, sia eseguiti mediante iniezione con malte di backfilling dalla coda dello scudo, sia mediante pea-gravel, valutazioni eseguite sia da "mortar car", che sui valori registrati dal sistema operativo della TBM. Il corretto riempimento del gap tra profilo di scavo e estradosso conci sarà anche verificato mediante tomografia ultrasonica e ground penetration radar (GPR).

Importanti indicazioni sulle proprietà dell'ammasso verranno fornite anche dai parametri macchina propriamente detti (forza di spinta, coppia torcente, velocità di avanzamento, ecc.).

L'esecuzione di un monitoraggio in avanzamento, da correlare con i parametri operativi registrati sulla fresa, consentirà un ulteriore controllo dell'ammasso anche in condizioni particolari come quelle caratteristiche dello scavo meccanizzato, in cui il fronte di scavo non risulta direttamente visibile. Il monitoraggio sarà effettuato in continuo per via indiretta (sistema BEAM) prevedendo invece misure dirette puntuali in corrispondenza di specifiche situazioni locali puntuali e/o in caso di segnalazione di valori anomali dagli altri elementi del sistema. Al riguardo, localmente, specie nei passaggi intraformazionali, potranno essere eseguite indagini cross-hole in avanzamento.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 8 di 31

4 MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI GUIDA

La TBM sarà attrezzata con un apposito sistema di guida che consentirà di misurare in continuo i dati relativi alla posizione della macchina rispetto al tracciato teorico di progetto, in modo tale da consentire una calibrazione in corso d'opera degli avanzamenti.

In particolare, il sistema di guida della macchina visualizzerà in continuo, sia graficamente che numericamente, la posizione della TBM (asse geometrico) in relazione all'asse del tracciato del tunnel. Il sistema fornirà inoltre la posizione assoluta di un punto in asse posto sulla coda dello scudo e di un punto in asse posto in prossimità della testa di scavo, l'inclinazione verticale e orizzontale dell'asse della TBM (relativamente alla posizione teorica dell'asse), nonché la rotazione dello scudo intorno al proprio asse.

L'operatore in macchina potrà quindi visualizzare, istante per istante, lo scostamento (verticale ed orizzontale) del centro della testa di scavo dal punto dell'asse teorico della galleria su un piano perpendicolare allo stesso.

In pratica, il sistema di guida visualizzerà graficamente e numericamente la "tendenza" verticale ed orizzontale della TBM, riferita all'asse teorico, calcolando l'eventuale curva di correzione e visualizzando la posizione della TBM relativamente a detta curva.

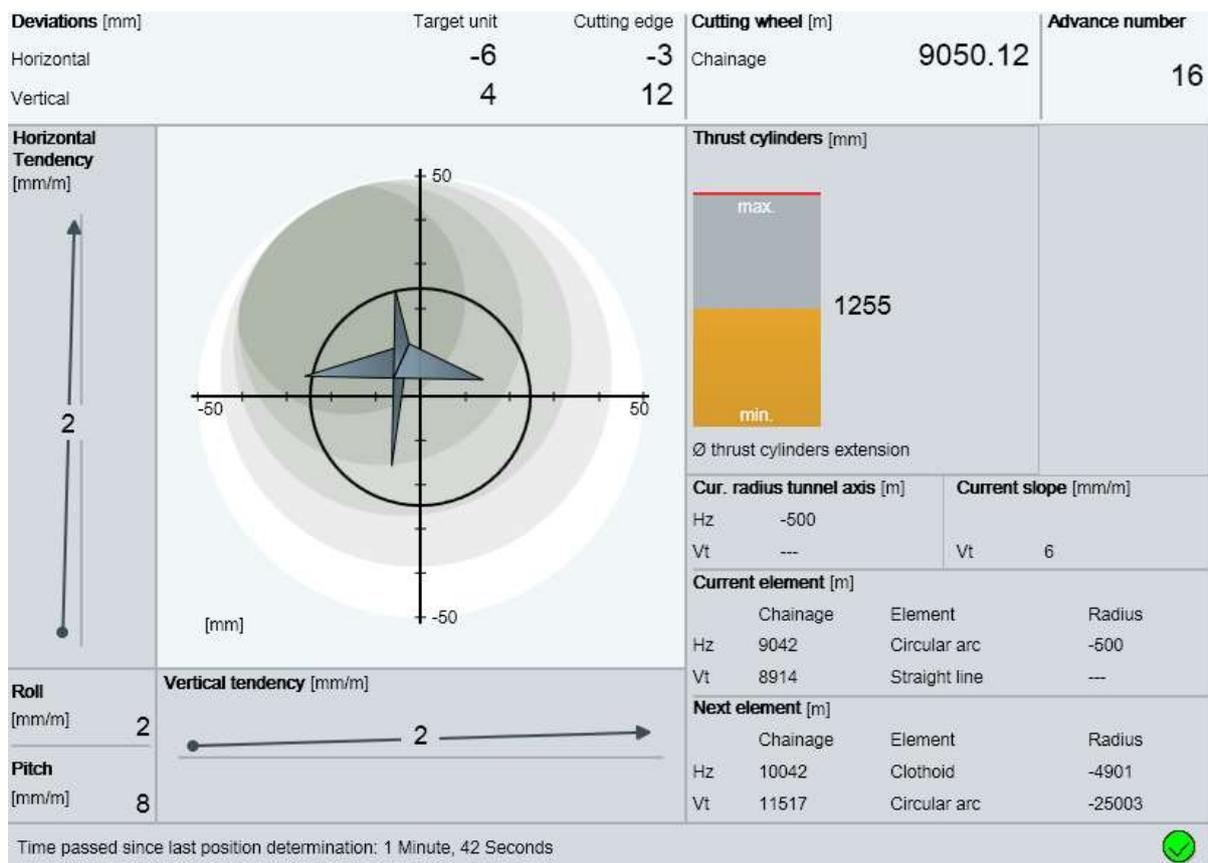


Figura 2 – Esempio di monitoraggio del sistema di guida

Tutti i dati di guida saranno registrati in continuo su un apposito sistema di acquisizione, che consentirà di individuare in tempo reale il superamento di valori di soglia, attenzione o allarme, garantendo quindi una tempestiva messa in opera delle opportune azioni di mitigazione.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D FOGLIO 10 di 31

5 SISTEMA DI ACQUISIZIONE E GESTIONE DEI DATI MACCHINA

Lo scavo meccanizzato comporta una singolarità nella pratica di esecuzione di una galleria dal punto di vista dell'esame del terreno scavato poiché non è possibile rilevare il "fronte di scavo", ad eccezione di rilievi puntuali, quando viene arrestata la fresa per la pulizia della testa di scavo. Assume quindi grande importanza provvedere ad un attento e continuo controllo e analisi dei parametri rilevati nel corso degli avanzamenti, predisponendo un programma informatico di gestione dei parametri chiave, così da disporre di tabelle e grafici di semplice ed immediata comprensione, da correlare, tra l'altro, con i risultati del sistema di monitoraggio predisposto.

Nel caso specifico si adotterà il sistema **Tunnel We-View**, che consente di integrare l'ingente quantità di parametri disponibili dalle varie fonti operative del cantiere in un **quadro organico**, in grado di fornire una **visione globale di tutti i sottosistemi** e un **controllo puntuale delle attività operative**. La piattaforma consentirà la **condivisione in real-time** dei dati raccolti e delle elaborazioni degli stessi con la struttura di Direzione Lavori e la gestione puntuale di tutti i processi connessi alle operazioni di scavo e dei sistemi logistici a supporto della TBM, nonché attuare procedure di gestione del rischio mediante l'adozione di azioni correttive.

Nel seguito, dopo una descrizione di maggiore dettaglio del sistema Tunnel We-View, si riportano i principali dati di interesse progettuale.

5.1 IL SISTEMA TUNNEL "WE-VIEW"

Il sistema è stato sviluppato per raccogliere, elaborare e visualizzare in tempo reale tutti i dati raccolti dalla TBM, da tutti gli impianti e mezzi impiegati nel cantiere, inclusi i sistemi di monitoraggio. Tunnel We-View elaborerà tali serie dati in tempo reale, rendendoli disponibili e visualizzabili alla Direzione Lavori sia via App che su sito Internet che in apposite sale di controllo. Il sistema implementerà – inoltre - funzionalità in grado di segnalare anomalie e allarmi potenzialmente di rischio per operatività, sicurezza ed ambiente.

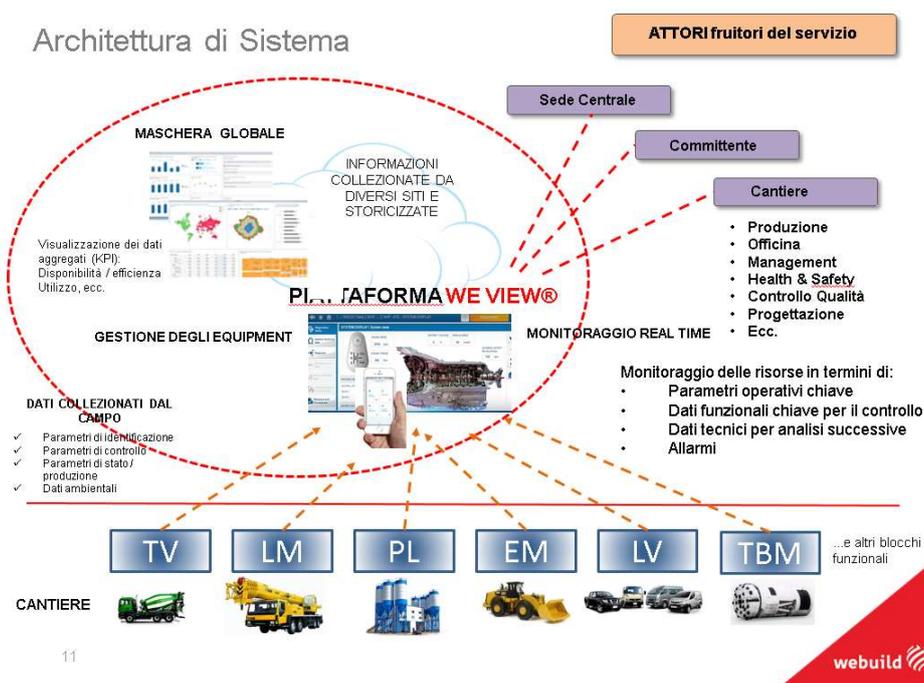


Figura 3 – Architettura sistema We-View

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 11 di 31

Il sistema opera attraverso i seguenti step funzionali:

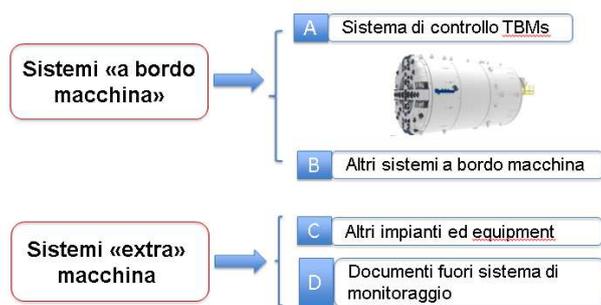
- 1) Connessione a sistemi / sottosistemi: Tunnel We-View raccoglie i dati di impianti, attrezzature e sottosistemi nella catena di produzione TBM, sia nel caso di connessione diretta a dispositivi qualora questi non siano dotati di sistema proprio, sia nel caso di connessione diretta al sistema di monitoraggio autonomo di cui i dispositivi/impianti possono essere dotati. Il Processo di raccolta dei dati potrà essere customizzato, con scelta dei tempi di campionamento e acquisizione dei dati personalizzabile in funzione delle necessità.
- 2) Visualizzazione, Monitoraggio, ed Elaborazione Dati - Il sistema consente la visualizzazione in tempo reale, attraverso maschere di monitoraggio per tipo di sistema/sottosistema e gruppi di sistemi, per il controllo continuo delle attività e dei parametri operativi. Esso implementa funzionalità per l'elaborazione di Report automatici e statistiche analitiche, in maniera predefinita per la definizione dei KPI di interesse principale, ma anche in maniera personalizzata in base all'occorrenza e alle specifiche necessità
- 3) Parametrizzazione e Conservazione dei dati - Tunnel We-View permette di parametrizzare i dati, in maniera da consentire elaborazioni e comparazioni congrue tra diverse tipologie di sistemi/attrezzature/impianti e la definizione di KPI (Key Performance Indicator) affidabili.

La conservazione dei dati potrà essere gestita sia su server di cantiere che in cloud, in maniera da consentire l'accesso ai «raw data» per tipo di sistema/attrezzature, analisi ed elaborazioni più dettagliate, elaborazione di documentazione «as built».

Nell'ambito specifico del cantiere, il sistema We-View si interfacerà/integrerà i dati dei seguenti macrosistemi:

- sistemi «a bordo macchina», costituito dal sistema di controllo delle TBM e da altri sistemi a bordo macchina;
- sistemi «extra» macchina, costituiti da impianti ed attrezzature sussidiari al funzionamento della TBM e documentazione tecnica esterna al sistema di monitoraggio.

Come mostrato nei seguenti schemi.



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 12 di 31

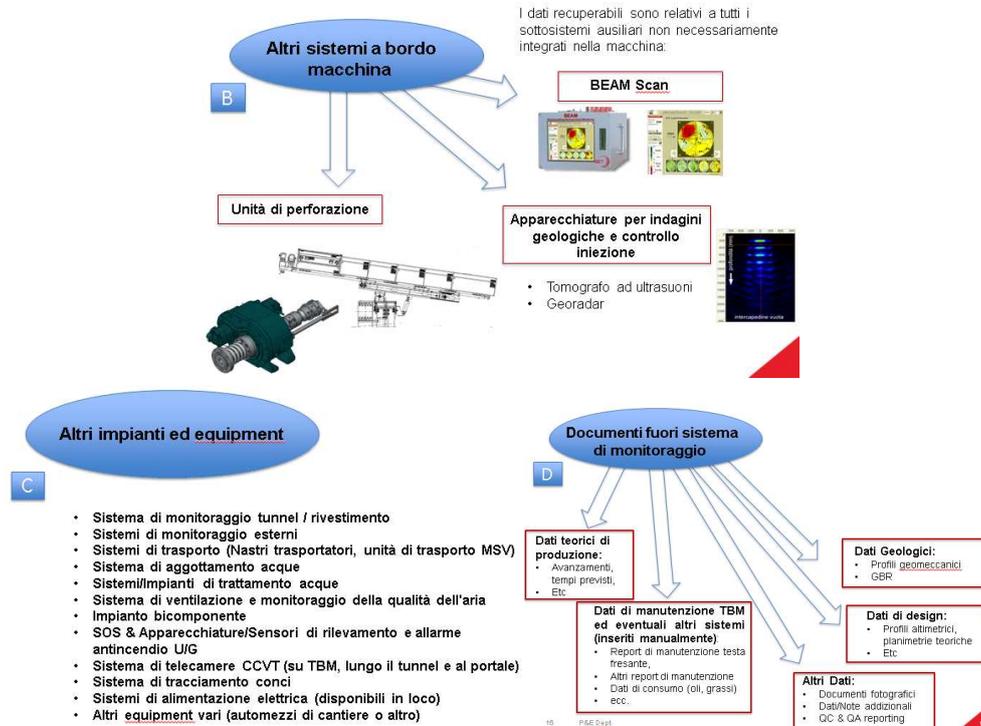


Figura 4 - Schema interfacciamento dei sistemi Tunnel We-View

Per quanto concerne la gestione dei dati ed il flusso delle informazioni, Appaltatore e Direzione Lavori disporranno della piena accessibilità, in tempo reale, ai dati raccolti dal PLC (parametri macchina) e dal sistema di monitoraggio installato sui rivestimenti definitivi in conci prefabbricati. Preliminarmente all'avvio delle operazioni di scavo, nell'ambito dei relativi PAT, il Progettista, di concerto con l'Appaltatore e la Direzione Lavori stabilirà i valori di soglia dei parametri significativi per la valutazione dei processi di scavo e di interazione dell'ammasso con i rivestimenti della galleria; tali valori saranno indicativamente tarati considerando **quale valore soglia di attenzione** l'80% del valore definito a progetto, e quale **valore d'allarme** il superamento del 20% del valore di progetto (ad esempio la previsione, in tratta omogenea di un valore di spinta di progetto pari a 60 MN, porta a definire un valore di soglia di attenzione pari a 48 MN ed una soglia di allarme a 72 MN). I valori saranno tarati in dettaglio anche a seguito dell'esperienza raccolta nei primi tratti di galleria scavata.

Sulla base di tali valori soglia sarà quindi implementato il sistema di generazione automatica di alert previsto dalla piattaforma Tunnel We-View. La segnalazione dei superamenti avverrà ai soggetti coinvolti in tempo reale (sms alert). Durante l'avanzamento ordinario dello scavo la Direzione Lavori avrà accessibilità in tempo reale ai dati macchina raccolti ed elaborati nella piattaforma Tunnel We-View. Saranno inoltre emessi report di avanzamento con cadenza giornaliera recanti dati significativi in merito a produzione ottenuta, condizioni di avanzamento ed impegno della TBM (elaborazioni parametri macchina), grazie alle potenzialità insite nel sistema Tunnel We-View (generazione automatica reportistica avanzamento).

Nelle condizioni di avanzamento in settore geologico-geomeccanico di particolare impegno (condizioni che determinano, ad esempio, fenomeni di convergenza importante dell'ammasso sullo scudo, con relativo incremento della domanda di spinta per consentire l'avanzamento), la condivisione in tempo reale dei dati significativi sarà alla base dell'azione coordinata Appaltatore – Direzione Lavori. Tale sistema sarà particolarmente utile nelle situazioni di fermo non previsto, in particolare all'interno della Formazione del Flysch Rosso nel settore centrale della Galleria.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. FOGGIO D 13 di 31

5.2 DATI SULLE CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Il terreno scavato, che viene estratto dalla camera al fronte mediante la coclea e trasportato all'esterno mediante nastro, dovrà essere attentamente visionato, al fine di verificarne, seppur qualitativamente, le caratteristiche geotecniche, con particolare riferimento alla granulometria. La percentuale di materiale fine acquista un ruolo fondamentale sulla tipologia e sulle caratteristiche del condizionamento del materiale da adottare in camera di scavo, da cui dipende il raggiungimento delle proprietà necessarie, in termini di plasticità e fluidità del mezzo, per il mantenimento della pressione di bilanciamento. Allo scopo potranno essere condotte occasionalmente prove di laboratorio.

Queste ultime risultano necessarie anche per la determinazione del peso di volume del materiale estratto, γ_{nat} ; questo parametro è fondamentale per la definizione del volume di materiale scavato a partire dal peso dello stesso, come verrà discusso nel seguito.

Per analizzare le caratteristiche di consistenza del terreno è possibile, inoltre, utilizzare due parametri individuati dal rapporto tra "Forza di spinta" (F) e "Velocità di avanzamento" (v), rapporto denominato *Indice di qualità diretta del terreno* (D.Q.I.), e tra "Momento torcente della testa" e "Penetrazione" (p), denominato *Indice di Qualità Indiretta del terreno* (I.Q.I.).

Il D.Q.I. ha le dimensioni di una forza diviso una velocità e corrisponde ad una "resistenza meccanica", mentre I.Q.I. ha le dimensioni di una forza moltiplicata una velocità angolare e corrisponde concettualmente alla potenza necessaria per ruotare la testa all'interno del terreno.

Questi indici rappresentano un buon modo di valutare oltre alle caratteristiche del terreno anche la riuscita del condizionamento. Nel caso del primo rapporto tanto più è maggiore tanto migliore è la qualità meccanica del terreno. Anche nel secondo caso concettualmente è possibile giungere alle medesime conclusioni, ma poiché il torque della macchina è grandemente influenzato da fenomeni attritivi tra muck e cutterhead la correlazione con le caratteristiche del terreno è più incerta.

5.3 DATI SULLA PRODUZIONE

Al fine di analizzare il ciclo di produzione previsto per l'avanzamento, soprattutto durante i primi mesi di scavo, assume grande importanza la registrazione dei tempi necessari allo svolgimento delle singole attività previste, con particolare attenzione per:

- Durata della fase di scavo;
- Durata delle fasi di installazione dell'anello di rivestimento;
- Posizione concio di chiave e eventuali sostituzioni conci danneggiati.
- Registrazione di eventuali fermi macchina, per manutenzioni ordinarie o straordinarie, come in dettaglio riportato al paragrafo successivo.

Il rapporto tra il tempo di scavo e di posa dell'anello di rivestimento permette di condurre valutazioni sul livello di sistematicità dell'avanzamento.

Nel caso specifico va evidenziato che le TBM che avanzeranno dall'imbocco lato Bari, ed attraverseranno la tratta centrale della galleria nelle Formazioni del complesso Caotico (FYR/APC), saranno dotate del sistema "continuous mining" che consente la posa di buona parte del rivestimento in conci prefabbricati contestualmente allo scavo in avanzamento, così da limitare i fermi e, conseguentemente, l'attivazione di maggiori pressioni sugli scudi. Il controllo dei dati di produzione consentirà, in questo caso, di condurre valutazioni anche sulle problematiche di interazione scavo-TBM in termini di attriti sugli scudi e spinte necessarie per l'avanzamento.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. FOGGIO D 14 di 31

5.4 REGISTRAZIONE DEI FERMI MACCHINA

Al fine di tenere opportunamente conto dell'interazione TBM-ammasso, specie con riguardo alle pressioni che si possono attivare sullo scudo, è necessario provvedere alla registrazione dei fermi macchina che superino il normale tempo necessario alla posa dell'anello di rivestimento. Sarà necessario registrare:

- La Progressiva del fermo macchina, con riferimento alla posizione della testa TBM
- La data e la durata del fermo (dalle ore alle ore)
- La motivazione del fermo e le attività eseguite durante il fermo
- Le azioni di gestione della TBM eseguite durante il fermo (ad esempio, la rotazione della testa per evitare blocchi del cutter-head, iniezioni di bentonite dallo scudo per garantire buone condizioni di lubrificazione, movimento dell'articolazione intermedia dello scudo ...)
- Registrazione dei parametri macchina, specie della forza di contatto del cutter-head, della pressione in camera di scavo e della spinta sui martinetti.
- Le osservazioni strumentali effettuate durante il fermo riguardo a pressioni sullo scudo ed evoluzioni del profilo di scavo, mediante lettura delle celle di pressione e dei fontimetri di cui sono dotati i tre settori dello scudo.

Il rapporto tra fermi e ciclo di avanzamento permette di evidenziare il "livello di efficienza" del sistema e di verificare le eventuali connessioni tra fermi macchina, detensionamento del fronte di scavo e cedimenti in superficie (in zone a bassi ricoprimenti, ad esempio nel primo tratto di scavo dall'imbocco Bari) o eventuali problematiche di elevate pressioni dell'ammasso sugli scudi, che determinano la necessità di operare spinte eccezionali per l'avanzamento della TBM.

5.5 VOLUMI DI SCAVO E RIEMPIMENTO

Al fine di effettuare un indispensabile equilibrio tra volumi scavati, volume della galleria e volume della miscela cementizia di riempimento a tergo dell'anello, appare necessario procedere alla registrazione in continuo di:

- Peso del materiale scavato ad ogni spinta di avanzamento; attraverso la conoscenza del peso di volume del materiale condizionato (per il quale, come detto, occorrono sistematiche prove di laboratorio), è possibile determinare il volume del materiale estratto;
- Velocità di rotazione della coclea;
- Volume della miscela iniettata dalla coda dello scudo;
- Pressione di iniezione della miscela cementizia (per ogni iniettore).

Nota il volume teorico di scavo ed il volume della galleria, compreso dello spessore di rivestimento, è così possibile individuare, a partire dal volume di materiale scavato durante ogni step di avanzamento, l'eventuale prodursi di sovrascavi o vuoti al contorno del profilo di scavo, così da predisporre il corretto quantitativo di miscela e malta cementizia di riempimento.

Il rapporto tra volume di materiale scavato e volume di malta cementizia iniettata, quest'ultimo determinato attraverso il numero di pompate noto il quantitativo di ciascuna pompata, deve pertanto essere il più possibile costante e deve essere attentamente tenuto sotto controllo. E' infatti necessario poter disporre di uno strato di ripartizione delle pressioni geostatiche sul rivestimento in conci.

La pressione di iniezione della miscela di riempimento permette di valutare l'affidabilità della riuscita del riempimento, nonché stimare eventuali convergenze aggiuntive dovute alla pressione esterna del terreno e dell'acqua

5.6 PARAMETRI DI PRESSIONE IN CAMERA DI SCAVO

La pressione in camera di scavo (e la sua distribuzione lungo l'altezza del fronte) è sicuramente il dato che maggiormente si presta ad un confronto tra quanto rilevato in situ e le ipotesi espressi in fase di progetto. La

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 15 di 31

macchina presenta, in corrispondenza del bulkhead (parete stagna che separa la galleria dalla parte anteriore dello scudo dove agisce la testa di scavo), appositi sensori per la misura dei valori di pressione, disposti a diverse altezze sui due lati della circonferenza.

Risulta di fondamentale importanza il rilievo dei seguenti valori di pressione:

- Pressione della camera di scavo, misurata in bar, in corrispondenza della calotta della macchina (average top pressure);
- Pressione della camera di scavo, misurata in bar, in corrispondenza del piano dei centri (average middle pressure);
- Pressione della camera di scavo, misurata in bar, in corrispondenza dell'arco rovescio (average bottom pressure);
- Rapporto delle suddette pressioni fra l'inizio e la fine del ciclo di lavoro;
- Registrazione delle perdite di pressione.

L'esame dell'andamento della pressione durante il ciclo di lavoro permette di evidenziare se il confinamento del fronte risulta continuo nel tempo e quindi tale da evitare periodi in cui avviene un decadimento del valore di pressione in camera di scavo al quale può essere associato il detensionamento del nucleo al fronte ed il prodursi di perdite di volume (ad esempio nella fase in cui i martinetti vengono ritratti per la posa di un nuovo anello di rivestimento, aspetto che sarà sicuramente limitato nelle TBM con sistema "continuous mining").

Le perdite di pressione devono essere accuratamente registrate allo scopo di correlarle ai dati di monitoraggio in superficie.

5.7 PARAMETRI DELLA MACCHINA

Di grande utilità per una corretta interpretazione degli scavi è anche il monitoraggio dei parametri di avanzamento della macchina, quali:

- Forza di spinta totale (valore medio del ciclo di avanzamento), espressa in KN;
- Momento torcente della testa (valore medio del ciclo di avanzamento), espresso in MNm;
- Velocità di avanzamento medio, espressa in mm/min;
- Corsa dei pistoni, espressa in mm;
- Pressione dei singoli martinetti.

I suddetti parametri consentono di stimare in modo indiretto le proprietà meccaniche del materiale, e forniscono, in particolare modo il valore di spinta, una prima stima della pressione di confinamento del fronte di scavo, ovvero da un lato della difficoltà/facilità di avanzamento (quest'ultimo dato si riscontra anche esaminando la velocità di avanzamento – penetrazione) e dall'altro delle possibili ripercussioni in superficie in rapporto alla spinta globale esercitata dal terreno e dall'acqua sulla macchina.

I dati relativi ai singoli martinetti, corsa e pressione locale, permettono di esaminare la distribuzione delle pressioni in sezione ed eventuali anomalie di spinta (dissimmetrie rispetto all'asse verticale), da correlare con i dati rilevati dal sistema di guida della TBM.

Più in dettaglio dovranno essere monitorati e registrati tutti i parametri individuati nel documento di progetto definitivo IF1V02D07SPGN0100001A, "Specifiche tecniche TBM", in particolare:

- a) Controllo continuo delle pressioni in camera di scavo attraverso la lettura dei valori dei sensori di pressione che devono rispettare i valori di riferimento individuati. Il controllo deve essere eseguito mediante una procedura operativa che individua le azioni da adottare in caso di superamento delle soglie di attenzione ed allarme prefissate.
- b) Controllo continuo del materiale spillato dalla camera di scavo, mediante pesatura con l'utilizzo di due bilance installate sul nastro trasportatore. Il controllo deve seguire una procedura operativa, in cui sono fissate le soglie di attenzione e di allarme sul peso dei materiali estratti, fissate sia alla fine di ogni spinta che durante la spinta,

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 16 di 31

eseguendo almeno tre controlli nel corso del singolo avanzamento ed in cui sono determinate le azioni da attuare al superamento delle soglie fissate.

- c) Controllo della taratura delle bilance con personale dedicato e responsabile allo svolgimento di questa attività da eseguirsi almeno una volta ad ogni inizio turno.
- d) Controllo del volume dello smarino mediante elaborazione delle letture dello scanner installato sul nastro trasportatore, da effettuarsi sia a fine spinta che durante la stessa spinta di avanzamento (almeno tre volte nel corso della stessa), regolato da una procedura che individua soglie ed azioni da attuare al superamento delle stesse.
- e) Controllo continuo dei volumi e delle pressioni delle malte di intasamento e dei volumi di ghiaietto (pea-gravel) iniettati a tergo dei rivestimenti definitivi. Il controllo dei volumi iniettati deve avvenire sia da "mortar car" o dai container del ghiaietto, che sui valori registrati dal sistema operativo della TBM per le malte, mettendo in atto una procedura operativa in cui sono fissate le modalità di controllo e le soglie di attenzione e di allarme.

Inoltre, dovranno essere registrati i seguenti dati in continuo:

Testa fresante e camera di scavo

- a) momento torcente della ruota di scavo;
- b) velocità di rotazione della ruota di scavo;
- c) penetrazione testa fresante;
- d) direzione di rotazione della testa fresante;
- e) consumo corrente motori testa fresante;
- f) profilo della sezione di extrascavo;
- g) pressione dei sensori nella camera di scavo;
- h) pressione e portata aria compressa;
- i) pressione e portata bentonite in fase di macchina ferma, con camera piena.

Sistema di spinta

- a) pressione dei martinetti di spinta;
- b) corsa dei martinetti di spinta;
- c) velocità di avanzamento;
- d) forza totale di avanzamento.

Sistema iniezione additivi

- a) quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della testa fresante;
- b) quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della camera di scavo;
- c) quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della coclea;
- d) per ogni tipologia di additivo le sue caratteristiche fisiche/meccaniche principali;
- e) per ogni generatore di schiuma:

FIR (Foam injection rate),
 FER (foam expansion rate),
 Cf (Concentrazione agente schiumogeno),
 Q (portata schiuma prodotta).

Sistema iniezione malta

- a) pressione linee di iniezione misurata in prossimità del punto di iniezione;
- b) portata di ogni pompa.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 17 di 31

Sistema iniezione grasso

- a) pressione grasso in ogni punto terminale delle linee di alimentazione;
- b) portata grasso in ogni punto terminale delle linee di alimentazione.

Sistema estrazione materiale

- a) velocità di rotazione della coclea;
- b) coppia impegnata;
- c) pressione di terra all'entrata, all'uscita e in un punto intermedio della coclea;
- d) coefficiente riempimento della coclea;
- e) misura della corsa portello della coclea;
- f) peso del materiale scaricato, attraverso le due bilance installate sul nastro;
- g) volume del materiale scaricato, attraverso scanner installato sul nastro;
- h) misura gas metano all'uscita della coclea;
- i) forza di tiro.

Altre misure

- a) Temperature e livelli degli olii relativi ai singoli sistemi oleodinamici della macchina (sistema di scavo, sistema di spinta, erettore, coclea, nastro trasportatore, convogliatore concii, etc.) evidenziando i valori di soglia d'attenzione e d'allarme.
- b) Pressione sistema aria compressa.
- c) Monitoraggio condizioni ambientali in galleria (temperatura, umidità, ...).
- d) Portata sistema di ventilazione.

5.8 GRAFICI DI CONTROLLO

Come detto in precedenza, la predisposizione nel corso degli avanzamenti di grafici di sintesi e correlazione dei diversi dati rilevati, consente di avere a disposizione in ogni momento un efficace strumento di controllo delle modalità di scavo applicate.

In particolare, può essere significativo provvedere alla predisposizione sistematica dei seguenti dati (riportanti in ascissa il numero degli anelli o la corrispondente progressiva lungo il tracciato della galleria):

- Peso di volume – Numero anello;
- D.Q.I. e I.Q.I – Numero di anello;
- Durata fase di scavo – Numero di anello;
- Durata installazione anello – Numero anello;
- Rapporto fermi/ciclo di avanzamento – Numero di anello;
- Peso (Volume) di materiale scavato – Numero di anello;
- Volume di miscela iniettata – Numero di anello;
- Rapporto Volume di materiale scavato/Volume di miscela – Numero di anello;
- Velocità di rotazione della coclea – Numero di anello;
- Pressione di iniezione della miscela di riempimento – Numero di anello;
- Forza di Spinta media – Numero di anello;
- Momento torcente della testa (medio) – Numero di anello;
- Velocità di rotazione della testa – Numero di anello;
- Velocità di avanzamento – Numero di anello;

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 18 di 31

- Corsa dei cilindri – Numero di anello;
- Pressione del martinetto n° - Numero di anello;
- Pressioni al fronte (medio) – Numero di anello;
- Rapporto pressione al fronte inizio/fine ciclo – Numero di anello;
- Perdite di pressione – Numero di anello;
- Grafico con l'andamento delle pressioni lungo l'altezza della camera di scavo.

Gli stessi grafici dovranno essere predisposti anche con riferimento al tempo, considerando intervalli di lettura pari a 5-10 secondi.

In alcune tratte particolari (specie nel caso di passaggi a basse coperture) può risultare di fondamentale importanza la predisposizione di grafici di sintesi che riportano i principali parametri di scavo e li correlano ai dati derivati dal programma di monitoraggio, quali ad esempio:

- Pressioni al fronte - Cedimenti – Numero di anello;
- Rapporto Volume di materiale scavato/Volume di miscela - Cedimenti – Numero di anello;
- Perdite di pressione, Rapporto fermi/ciclo di avanzamento – Numero di anello;
- Distribuzione delle pressioni sul fronte – Altezza camera di scavo;
- Velocità di rotazione testa / Velocità di rotazione della coclea – Cedimenti – Numero di anello;

Tutti i dati relativi ai parametri operativi della macchina, e le relative graficizzazioni, devono essere messi a disposizione della Direzione Lavori, in tempo reale, grazie anche alla piattaforma di gestione dati descritta in precedenza.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA		
M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 19 di 31

6 MONITORAGGIO IN AVANZAMENTO

La TBM sarà attrezzata per l'esecuzione di indagini geotecniche di tipo sia diretto sia indiretto, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, per una costante verifica delle effettive condizioni geologiche, idrogeologiche e geomeccaniche previste sulla base delle diverse campagne di indagini geotecniche effettuate in fase di progetto.

L'esecuzione di indagini in avanzamento rispetto al fronte di scavo permetterà inoltre di identificare con maggiore precisione rispetto alle indagini condotte da piano campagna, che hanno portato a definire il profilo longitudinale geologico, idrogeologico e geomeccanico di previsione, le tratte di scavo più critiche per quanto concerne le caratteristiche geomeccaniche, le possibili venute d'acqua, ecc.

6.1 INDAGINI DIRETTE

In alcune tratte specifiche e/o più delicate (per la cui ubicazione si rimanda al profilo geomeccanico), nelle quali si ritiene importante verificare la rispondenza delle previsioni progettuali con le effettive condizioni geomeccaniche ed idrogeologiche, si provvederà all'esecuzione di sondaggi in avanzamento mediante apposite perforatrici in dotazione alla TBM-EPB.

Orientativamente tali sondaggi esplorativi saranno costituiti da un foro orizzontale direzionale, realizzato con sonda a rotazione, della lunghezza minima di 30-40 m e con del diametro di circa 100 mm. Il sondaggio dovrà essere protetto mediante un apposito "preventer" secondo lo schema qualitativo illustrato nella seguente Figura 5.

Il preventer consentirà di misurare anche eventuali venute d'acqua e la pressione idrostatica presente nell'ammasso roccioso.

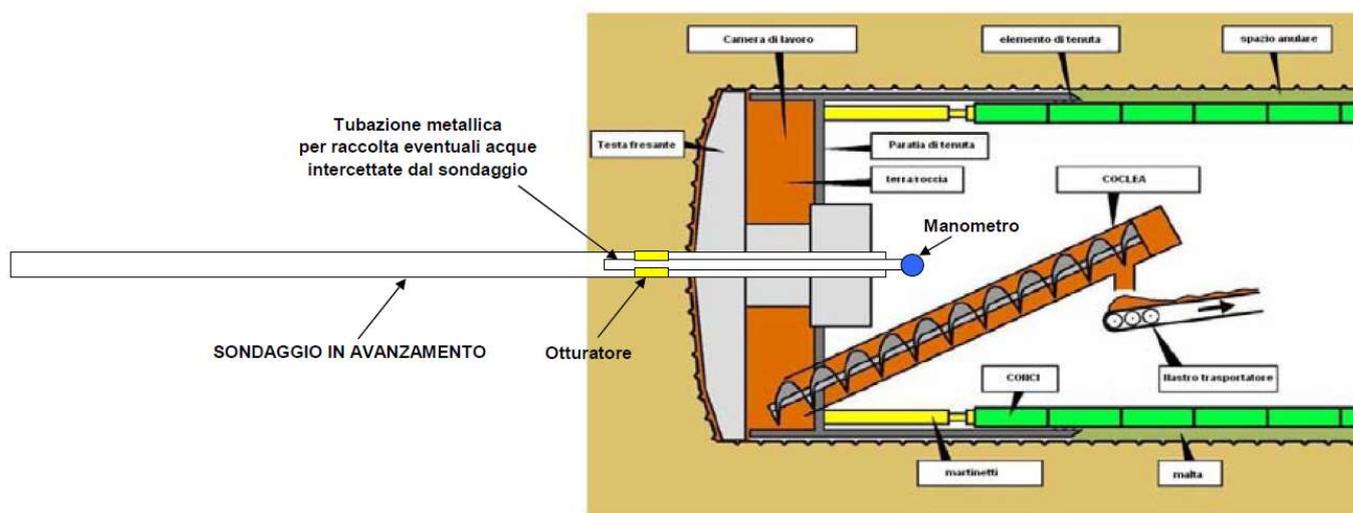


Figura 5 – Schema sondaggio in avanzamento e del sistema per la misura sia dell'eventuale acqua drenata e della pressione ("preventer").

Durante gli avanzamenti, nei settori dove risulta importante la verifica delle circolazioni d'acque sotterranee o i livelli piezometrici presenti, verrà inoltre realizzato, attraverso i conchi del rivestimento definitivo, un carotaggio del diametro di 100 mm e della lunghezza di 3 m secondo lo schema mostrato nella seguente Figura 6.

Tale foro sarà anch'esso attrezzato con un tubo, per raccogliere l'eventuale flusso di acqua in direzione orizzontale intercettato dal carotaggio nella zona di contatto fra il rivestimento definitivo e l'ammasso roccioso, e con un manometro per misurare l'entità dell'eventuale pressione dell'acqua e di conseguenza il battente idraulico agente sulla galleria.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 20 di 31

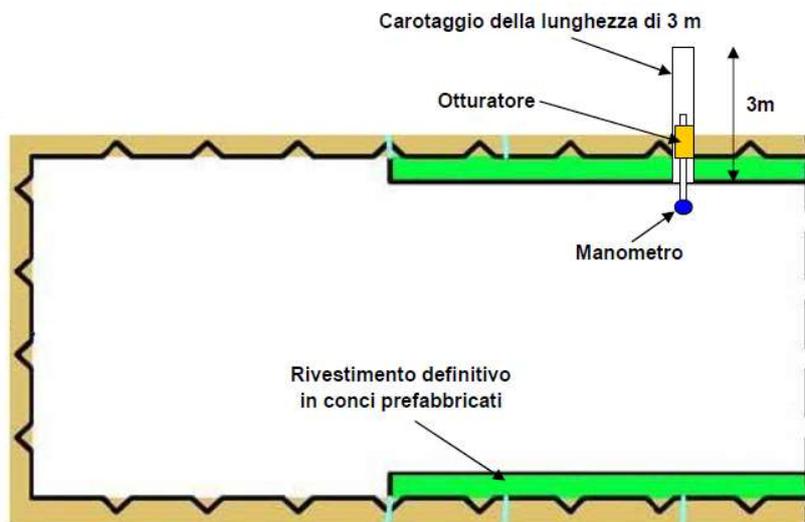


Figura 6 – Schema illustrativo dei carotaggi eseguiti attraverso il rivestimento definitivo

6.2 INDAGINI INDIRETTE

Nel corso degli avanzamenti verranno eseguite sistematicamente indagini di tipo geofisico adottando il metodo *BEAM* (Bore - tunnelling Electrical Ahead Monitoring).

Tale metodo è basato sulla polarizzazione indotta nel terreno utilizzando la testa della TBM come induttore e consente, mediante la misura della resistività, della polarizzazione indotta (PFE) e della porosità efficace di valutare, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, le condizioni geomeccaniche critiche e le zone di ammasso roccioso saturo con presenza di acqua in pressione.

Il sistema *BEAM* consente una permanente e costante esplorazione delle condizioni presenti in avanzamento rispetto al fronte di scavo della galleria per una estensione di circa 3 volte il diametro della galleria. L'acquisizione dei dati e la loro interpretazione è condotta in automatico e i risultati della previsione sono mostrati in tempo reale permettendo rapide decisioni in sito durante l'avanzamento dello scavo.

Una caratteristica estremamente vantaggiosa del sistema è l'utilizzazione degli utensili di scavo posizionati sulla testa fresante della TBM e di componenti costruttivi estremamente sicuri come gli elettrodi che permettono di utilizzare la testa della TBM come induttore senza alcun rischio per le maestranze e per la macchina.

Sulla base dell'esperienza acquisita durante lo scavo di molte gallerie, utilizzando il sistema *BEAM*, è stata sviluppata una classificazione – relazione tra la polarizzazione indotta (PFE) e la porosità efficace.

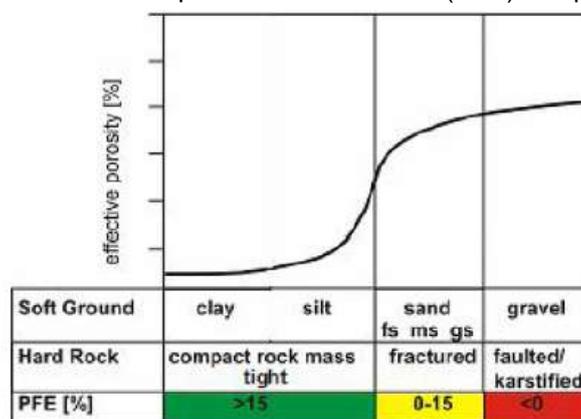


Figura 7 – Relazione fra la polarizzazione indotta (PFE) e la porosità efficace per una classificazione geologica.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. FOGGIO D 21 di 31

Sono state individuate tre classi principali per i valori di PFE (> 15%, 0-15% e < 0%) che corrispondono a tre classi di porosità efficace (porosità efficace bassa, media ed elevata) che comprendono differenti tipi e condizioni sia per le rocce dure sia per quelle tenere.

Acqua e aria hanno un valore di PFE vicino allo zero. Bassi valori di PFE indicano roccia con molte fratture, cavità carsiche oppure sabbia e ghiaia. Valori elevati del PFE indicano materiale compatto. Nel caso di rocce competenti, zone ad elevata porosità (valori di PFE negativi) sono importanti dal punto di vista geotecnico in quanto possono rappresentare zone critiche a causa della presenza di faglie, zone di taglio, zone con presenza di cavità, zone con presenza di acqua o gas, zone con presenza di cavità o di materiale alterato e disintegrato.

Nel caso di rocce tenere o terreni, elevati valori della porosità efficace possono segnalare la presenza di acquiferi in sabbie e ghiaie, strati argillosi, legno, massi e pali; tutte condizioni particolarmente critiche dal punto di vista dell'avanzamento della TBM.

Una caratterizzazione geologica e idrogeologica addizionale è, inoltre, ottenuta dal valore della resistività R che è misurata dal sistema *BEAM* al pari del valore di PFE. L'interpretazione combinata dei valori di PFE ed R permette di incrementare ulteriormente le capacità del metodo di segnalare variazioni del terreno incontrato durante l'avanzamento degli scavi, in modo particolare per individuare la possibile presenza d'acqua e dei conseguenti possibili fenomeni di filtrazione verso lo scavo.

Nella Figura 8 seguente è riportato un esempio delle restituzioni ottenute mediante il sistema *BEAM* durante lo scavo con TBM di una galleria in una formazione rocciosa, costituita da calcari, nella quale l'aspetto critico durante l'avanzamento era l'identificazione di faglie e di cavità carsiche. La previsione fornita dal sistema *BEAM* mostrava una consistente riduzione dei valori di PFE (linea rossa nella figura) e al tempo stesso un incremento della resistività (linea blu nella figura), indicando una zona di faglia senza presenza di acqua e con uno spessore di circa 14 m all'interno di un ammasso roccioso alterato e disintegrato.

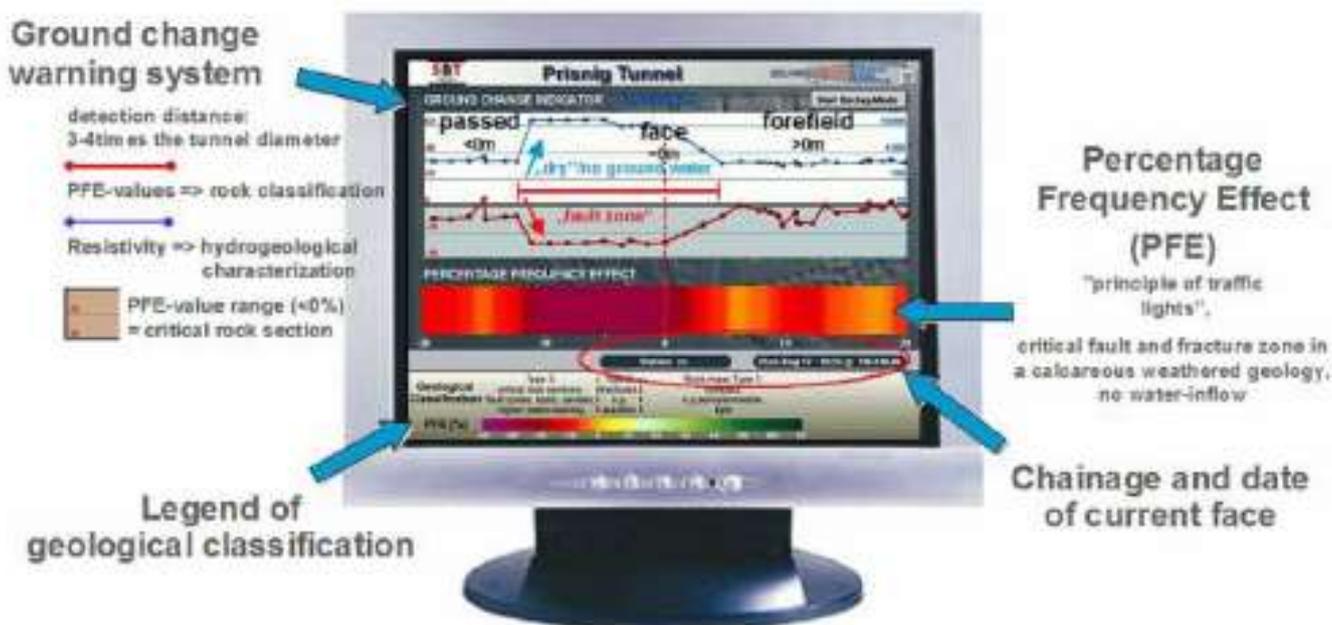


Figura 8 – Esempio di risultati riportati dal metodo BEAM relativamente ad una zona interessata dalla presenza di una faglia senza acqua.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. FOGGIO D 22 di 31

Sperimentalmente si testerà, inoltre, la possibilità di eseguire indagini cross-hole in avanzamento impiegando 2-3 fori eseguiti al contorno della TBM mediante le predisposizioni per l'esecuzione dei fori probe-drilling/grouting. A seguito dell'esecuzione dei fori, gli stessi saranno attrezzati con tubi in pvc dai quali eseguire le energizzazioni per lo svolgimento di indagini sismiche. Tali indagini saranno eseguite solo localmente, in corrispondenza di alcuni passaggi delicati, ad esempio tra la formazione del Faeto e del Flysch Rosso. In sede di progettazione esecutiva di dettaglio si definirà la tecnica di applicazione di tale metodo di indagine, che potrebbe fornire utili informazioni sulla localizzazione di passaggi intraformazionali e/o faglie principali.

6.3 INDAGINI MEDIANTE CROSS-HOLE IN AVANZAMENTO

Sperimentalmente si testerà, inoltre, la possibilità di eseguire indagini cross-hole in avanzamento impiegando 2-3 fori eseguiti al contorno della TBM mediante le predisposizioni per l'esecuzione dei fori probe-drilling/grouting.

A seguito dell'esecuzione dei fori, gli stessi saranno attrezzati con tubi in pvc dai quali eseguire le energizzazioni per lo svolgimento di indagini sismiche. Tali indagini saranno eseguite solo localmente, in corrispondenza di alcuni passaggi delicati; si prevede di eseguire tali indagini tra la formazione del Faeto e del Flysch Rosso per entrambe le gallerie, come riportato nella seguente figura. Tale indagine viene eseguita al fine di dettagliare il più possibile il passaggio tra le due formazioni e determinare con precisione la progressiva dove operare la modifica del diametro di scavo della TBM (la posizione sarà anche definita tramite esecuzione di probe-drilling).

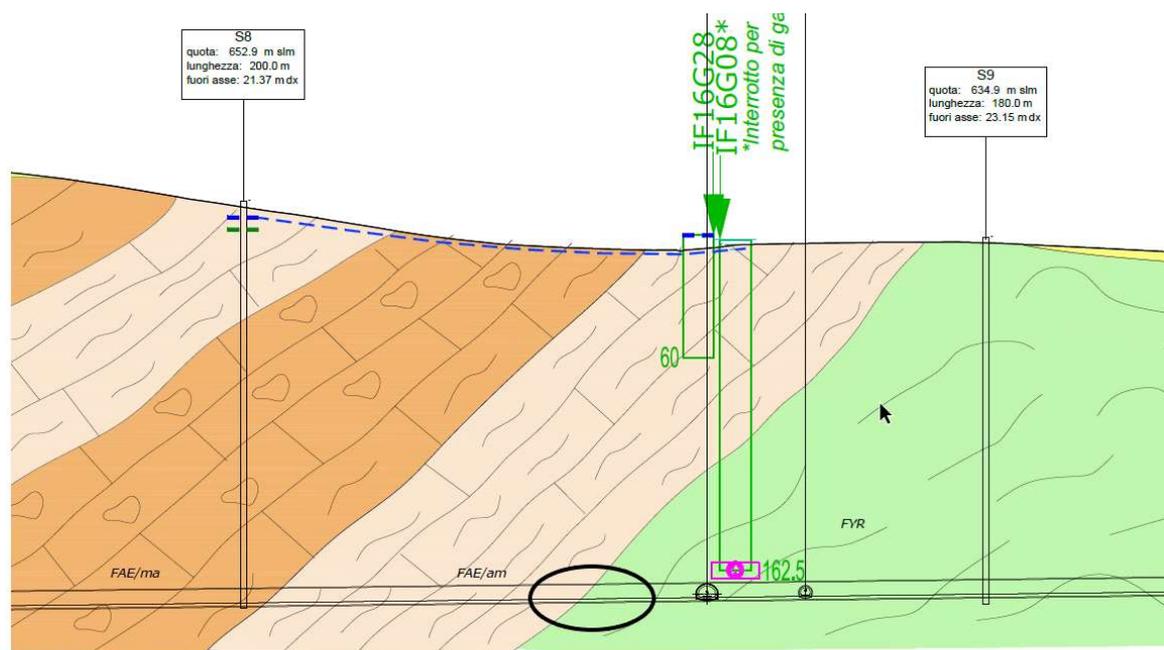


Figura 9 – Posizione di esecuzione delle prove cross-hole nel passaggio FAE-FYR.

Tale tecnologia potrebbe fornire utili informazioni anche in corrispondenza di faglie principali, allorché i parametri macchina dovessero segnalare un progressivo peggioramento delle condizioni d'ammasso in avvicinamento a contatti tettonici individuati sul profilo di previsione o a passaggi intraformazionali.

In sede di progettazione esecutiva di dettaglio si definirà la tecnica di applicazione di tale metodo di indagine e verrà meglio dettagliata la posizione delle prove nell'ambito della redazione dei PAT.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. FOGLIO D 23 di 31

7 SISTEMI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO SPECIALI PER LA TRATTA IN VARIANTE

Per il settore centrale della galleria, laddove lo scavo meccanizzato attraverserà i contesti geologico-geomeccanici più critici, in presenza di elevati ricoprimenti, fino a 170 m, si sono previste attività di monitoraggio aggiuntive durante l'avanzamento, al fine di tenere sotto controllo l'interazione tra la TBM e l'ammasso al contorno. In particolare, si prevede di monitorare le deformazioni dell'ammasso lungo il profilo dello scudo e nel primo settore di posa dei rivestimenti in conci prefabbricati e stimare le pressioni attritive agenti sullo scudo.

E' questo il settore della galleria per il quale l'adozione dello scavo meccanizzato è stato proposto in variante rispetto allo scavo in tradizionale previsto nel PD e per il quale, in fase di offerta tecnica, si era provveduto ad integrare l'attività di monitoraggio rispetto a quanto previsto in sede di PD, stante il delicato contesto geotecnico. I principi di monitoraggio individuati in sede di offerta sono ora declinati con riferimento all'impiego dello scavo meccanizzato.

Si prevede infatti in questo settore, progettualmente, un comportamento d'ammasso molto spingente, con il generarsi, a seguito dello scavo, di elevate deformazioni che rendono critica l'interazione ammasso-elementi di stabilizzazione generando elevate pressioni, in questo caso specifico di avanzamento con modalità meccanizzata, sullo scudo della TBM prima e sul rivestimento in conci prefabbricati poi.

Le principali problematiche che si dovranno affrontare durante l'avanzamento sono quindi legate al rischio che l'ammasso possa, a seguito dello scavo, intrappolare la TBM, impedendone l'avanzamento per insufficienza della capacità di spinta necessaria, oppure che le pressioni agenti siano così elevate da determinare il superamento delle resistenze statiche dello scudo in acciaio. Le attività di controllo e verifica riportate nel seguito, da eseguirsi costantemente lungo l'attraversamento della tratta in variante, laddove il PD prevedeva l'impiego del metodo di scavo in tradizionale, sono pertanto particolarmente importanti.

L'esame dei dati consentirà anche di valutare possibili azioni correttive, quali l'iniezione di speciali lubrificanti lungo lo scudo, al fine di ridurre l'attrito in presenza di elevate pressioni d'ammasso agenti, oppure condurre scelte circa l'opportunità o meno di prevedere soste per manutenzioni e/o turni di riposo delle maestranze.

7.1 VERIFICA DELLE PRESSIONI AGENTI SULLO SCUDO

Lo scudo sarà equipaggiato con dispositivi di controllo delle pressioni di ammasso agenti sullo stesso. Si prevede di predisporre 3 celle di pressione per ciascuno dei tre settori costituenti lo scudo. Si è al momento ipotizzata per lo scudo una lunghezza complessiva di 11.50 m, così suddivisa:

- scudo di testa (inclusa la testa): 5.50 m;
- scudo intermedio: 2.50 m;
- scudo di coda: 3.50 m,

Per ciascuno dei 3 settori, ad una distanza rispettivamente pari a 2.5 m, 5.0 m e 7.5 dalla testa della TBM, saranno disposte 3 celle di pressione: 2 in corrispondenza delle reni ed 1 in chiave calotta. I dettagli di posizionamento e geometrie saranno forniti in sede di Progetto Esecutivo di Dettaglio, una volta che l'Appaltatore avrà provveduto alla progettazione della TBM. Nella figura seguente si riporta la geometria che si intende adottare per lo scudo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D FOGLIO 24 di 31

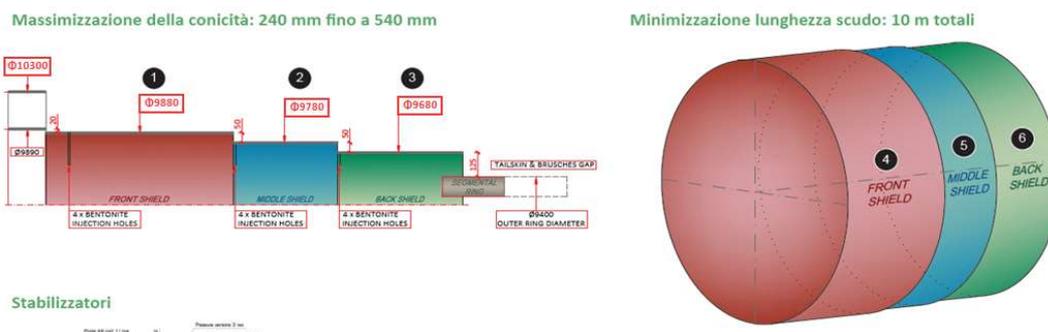


Figura 10 – Ipotesi geometrie dello scudo TBM.

I valori di pressione saranno registrati sistematicamente e trasmessi alla piattaforma di gestione del monitoraggio. Andrà inoltre considerato che gli scudi saranno dotati di un sistema di iniezione di bentonite, realizzato con tre anelli di iniettori, uno per scudo, ciascuno composto da 12 iniettori, in grado di intasare l'intercapedine anulare scudo / roccia con bentonite sino alla pressione massima di 5 bar, così da esercitare un'azione di confinamento al contorno del cavo simile a quella operante in camera al fronte. Occorrerà quindi anche registrare il valore di pressione di iniezione del sistema bentonitico, così da poter correttamente valutare quanto registrato dalle celle di pressione inserite nello scudo.

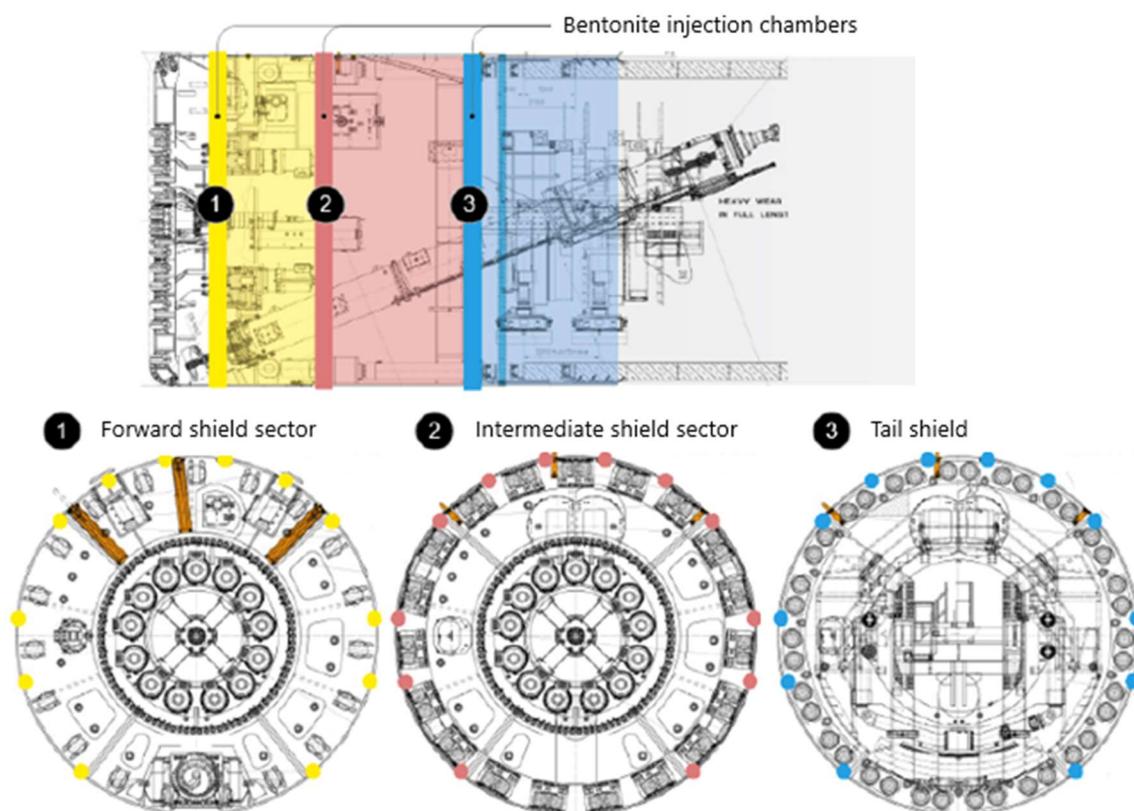


Figura 11 – Sistemi di lubrificazione degli scudi

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 25 di 31

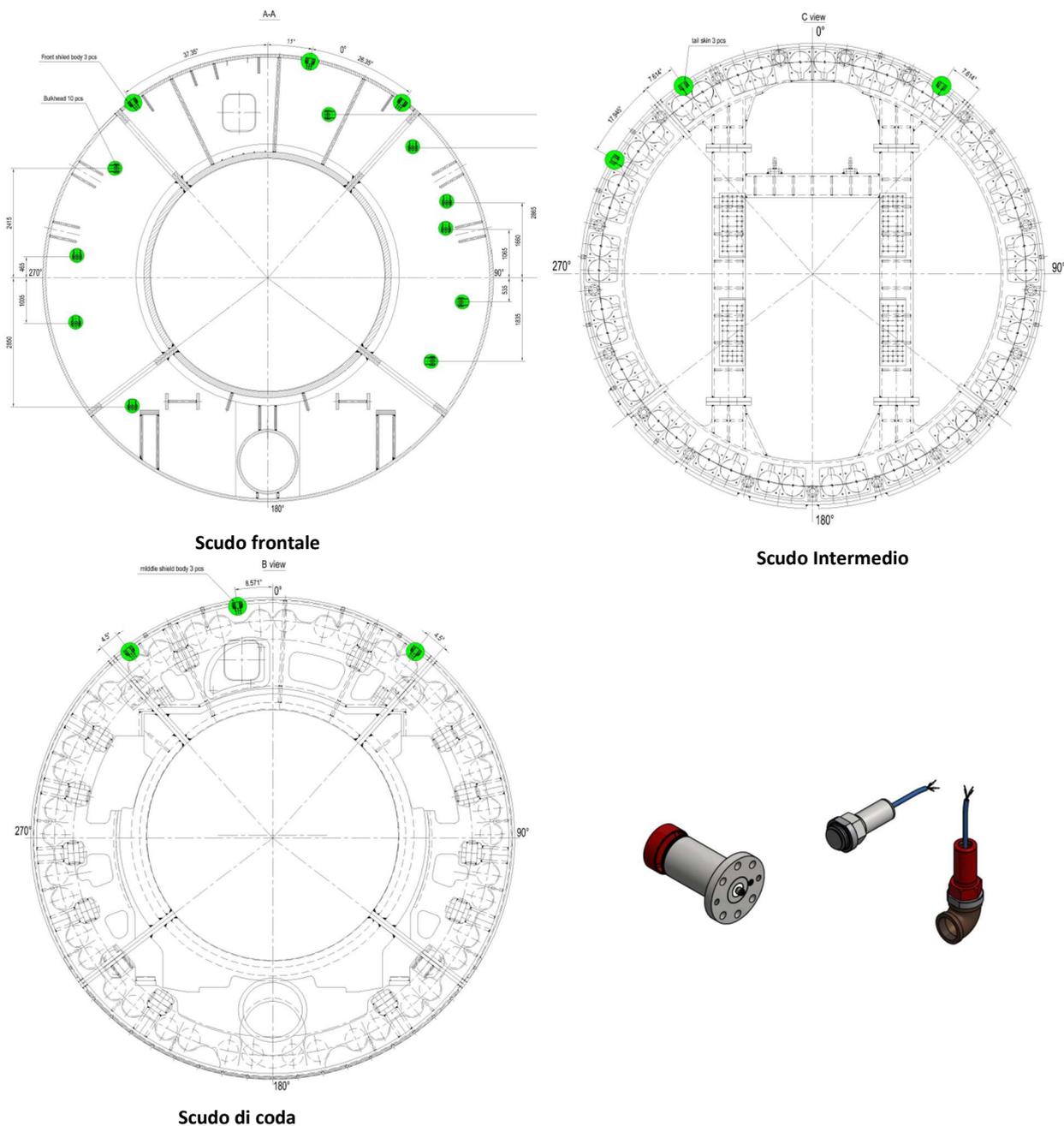


Figura 12 – Dettagli sistemi di controllo - Sensori di pressione

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 26 di 31

7.2 VERIFICA DELLE CONVERGENZE DELL'AMMASSO A TERGO DELLO SCUDO

Sempre in termini di equipaggiamento strumentale, saranno installati 3 dispositivi tipo "fontimetro" sugli scudi, sempre in numero di 3 per ciascun settore, finalizzati al controllo dimensionale dello spessore dell'intercapedine ammasso-scudo. Anche questi dispositivi saranno definiti in dettaglio all'atto della progettazione della TBM; in figura 8 si riportano alcuni primi studi eseguiti. Si riporta inoltre, a titolo di esempio, un'illustrazione tratta da uno scavo meccanizzato dove il tema della chiusura del profilo di scavo sullo scudo (fenomeni di squeezing) era molto importante, come in questo caso. Durante l'avanzamento della TBM, si procederà alla registrazione delle misure di estensione dei fontimetri nelle diverse posizioni dello scudo, così da poter definire il profilo di convergenza dell'ammasso lungo lo scudo della TBM.

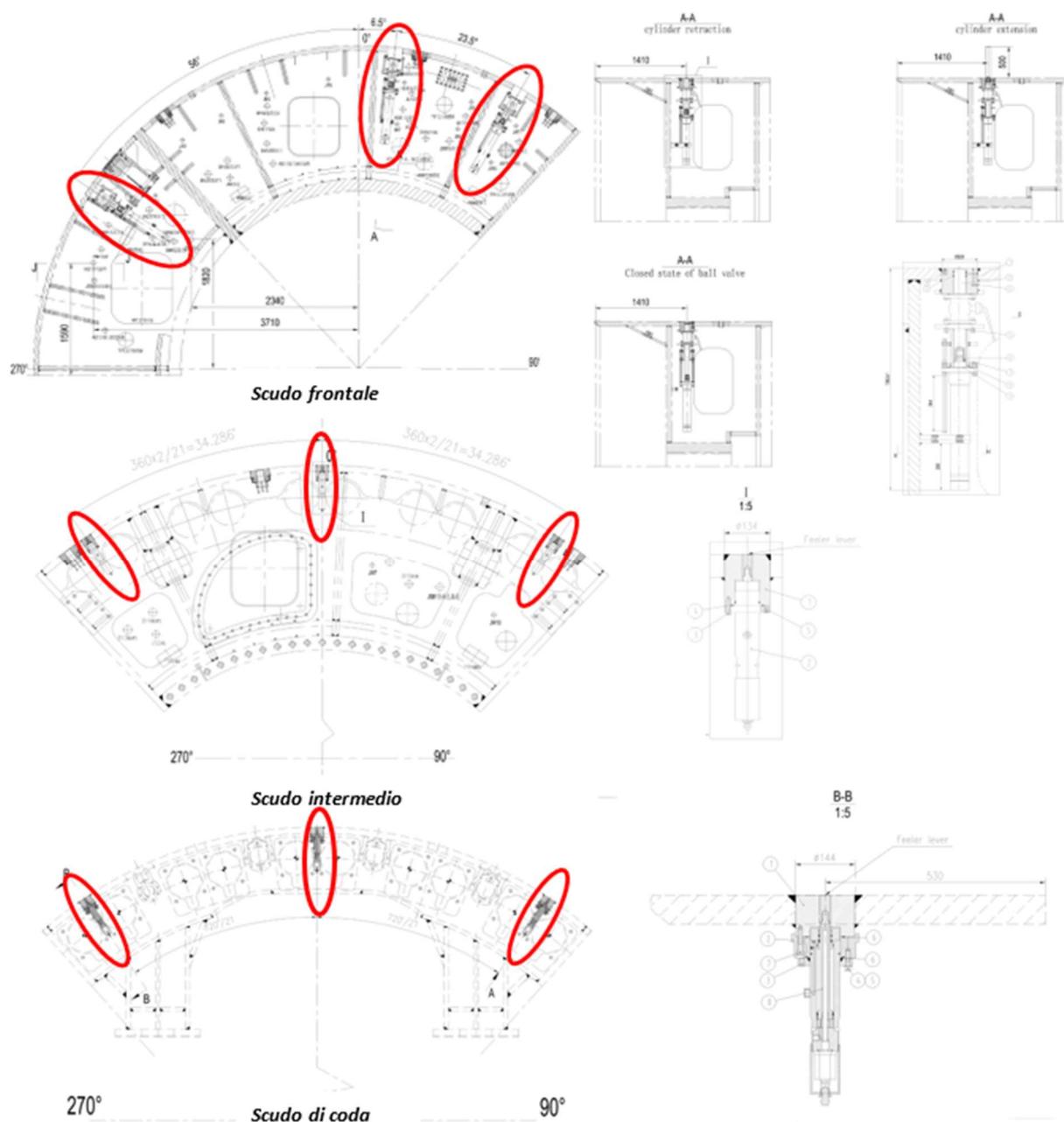


Figura 13 – Dettagli sistemi di controllo Fontimetro

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PIZZAROTTI							
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D	FOGLIO 27 di 31

7.3 VERIFICA DELLE CONVERGENZE DELL'AMMASSO DURANTE LA POSA DEL BACK-FILLING

Saranno inoltre impiegate soluzioni mirate all'accertamento del corretto e completo riempimento dell'intercapedine anulare al contorno dell'anello in conci prefabbricati, stante la necessità di garantire un adeguato confinamento del rivestimento definitivo. Volumi inferiori al teorico previsto, significano infatti tempi di chiusura del profilo assai elevati ed indicativi di fenomeni di convergenza in atto subito a tergo dello scudo.

Si prevede il ricorso sia alla tecnologia della tomografia ultrasonica *Pulse-Echo* basata sulla riflessione di brevi impulsi di onde elastiche in corrispondenza dell'estradosso dei conci di rivestimento della galleria, sia alla tecnica *Ground Penetrating Radar* (GPR), grazie alla quale la verifica dell'omogeneità del riempimento alle spalle dei conci di galleria può essere efficacemente realizzata sulla base della differenza di impedenza elettromagnetica tra i vuoti ed il materiale di riempimento.

In collaborazione con il Politecnico di Milano sono stati studiati in dettaglio gli aspetti tecnologici e pratici di questa applicazione, definendo una serie di test su elementi che riproducono la situazione reale per la definizione e la verifica della taratura degli strumenti e per giungere all'ottimizzazione della stessa confrontando diverse possibili alternative. L'attuazione del metodo di controllo è articolata in due fasi e zone di implementazione, come meglio descritto qui di seguito:

- A-Iniezione e controllo primario; Valutazione di anomalie sul gap anulare, iniezione primaria e controllo mediate tomografia: in corrispondenza dello scudo di testa viene effettuata una misura del profilo di taglio e quindi una valutazione mediante tecnologia *Void Detection System* (fontimetri). Durante il processo di iniezione dell'intercapedine anulare con miscela bicomponente il volume iniettato viene confrontato con quello teorico del gap anulare, eventualmente corretto dai risultati ottenuti dal *Void Detection System*. A circa 15 m dall'anello contenuto nello scudo (ultimo anello montato), l'anello viene sottoposto a tomografia ad ultrasuoni al fine di verificare l'effettiva presenza di materiale di riempimento all'interfaccia estradosso anello-gap anulare. L'esito positivo della tomografia e il corretto volume di iniezione escludono l'anello investigato da controlli successivi.
- B- Controllo con Georadar: qualora il test di prima fase dovesse presentare anomalie si procederà ad una scansione tramite georadar quando la specifica attrezzatura raggiunge l'anello da indagare. Questa indagine fornirà le informazioni necessarie a scegliere i punti più adeguati dai quali procedere alla realizzazione di eventuali iniezioni secondarie di intasamento a tergo conci.

Le analisi effettuate (controllo del riempimento, ecc.), saranno raccolte e inviate alla piattaforma Tunnel We View, assieme alle informazioni ottenute dalle unità di iniezione, per ottenere in tempo reale il confronto tra volume teorico di riempimento e volume effettivo, tenendo traccia puntuale dei controlli effettuati.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV Soci WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D FOGLIO 28 di 31

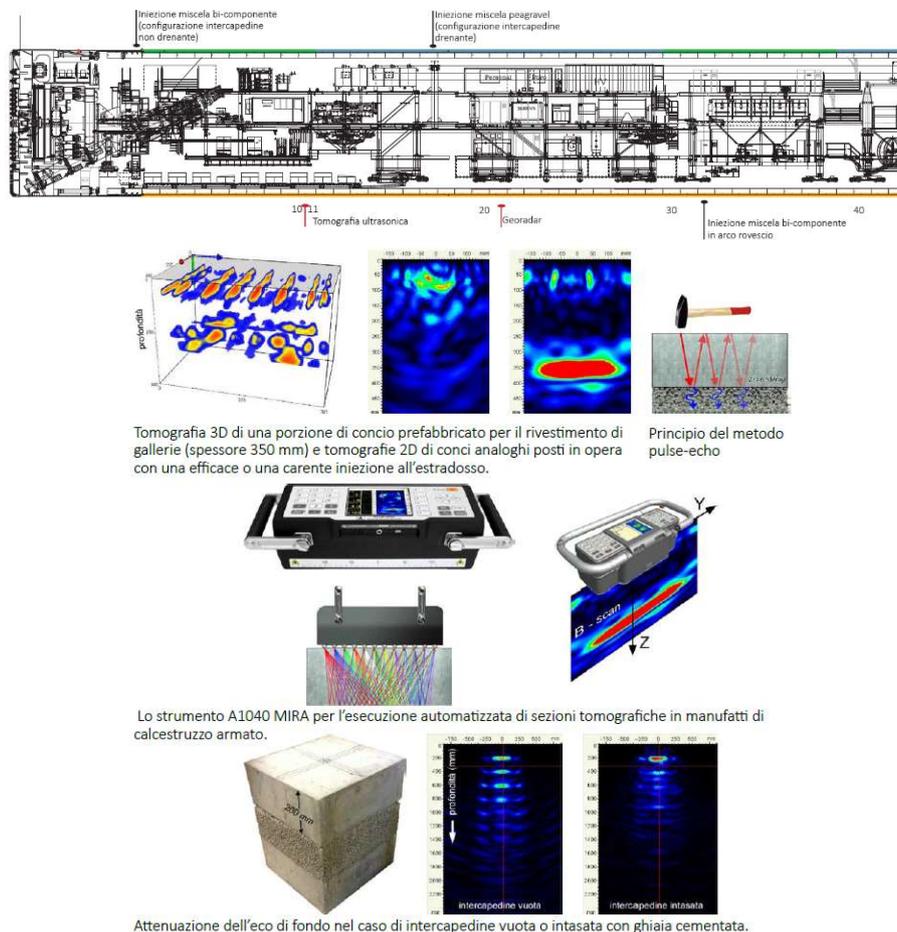


Figura 14 – Indagini ultrasoniche mediante Georadar e mediante tomografia Pulse-Echo

7.4 VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE DEL RIVESTIMENTO A SEGUITO DELLA SUA INSTALLAZIONE

Un'ultima attività da considerare, al fine di raccogliere dati in merito al comportamento deformativo del sistema ammasso-TBM-galleria, è la registrazione delle deformazioni degli anelli di rivestimento, in conci prefabbricati, a seguito della loro posa in opera.

Al riguardo si evidenzia che il sistema di monitoraggio predisposto anche per le verifiche del comportamento in esercizio dell'infrastruttura già prevede la predisposizione di una specifica stazione di monitoraggio (tipo D) prevedente la posa di array di clinometri lungo il profilo della calotta, con strumentazione tipo MEMS. Si veda al riguardo quanto già descritto nella relazione "GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio". Sono in dettaglio previste 16 sezioni, ubicate in punti rappresentativi per tipologia di ammasso e valori di ricoprimento. Queste sezioni sono fisse e consentiranno, congiuntamente alle barrette estensimetriche annegate nei getti, la verifica nel tempo del comportamento dei rivestimenti definitivi.

In aggiunta, si prevede di impiegare delle stazioni "mobili", da porre in opera a seguito della posa dei conci prefabbricati, così da registrare in modo più diffuso gli eventuali assestamenti deformativi degli anelli. Si prevede l'impiego di inclinometri biassiali, in numero di 7, uno per ciascun cono dell'anello, con sistema denominato "RCMS" o similare. Questa strumentazione, diversamente dall'impiego di misure topografiche, può essere posta in opera anche in presenza delle attrezzature di back-up della TBM, e consente la registrazione di deformazioni a ridotta distanza dal primo anello posto in opera (massimo 10 m), così da consentire di rilevare gli assestamenti che

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. D FOGLIO 29 di 31

potrebbero manifestarsi anche nella fase di presa del back-filling. Nella seguente figura si riporta un esempio tipologico.

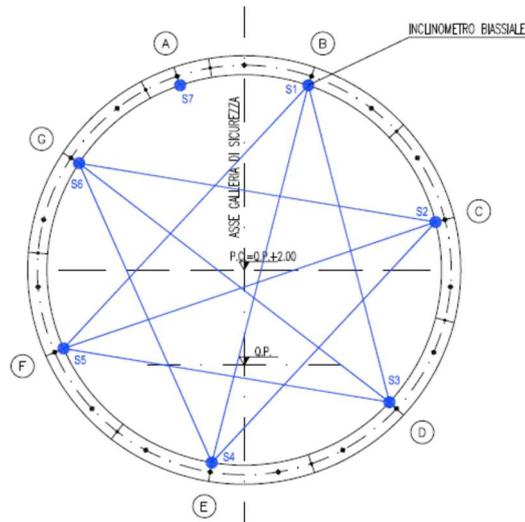


Figura 15 – Esempio di posizionamento di inclinometri tipo RCMS

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso e del rivestimento definitivo, le stazioni stesse andranno indicativamente installate ogni 150-200 m e saranno rimossa e spostate in avanti, presso il fronte di avanzamento della TBM, ogni 2-3 mesi, in funzione della velocità di avanzamento della TBM, una volta attestata la stabilizzazione delle misure.

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i seguenti diagrammi e tabulati numerici, in funzione del tempo e della distanza dal fronte:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno).

7.5 PIATTAFORMA DI GESTIONE DATI

In questo specifico settore della galleria, l'offerta migliorativa operata in fase di gara, prevedeva l'adozione di una piattaforma di gestione dati integrata, così da poter gestire l'insieme delle informazioni in tempo reale ed in modo efficace; per questo motivo le informazioni derivanti dalle indagini eseguite in avanzamento (perforazioni, cross-hole e sistema BEAM), dei parametri TBM raccolte nel sistema Tunnel WeView descritto al capitolo 4.1, e dalle attività di controllo speciale, sopra descritte, dovranno essere integrate in un'unica piattaforma dati web-based, di facile ed immediato accesso ai soggetti coinvolti nel processo costruttivo.

Si intende adottare quindi la piattaforma dati già descritta nel documento "GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio", dove si è esposta l'architettura del sistema che consentirà un'integrazione Web-GIS ESRI anche con l'ambiente BIM (si veda in dettaglio la descrizione riportata al capitolo 9 del documento sopra richiamato IF3A02EZZRHGN0100008).

In particolare, la piattaforma consentirà l'accesso ai dati fornendo una visualizzazione immediata della posizione e dello stato delle informazioni, oltre ad altre informazioni correlate. In tal modo l'utente (Progettista, Direttore Lavori o Tecnico in cantiere) potrà disporre in tempo reale di un quadro completo e continuo delle misure effettuate che gli consentirà una immediata e chiara comprensione ed interpretazione dei fenomeni in atto in relazione alla dinamica delle lavorazioni in cantiere. Sarà ad esempio possibile definire azioni correttive o calibrare i parametri operativi

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 004	REV. FOGLIO D 30 di 31

impostati progettualmente. In caso di allerta saranno condotte ispezioni in cantiere e back-analysis dei risultati osservati al fine di approfondire i fenomeni osservati per valutare la necessità di adottare misure correttive. La piattaforma dovrà essere infatti in grado di attivare allarmi real-time in caso di superamento di soglie di preallerta, allerta, allarme, in modo automatico dandone pronta comunicazione alle persone preposte e riducendo quindi i tempi di intervento.

8 STRATEGIA PER L'AVANZAMENTO

I dati di monitoraggio, raccolti secondo quanto descritto ai capitoli precedenti, consentiranno di guidare l'avanzamento della TBM riscontrando, passo dopo passo, le previsioni di progetto od eventualmente adeguando i parametri di avanzamento qualora i dati raccolti evidenzino scostamenti rispetto alle previsioni.

La strategia da seguire è duplice:

- Da un lato occorrerà confermare le condizioni geologiche-geomeccaniche previste per l'avanzamento. In particolare, occorrerà verificare attentamente la localizzazione delle faglie previste lungo il profilo di previsione, sia esse osservate o presunte ed i passaggi tra le formazioni principali, ad esempio tra FAe e FYR. In corrispondenza di tali lineamenti tettonici o passaggi stratigrafici principali si prevede infatti la presenza di fasce di ammasso a più scadenti caratteristiche geomeccaniche, che necessitano di variare i parametri di guida della TBM, come indicato in profilo. Al riguardo l'adozione di indagini in avanzamento di tipo geoelettrico, tipo BEAM System o similare, andando a restituire il valore di resistività dell'ammasso, consentirà di fornire un primo riscontro. Si valuterà in corso d'opera l'efficacia del sistema BEAM anche nell'individuazione eventuale dei passaggi stratigrafici. In aggiunta, in corrispondenza di passaggi stratigrafici (o faglie) più importanti - laddove i dati restituiti dal sistema geoelettrico in avanzamento non consentissero una facile interpretazione - si farà ricorso all'esecuzione di indagini dirette in avanzamento mediante l'esecuzione di carotaggi, di lunghezza 30-40 m. Tali carotaggi consentiranno inoltre di tarare l'interpretazione dei dati geoelettrici; pertanto, potranno essere utili soprattutto nella fase di avvio dei lavori, in corrispondenza dei primi passaggi stratigrafici. Si prevede anche, in questi specifici contesti di passaggio tra formazioni a differente comportamento geomeccanico, l'esecuzione di indagini sismiche di tipo cross-hole, che consentono un'investigazione più estesa rispetto a quanto ottenibile con carotaggi, per loro natura più puntuali.
- Dall'altro occorre registrare i parametri operativi di avanzamento della TBM, al fine di verificarne la coerenza con le ipotesi progettuali; come già illustrato in precedenza, i principali parametri da controllare sono la "pressione al fronte di scavo" ed il "bilanciamento tra volumi scavati e volumi/pressioni di back-filling" così da garantire un efficiente comportamento "anello di rivestimento – confinamento d'ammasso". Sarà inoltre importante controllare le pressioni agenti sugli scudi e l'interazione ammasso-scudo durante l'avanzamento, così da regolare i sistemi di spinta ed evitare che la TBM possa essere bloccata all'interno dell'avanzamento.

Riguardo al controllo dei parametri di pressione al fronte, gli elementi da considerare al fine di calibrare in dettaglio la scelta dei valori nell'ambito dei range proposti sono i seguenti:

- Nella fase di partenza, laddove siano presenti strumentazioni per il monitoraggio topografico di superficie occorrerà controllarne gli esiti al fine di garantire condizioni del volume perso in fase di avanzamento nel range 0.3-0.5% del volume scavato (avendo comunque considerato, per le preesistenze interferite, anche un valore di $V_p=1.5\%$, corrispondente ad uno scenario di rischio). I valori di cedimento e spostamento di previsione, derivate dalle analisi numeriche, consentiranno di verificare il buon avanzamento della TBM o regolare le pressioni al fronte al fine di mantenere cedimenti/movimenti al di sotto dei valori di previsione. In particolare, ci si sposterà verso il limite superiore del range dei valori di pressione al fronte previsti, allorché i dati di monitoraggio indichino una tendenza verso il limite superiore dei cedimenti attesi.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 004</td> <td>D</td> <td>31 di 31</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 004	D	31 di 31
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 004	D	31 di 31													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento																		

- Nei tratti successivi, caratterizzati comunque dalla non interferenza diretta con le preesistenze ed i ricoprimenti risultano superiori ai 3-4 diametri di scavo, obiettivo dell'azione di confinamento al fronte, operata mediante la pressione in camera di scavo, è il mantenimento delle condizioni di ammasso il più possibile indisturbate, evitando eccessivi detensionamenti del materiale, specie dove questo, sia più suscettibile di decadimenti sensibili delle proprietà meccaniche. Elementi di controllo di una corretta azione di confinamento al fronte sono una contenuta componente di pressione attritiva sullo scudo, ovvero valori di spinta della TBM dentro il range di previsione del progetto. Ulteriori elementi di controllo sono correlabili ai fenomeni di chiusura del cavo durante l'avanzamento, quali il controllo del gap anulare tra profilo di scavo e estradosso scudo, riscontrabile anche dai valori di volume di back-filling posti in opera.

Con riferimento a queste Linee Guide di indirizzo, in fase di Progetto Esecutivo di dettaglio, saranno predisposti, a partire dalle prime tratte in scavo, specifiche procedure per la taratura dei valori da adottare. Le prime evidenze, in termini di correlazione tra parametri operativi impiegati e riscontri dello scavo (cedimenti a piano campagna, comportamento dell'ammasso con controllo dei valori di spinta ...) consentiranno di calibrare sul campo i criteri adottati in fase di progettazione esecutiva, così da perfezionare, secondo gli approcci tipici del metodo osservazionale, la strategia di conduzione degli scavi.