

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI 	Dott. Geol. C. ALESSIO	Ing. PIETRO MAZZOLI Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO

1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

GALLERIA MONTE AGLIO

MONITORAGGIO

Relazione di monitoraggio galleria di linea

APPALTATORE		SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi 03/12/2018		-

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

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	R	H	G	N	1	0	0	0	0	0	1	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione	A. Giordano	10/07/2018	C. Alessio	10/07/2018	P. Mazzoli	10/07/2018	C. Alessio	
B	Rev. Istruttoria ITF 29/08/18	A. Giordano	13/09/2018	C. Alessio	13/09/2018	P. Mazzoli	13/09/2018		
C	Recepimento Istruttoria	A. Giordano	10/10/2018	C. Alessio	10/10/2018	P. Mazzoli	10/10/2018		
D	Agg. a seguito osservazioni ITF	A. Giordano	03/12/2018	C. Alessio	03/12/2018	P. Mazzoli	03/12/2018		03/12/2018

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>2 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	2 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	2 di 45								

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	MONITORAGGIO IN GALLERIA	6
2.1	RILIEVI DEL FRONTE E PROSPEZIONI IN AVANZAMENTO	6
2.1.1	RILIEVO GEOMECCANICO DEL FRONTE CON TECNICHE TRADIZIONALI	6
2.1.1.1	FRONTI DI SCAVO A COMPORTAMENTO LITOIDE	6
2.1.1.2	FRONTI DI SCAVO A COMPORTAMENTO NON LITOIDE	11
2.1.2	RILIEVO GEOMECCANICO MEDIANTE METODOLOGIA FOTOGRAMMETRICA TRIDIMENSIONALE	13
2.1.3	PROSPEZIONE DELLE CONDIZIONI GEOMECCANICHE IN AVANZAMENTO	16
2.1.3.1	SISTEMI MWD E DAC-TEST PER LA MISURA DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE	16
2.1.3.2	TSP SISMICO IN AVANZAMENTO	18
2.1.3.3	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO IN AVANZAMENTO	19
2.1.3.4	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	19
2.2	SEZIONI DI MONITORAGGIO IN GALLERIA	20
2.2.1	MISURE DI CONVERGENZA	20
2.2.2	MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE DI SCAVO	22
2.2.3	CONTROLLO TENSO-DEFORMATIVO DEL SOSTEGNO DI PRIMA FASE	23
2.2.3.1	STRUMENTAZIONE TIPO MUMS PER LA FORMAZIONE ALV	23
2.2.3.2	CELLE DI PRESSIONE	23
2.2.3.3	CELLE DI CARICO	24
2.2.3.4	BARRETTE ESTENSIMETRICHE (O STRAIN GAUGES)	24
2.2.3.5	TUBO INCLINO-ESTENSIMETRICO TREX	25
2.2.3.6	STAZIONE TIPO 1	26
2.2.3.7	STAZIONE TIPO 2	28
2.2.4	MONITORAGGIO DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI	29
2.2.4.1	MONITORAGGIO DEL POTENZIALE DI CORROSIONE	30
3	MONITORAGGIO IN SUPERFICIE	31
4	VALORI ATTESI E LIMITI DI ATTENZIONE ED ALLARME	32
4.1	VALORI ATTESI	32
4.1.1	SPOSTAMENTI RADIALI IN GALLERIA	32
4.1.2	ESTRUSIONE DEL FRONTE	33
4.1.3	SOSTEGNO DI PRIMA FASE	34

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>3 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	3 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	3 di 45								

4.1.4	RIVESTIMENTO DEFINITIVO	35
4.1.5	SPOSTAMENTI IN SUPERFICIE	35
4.2	VALORI DI SOGLIA	36
4.2.1	CRITERI PER LA DEFINIZIONE	36
4.2.2	SOGLIA DI ATTENZIONE ED ALLARME PER LE GRANDEZZE MONITORATE.....	37
4.2.3	AZIONI DA INTRAPRENDERE NEL CASO DI SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA	39
5	GESTIONE ED ORGANIZZAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO.....	40
5.1	UBICAZIONE DEL SITO E DELLA STRUMENTAZIONE	41
5.2	SEZIONI TRASVERSALI E GRAFICI DI SPOSTAMENTO.....	42
5.3	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E REDAZIONE DELLA REPORTISTICA	43
5.4	ELABORAZIONE E SISTEMI DI AVVISO.....	45

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>4 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	4 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	4 di 45								

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta nell'ambito del Progetto Esecutivo per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari ed in particolare si riferisce al primo lotto funzionale compreso tra Canello e la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta e variante alla linea Roma-Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni.

L'estensione del tracciato in progetto è di circa 16,5Km; nell'ambito di questa tratta è presente la galleria Monte Aglio, una galleria naturale a doppio binario lunga oltre 4Km. Oltre alla galleria principale (di linea), sono previsti una serie di gallerie secondarie che ospitano le vie di fuga.

La presente relazione illustra il monitoraggio che si intende adottare durante la realizzazione della galleria di linea; i valori attesi e i valori di soglia di attenzione e di allarme.

Il sistema di monitoraggio ha un'importanza critica nella corretta gestione del progetto con particolare riferimento alle modalità di avanzamento, alla corretta applicazione delle sezioni tipo ed alla gestione della variabilità delle stesse.

Lo scopo primario del monitoraggio è il controllo costante ed in tempo reale di tutte le variabili che concorrono alla verifica delle ipotesi progettuali, di modo da poter tempestivamente porre in opera eventuali azioni correttive.

Il sistema di monitoraggio identifica l'evoluzione dei parametri deformativi e tensionali che si sviluppano nell'opera in funzione dei relativi stati di avanzamento, al fine di verificare la sostenibilità di un determinato comportamento e prevederne l'evoluzione.

Il Progetto Esecutivo della galleria Monte Aglio è stato sviluppato adottando il ben noto metodo di progettazione ADECO-RS, il quale viene sviluppato in fasi successive seguendo un percorso logico e continuo che si articola dalle indagini preliminari sino ai controlli in fase di costruzione. Le suddette fasi sono:

- **Fase conoscitiva:** finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui sarà realizzata la galleria;
- **Fase di diagnosi:** concerne la valutazione della risposta deformativa allo scavo attesa per l'ammasso in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
- **Fase di terapia:** individua le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei per realizzare l'opera in funzione delle valutazioni condotte nelle due fasi precedenti;
- **Fase di verifica e messa a punto:** il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste in progetto

Il programma di monitoraggio prevede:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo con tecniche tradizionali e rilievi fotogrammetrici stereoscopici 3D;
- il controllo della convergenza del cavo mediante installazione di stazioni di convergenza per tutto il tracciato e sensoristica tipo MUMS nella sola formazione delle ALV;
- il controllo delle deformazioni dell'ammasso al contorno del cavo con tubi inclino-estensometrici tipo TREX;

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>5 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	5 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	5 di 45								

- il controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estensimetri incrementali in avanzamento, laddove previsto;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e strain gauges;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche e sensoristica tipo MUMS nella formazione delle argille scagliose ALV; sono inoltre previsti elettrodi di riferimento per misura potenziale di corrosione dell'armatura;
- il controllo dei cedimenti al piano campagna mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il controllo topografico degli spostamenti sugli edifici interferenti all'imbocco lato Benevento, tubi inclinostensometrici TREX, clinometri e fessurimetri.
- Monitoraggio piezometrico con finalità idrogeologiche ed ambientali.

Al fine di razionalizzare il flusso dati e massimizzare l'efficienza del complesso sistema di monitoraggio in tempo reale, la gestione complessiva dei dati sarà eseguita mediante apposita piattaforma web-GIS che integra tutti i parametri raccolti dal monitoraggio in corso d'opera con quanto previsto in progetto, permettendo una valutazione immediata dei comportamenti tenso-deformativi delle opere in riferimento alle soglie definite progettualmente.

L'accesso a tale piattaforma sarà abilitata a tutti i soggetti coinvolti (Direzione Lavori, Committenza, Progettisti e Imprese di Costruzione) garantendo anche una velocizzazione dei processi decisionali mirati alla definizione delle azioni correttive minimizzando le tempistiche di azione in cantiere.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>6 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	6 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	6 di 45								

2 MONITORAGGIO IN GALLERIA

Il monitoraggio del cavo è fondamentale per la corretta applicazione delle sezioni tipo e garantisce che le principali grandezze rimangano entro le soglie definite per le diverse tipologie di avanzamenti, sia relativamente ai fenomeni estrusivi del fronte di scavo che ai fenomeni tenso-deformativi a tergo sui rivestimenti di prima fase.

La prima componente in assoluto da monitorare durante l'avanzamento è il rilievo geomeccanico del fronte, mediante il quale è possibile identificare la congruenza della sezione tipo in uso rispetto alle condizioni geomeccaniche previste in progetto; con il prosieguo degli avanzamenti, l'interpretazione dell'evoluzione tenso-deformativa a tergo permette di confermare o meno l'idoneità complessiva della sezione.

Si illustrano nel seguito le metodologie con cui si propone di ottemperare a quanto previsto a base gara, comprese alcune integrazioni studiate appositamente per le argille scagliose ALV.

2.1 RILIEVI DEL FRONTE E PROSPEZIONI IN AVANZAMENTO

2.1.1 RILIEVO GEOMECCANICO DEL FRONTE CON TECNICHE TRADIZIONALI

I rilievi consistono nel rilevamento e restituzione sia grafica che numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo, durante l'avanzamento. Si prevede l'esecuzione dei rilievi con cadenza di almeno un rilievo ogni 10m di scavo per le sezioni tipo A e uno ogni campo per le sezioni tipo di scavo B e C. Inoltre, i rilievi saranno eseguiti in presenza di passaggi geologico-strutturali complessi e/o particolarmente significativi, ogni avanzamento.

I rilievi saranno compilati sulla base delle indicazioni riportate nel seguito, prevedendo l'archiviazione dei dati su apposite schede e su computer.

Durante l'esecuzione dei rilievi saranno prelevati campioni per eventuali prove geomeccaniche speditive o prove di laboratorio.

2.1.1.1 FRONTI DI SCAVO A COMPORTAMENTO LITOIDE

Con riferimento alla litologia presente al fronte, andranno rilevate le seguenti caratteristiche descrittive dell'ammasso: nome formazionale e litologia predominante; definizione petrografica della roccia; granulometria, colore, tessitura, composizione mineralogica e altre caratteristiche osservabili alla scala macroscopica; classe di caratteristiche litologico-tecniche (ammassi rocciosi massivi, ammassi rocciosi stratificati, ammassi rocciosi fortemente scistosi o fissili, caotici), stato d'alterazione, indicazioni sul grado di cementazione, assetto stratigrafico-strutturale generale dell'ammasso individuabile alla scala del fronte.

Verranno distinti inoltre i seguenti tipi di discontinuità: faglie, fratture, giunti di fatturazione. Le loro caratteristiche saranno così descritte: localizzazione, tipo di discontinuità, giacitura (inclinazione e immersione), spaziatura, persistenza, apertura, riempimento, alterazione, condizioni idrauliche, ondulazione (a scala metrica), rugosità del giunto (JRC) a scala centimetrica, resistenza a compressione (JCS) delle superfici di discontinuità.

Saranno inoltre riportate le informazioni riguardo a condizioni idrologiche, evidenze di circolazione idrica, e venute d'acqua valutate sugli ultimi 10 m di scavo, fenomeni di instabilità, distacchi gravitativi, indicazione dei cinematismi e valutazione del volume di ammasso roccioso coinvolto, sezione di avanzamento e interventi di consolidamento e confinamento messi in opera, cadenza delle fasi lavorative (distanza dal fronte del rivestimento di prima fase e dei rivestimenti definitivi, arco rovescio e calotta), note sulla lavorazione (imprevisti, variazioni operative ecc.).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>7 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	7 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	7 di 45								

Nella descrizione delle caratteristiche litologiche e petrografiche eseguite visivamente, la classificazione litologica deve essere basata sulle caratteristiche petrografico-composizionali, evitando classificazioni litologiche puramente granulometriche. Il grado ed il tipo di cementazione dovrà essere valutato e descritto nel rilievo. Le caratteristiche petrografiche e granulometriche dovranno essere stimate visivamente per tutti i materiali riconosciuti sul fronte di scavo, richiedendo (quando viene ritenuto necessario disporre di una caratterizzazione più rigorosa) una determinazione tramite analisi di laboratorio su campioni rappresentativi, prelevati manualmente. Per le descrizioni granulometriche si utilizzerà la nomenclatura proposta dall'AGI.

Il grado di alterazione dovrà essere indicato secondo indicazioni ISRM (International Society of Rock Mechanics) o almeno utilizzando tre classi di alterazione dell'ammasso: sano, mediamente alterato, completamente alterato. Il colore sarà riferito al materiale non alterato secondo una scala cromatica di riferimento. Le discontinuità principali riconosciute sul fronte saranno descritte con il maggior dettaglio possibile e la loro giacitura deve essere misurata tramite bussola, rilevando immersione e inclinazione. I rilievi saranno accompagnati dalla documentazione fotografica che rappresenta il fronte, i fianchi e la calotta, con una scala di riferimento (stadia o bindella). La documentazione fotografica sarà acquisita comunque per ogni fronte di scavo. Il rilievo delle discontinuità, costituite dalle discontinuità principali e secondarie, mesostrutturali e macrostrutturali, dell'ammasso roccioso rappresenta il reticolo di discontinuità presenti. Il loro rilievo, riportato in apposite schede, sarà eseguito secondo le prescrizioni ISRM 1978 e verrà restituito attraverso le rappresentazioni grafico-numeriche consuete (proiezioni stereografiche polari e per piani, istogrammi statistici, ecc.). Il rilievo sarà accompagnato da una rappresentazione pittorica a carattere schematico dove vengono rappresentate e distinte le principali discontinuità. La scabrezza delle superfici di discontinuità (JRC) sarà valutata numericamente, mediante pettine di Barton e confronto con i profili di rugosità standardizzati (ISRM, 1978). Il tipo di riempimento sarà qualificato secondo metodi speditivi evidenziando la natura (argilloso, limoso, ecc.).

Il parametro di resistenza della roccia intatta potrà essere valutato secondo le alternative descritte:

- prove sclerometriche: costituiscono il mezzo più rapido per determinare la resistenza in situ. La resistenza viene ricavata correggendo le battute dello strumento per l'orientazione tramite apposite tabelle. Per ciascun sistema di discontinuità da caratterizzare è prevista l'esecuzione di 10 prove; il valore medio viene calcolato sui 5 valori maggiori relativi alle discontinuità considerate.
- Point Load Test: sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni con apparecchiatura "Point Load" in situ utilizzata, elaborata ed interpretata secondo le metodologie riconosciute internazionalmente.
- Prove di compressione monoassiale: sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni speditive con pressa portatile o nel laboratorio di cantiere su campioni cilindrici, con rapporto altezza-diametro pari a 2, estratti da carotaggi su blocchi prelevati al fronte o sagomati da prelievi manuali al fronte.

Viene richiesta una determinazione del parametro RQD (Rock Quality Designation), mediante correlazioni empiriche o stima, oppure nel caso in cui si possa disporre di prospezioni in avanzamento, secondo un criterio più affidabile il parametro RQD verrà misurato direttamente.

Il rilievo delle caratteristiche di tutte le discontinuità permette la classificazione e la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso. Nell'acquisizione dei dati ci si è ispirati come metodo di lavoro alle raccomandazioni dell'I.S.R.M. (1978), rispettando le classi quantitative di riferimento per i vari parametri, dove risolvibili a livello di misura.

Per caratterizzare gli ammassi occorre utilizzare la classificazione geomeccanica RMR (Rock Mass Rating, Bienjowski'89). Questo sistema classifica gli ammassi rocciosi sulla base di un punteggio complessivo derivante dalla somma di punteggi parziali assegnati ai seguenti parametri caratteristici del materiale roccia, delle discontinuità e delle condizioni al contorno. I parametri considerati nel calcolo di RMR sono i seguenti:

- resistenza del materiale roccia,
- RQD% (stimata e confrontata con i risultati dell'equazione $RQD = 115 - 3.3 J_v$, Palmstorm 1989),

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>8 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	8 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	8 di 45								

- spaziatura delle discontinuità,
- condizioni delle discontinuità,
- condizioni idrauliche.

Da questi parametri si ottiene un valore di $RMR_{base}'89$, che considera esclusivamente le condizioni dell'ammasso, questo valore viene corretto in funzione della orientazione delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo.

Tramite correlazioni empiriche da RMR_{base} sarà stimato il valore di GSI (Geological Strength Index, Hoek'95). Il valore di GSI serve a valutare la riduzione della resistenza dell'ammasso roccioso rispetto al materiale roccia intatta, in funzione delle condizioni geologiche. Viene ricavato tramite correlazioni empiriche dall'indice RMR_{base} di Bieniawski calcolato in condizioni secche (e cioè assegnando alle condizioni idrauliche un rating pari a 15) tramite la seguente correlazione empirica: $GSI = RMR_{secco} - 5$.

Infine le condizioni idrauliche saranno stimate visivamente sul materiale e descritte con appropriati aggettivi (asciutto, umido, stillicidio), mentre nel caso di venute idriche di una certa importanza dovranno effettuarsi misurazioni quantitative seppur approssimate della portata in litri secondo. In ogni caso verrà descritta la loro localizzazione ed eventualmente l'evoluzione.

Saranno inoltre evidenziate le anomalie (fuorisagoma) rispetto alla geometria teorica del fronte di scavo dovute a: fornelli, distacchi gravitativi, ecc., riportando sull'apposita scheda la valutazione in metri cubi ed indicandone l'ubicazione sul rilievo pittorico.

Riguardo agli interventi di consolidamento e contenimento presenti all'atto del rilievo, saranno segnalati i più significativi, riportando il numero dei consolidamenti, il passo ed il tipo delle centine, relativamente alla sezione tipo impiegata in quel momento.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	9 di 45

**VERIFICA
IN CORSO D'OPERA**

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE DI SCAVO

SCHEDA DI RILIEVO N°
DATA: _____ **PROGR.:** _____
SEZIONE TIPO APPLICATA: _____

RILIEVO GEOSTRUTTURALE

CARATTERISTICHE BOCCIA	COND.	COMPATTA	<input type="checkbox"/>	
		ROCCO FRATTURATA	<input type="checkbox"/>	
		FRATTURATA	<input type="checkbox"/>	
	STATO	SANA	<input type="checkbox"/>	
		ROCCO ALTERNATA	<input type="checkbox"/>	
		ALTERNATA	<input type="checkbox"/>	
	ASSETTO	NESSUNO	<input type="checkbox"/>	
			STRATIFICAZIONE	<input type="checkbox"/>
			CLIVAGGIO	<input type="checkbox"/>
			INCLINAZIONE (°)	<input type="checkbox"/>
		DIREZIONE (°)	<input type="checkbox"/>	
		SPESORE (cm)	<input type="checkbox"/>	
		SPAZIATURA (cm)	<input type="checkbox"/>	
CARATTERISTICHE DISCONTINUITA'		TIPO	PAGLIA	<input type="checkbox"/>
			FRATTURA	<input type="checkbox"/>
			REDRITTO DX	<input type="checkbox"/>
		REDRITTO SX	<input type="checkbox"/>	
		ENTRAMBI	<input type="checkbox"/>	
		CALOTTA	<input type="checkbox"/>	
		INCLINAZIONE (°)	<input type="checkbox"/>	
		DIREZIONE (°)	<input type="checkbox"/>	
	RIEMP.	APERTA	<input type="checkbox"/>	
			CHIUSA	<input type="checkbox"/>
		SPESORE (cm)	<input type="checkbox"/>	
		SPAZIATURA (cm)	<input type="checkbox"/>	
		CEMENTATO	<input type="checkbox"/>	
		MASTICO	<input type="checkbox"/>	
		SCIOLTO	<input type="checkbox"/>	
		IBC	<input type="checkbox"/>	
		ICS (cm)	<input type="checkbox"/>	
ACQUA		ASSENTE	<input type="checkbox"/>	
		STILLICIDIO	<input type="checkbox"/>	
		Q < 1 l/s	<input type="checkbox"/>	
		Q > 1 l/s	<input type="checkbox"/>	
	DISTACCHI	ASSENTI	<input type="checkbox"/>	
			REDRITTO DX	<input type="checkbox"/>
			REDRITTO SX	<input type="checkbox"/>
			CALOTTA	<input type="checkbox"/>
			VOL. < 0,6 m ²	<input type="checkbox"/>
			0,6 < VOL. < 1,0 m ²	<input type="checkbox"/>
		VOL. > 1,0 m ²	<input type="checkbox"/>	
OSSERVAZIONI		ASSENTI	<input type="checkbox"/>	
			RETE RETROCALZATA	<input type="checkbox"/>
			CINTINE (tipo/passi)	<input type="checkbox"/>
		SPLITZ. BERTON CON BILTE (cm)	<input type="checkbox"/>	
		SPLITZ. BERTON PER (cm)	<input type="checkbox"/>	
		SPLITZ. AL FRONTE (cm)	<input type="checkbox"/>	
		CHIODI SX N°/L(m)	<input type="checkbox"/>	
		CHIODI DX N°/L(m)	<input type="checkbox"/>	
		CHIODI CALOTTA N°/L(m)	<input type="checkbox"/>	
		VTR FRONTE N°/L(m)	<input type="checkbox"/>	
	VTR CONTORNO N°/L(m)	<input type="checkbox"/>		
	JET GROUTING CONTORNO N°/L(m)	<input type="checkbox"/>		
	JET GROUTING FRONTE N°/L(m)	<input type="checkbox"/>		
	JET GROUTING FIANDE CINTINE N°/L(m)	<input type="checkbox"/>		
	INFIAGGI N°/L(m)	<input type="checkbox"/>		
	DRENAGGI N°/L(m)	<input type="checkbox"/>		

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE DI SCAVO

LEGENDA GEOLOGICA:

OSSERVAZIONI:

DESCRIZIONE LAVORAZIONI E MODALITA' DI AVANZAMENTO:
 Avanzamento a piena sezione mediante escavatore, martellone o frua puntale con sfondi di lunghezza massima di 1,5 m e sagomatura concava del fronte.

Distanza arco sovrascavo-fronte (m) _____
 Distanza murata-fronte (m) _____
 Distanza calotta-fronte (m) _____

Rilievo eseguito da: _____

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>11 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	11 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	11 di 45								

2.1.1.2 FRONTI DI SCAVO A COMPORTAMENTO NON LITOIDE

Durante lo scavo della galleria in presenza di unità a comportamento non litoide si procedere ad un sistematico rilievo delle caratteristiche dei terreni, al fine di valutare, di concerto con i monitoraggi, gli interventi più idonei per le condizioni riscontrate in avanzamento.

Il rilievo geologico-geotecnico viene eseguito ogni campo di scavo ed in presenza di cambiamenti litologici significativi.

Il rilievo dovrà comprendere:

- rappresentazione grafica pittorica del fronte di scavo con distinzione delle differenti unità geotecniche; tale rappresentazione sarà estesa anche ai due piedritti laterali e alla calotta.
- documentazione fotografica del fronte di scavo, in casi particolari la documentazione oltre che al fronte può essere estesa ai due piedritti e alla calotta;
- descrizione geotecnica terreno (stima granulometria e descrizione); nella tratta delle argille eventuali prove pocket penetrometer e minivane per avere una valutazione sulla coesione non drenata;
- progressiva, copertura e informazioni sugli interventi messi in opera;
- indicazione unità geologica attraversata e litologia più frequente;
- nota descrittive delle condizioni litologiche e geotecniche riscontrate al fronte.

Nella figura seguente si riporta a titolo di esempio la scheda per il rilievo geologico-geotecnico usata durante lo scavo di una galleria in un contesto analogo.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	12 di 45

RILIEVO GEOLOGICO/TECNICO DEL FRONTE DI SCAVO

SCHEDA N°:

GN GALLERIA NATURALE - ASSE
AVANZAMENTO: PROGRESSIVA:

DATA:

DIREZIONE D'AVANZAMENTO:

U.S. ...
U.S. ...
U.S. ...

foto fronte di scavo

DESCRIZIONE GEOLOGICA

FORMAZIONE: CONFORMITA' CON PREVISIONI PROGETTUALI: SI NO

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRUTTURALI:

....

CARATTERISTICHE DEI DEPOSITI

GRANULOMETRIA

LEGENDA:
G: GHIAIA
MG: GHIAIA LIMOSO-ARGILLOSA
MS: GHIAIA SASSIOSO-LIMOSO-ARGILLOSA
S: GHIAIA SASSIOSA
M: LIMO-ARGILLA
GM: LIMO-ARGILLA GHIAIOSA
MS: LIMO-ARGILLA SASSIOSA
SI: SABBIA
MS: SABBIA LIMOSO-ARGILLOSA
GS: SABBIA GHIAIOSA
MS: SABBIA GHIAIOSO-LIMOSO-ARGILLOSA

TERRENI A GRANULOMETRIA GROSSOLANA

FORMA DEI GRANULI	ADDENSAMENTO	
ANGOLARI	<input type="checkbox"/>	SOLIDO <input type="checkbox"/>
SUB-ANGOLARI	<input type="checkbox"/>	POCO ADDENSATO <input type="checkbox"/>
SUB-ARROTONDATI	<input type="checkbox"/>	MED. ADDENSATO <input type="checkbox"/>
ARROTONDATI	<input type="checkbox"/>	ADDENSATO <input type="checkbox"/>
SABBA SFERICITA'	<input type="checkbox"/>	MOLTO ADDENSATO <input type="checkbox"/>
ALTA SFERICITA'	<input type="checkbox"/>	

TERRENI A GRANULOMETRIA FINE

CONSISTENZA	PLASTICITA'	
NULLA	<input type="checkbox"/>	NON PLASTICO <input type="checkbox"/>
MOLLE	<input type="checkbox"/>	SABBA <input type="checkbox"/>
MED. CONSIST.	<input type="checkbox"/>	MEDIA <input type="checkbox"/>
CONSISTENTE	<input type="checkbox"/>	ELEVATA <input type="checkbox"/>
MOLTO CONSIST.	<input type="checkbox"/>	
DURA	<input type="checkbox"/>	

FORMA DEI CIOTTOLI/TROVANTI

FORMA DEI CIOTTOLI/TROVANTI	DIM. DEI CIOTTOLI/TROVANTI	
ANGOLARI	<input type="checkbox"/>	< 100MM <input type="checkbox"/>
SUB-ANGOLARI	<input type="checkbox"/>	10-250MM <input type="checkbox"/>
SUB-ARROTONDATI	<input type="checkbox"/>	25-500MM <input type="checkbox"/>
ARROTONDATI	<input type="checkbox"/>	50-1000MM <input type="checkbox"/>
SABBA SFERICITA'	<input type="checkbox"/>	100-2000MM <input type="checkbox"/>
ALTA SFERICITA'	<input type="checkbox"/>	> 2000MM <input type="checkbox"/>

COPERTURA (M):

SEZIONE STRUMENTATA DI RIFERIMENTO PK:

SCAVO E SOSTEGNO

ABBATTIMENTO: ESCAVATORE MARTELLONE L. SFONDO (M):

SEZIONE TIPO PREVISTA IN P.E.: C...

SEZIONE TIPO APPLICATA: C...

FENOMENI DI INSTABILITA':

- FRANGIMENTI DEL FRONTE
- RILASCI SUL PROFILO
- CEDIMENTI
- LESIONI SUI SOSTEGNI

NOTE:

SOSTEGNI:

- DENTINE
- PUNTORE
- CILE PROIETTATO
- FIBRE
- RETE
- BULLONI
- CALOTTA
- TIPO:
- PIEDRITTI
- TIPO:
- INFILABBI
- N° TUBI:
- DIM. TUBI:
- CONSOLIDAMENTI
- IN AVANZ. TIPO:
- FRONTE

DIST. FRONTE-MURETTE (M):

DIST. FRONTE-A.R. (M):

DIST. FRONTE-RIVEST. (M):

TIPO: PASSO (M):

SPESORE (CM):

LUNGH. (M): MAGLIA (MxM):

LUNGH. (M): MAGLIA (MxM):

LUNGH. (M): INTERASSE (M):

LUNGH. (M): NUMERO:

ALLEGATI:

COMPILATA DA:

Figura 2: esempio di scheda di rilievo del fronte valida per fronti di scavo non rocciosi

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>13 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	13 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	13 di 45								

2.1.2 RILIEVO GEOMECCANICO MEDIANTE METODOLOGIA FOTOGRAMMETRICA TRIDIMENSIONALE

Per i fronti di scavo all'interno delle formazioni a comportamento litoide, si prevede l'integrazione dei rilievi di tipo tradizionale, con rilievi tridimensionali mediante metodologia fotogrammetrica. Questi saranno realizzati ogni 30m in sostituzione del rilievo di tipo tradizionale, pertanto un rilievo su tre sarà eseguito con questa tecnica.

L'applicativo **ShapeMetrix** (abbreviato in SHX) rappresenta un innovativo sistema utilizzato per eseguire delle analisi geomeccaniche di ammassi rocciosi sulla base di modelli tridimensionali dell'ammasso appositamente creati mediante procedura fotogrammetrica. In dettaglio si tratta di un sistema costituito da fotocamera reflex calibrata per l'acquisizione dei fotogrammi stereoscopici, da appositi target per la scalatura, dalla corretta orientazione spaziale delle fotografie e da un software utilizzabile per la generazione, la calibrazione, l'unione, il ritocco e l'analisi dei modelli tridimensionali prodotti.

I dati di ingresso del sistema sono quindi rappresentati da coppie di fotografie stereoscopiche dell'ammasso da studiare, appositamente acquisite, comprendendo i target per la scalatura e l'orientazione del modello.

I dati di uscita sono invece rappresentati dall'analisi statistica dei seguenti parametri geometrici (rappresentativi delle sole discontinuità individuate in sede di analisi del modello 3D dell'ammasso roccioso fotografato):

- Giacitura;
- Persistenza;
- Apertura.

La tecnica proposta permette indubbi vantaggi tecnico-operativi, tra cui:

- acquisizioni delle informazioni a distanza di sicurezza dal fronte;
- elevata precisione nel rilievo dei sistemi di discontinuità in termini di giacitura e immersione;
- completezza nel rilievo delle geometrie dell'ammasso e riduzione dell'errore;
- riproducibilità e velocità nell'acquisizione;

L'accuratezza dell'acquisizione in 3D è tale per cui sono distinguibili le diverse famiglie di discontinuità, a cui vengono assegnate tutte le caratteristiche rilevanti da un punto di vista geomeccanico come immersione, giacitura, persistenza e spaziatura.

Tutte le caratteristiche più importanti sono riportate in appositi diagrammi polari che permettono una immediata visualizzazione degli assetti geostrostrutturali predominanti.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>14 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	14 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	14 di 45								

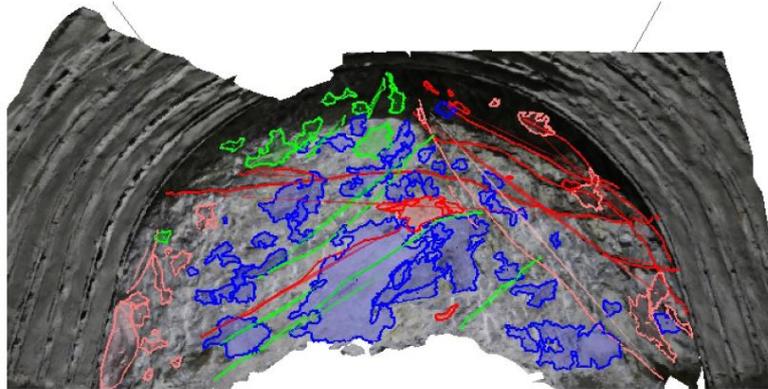


Figura 3: Esempio di un rilievo geomeccanico del fronte di scavo mediante Shapematrix 3D

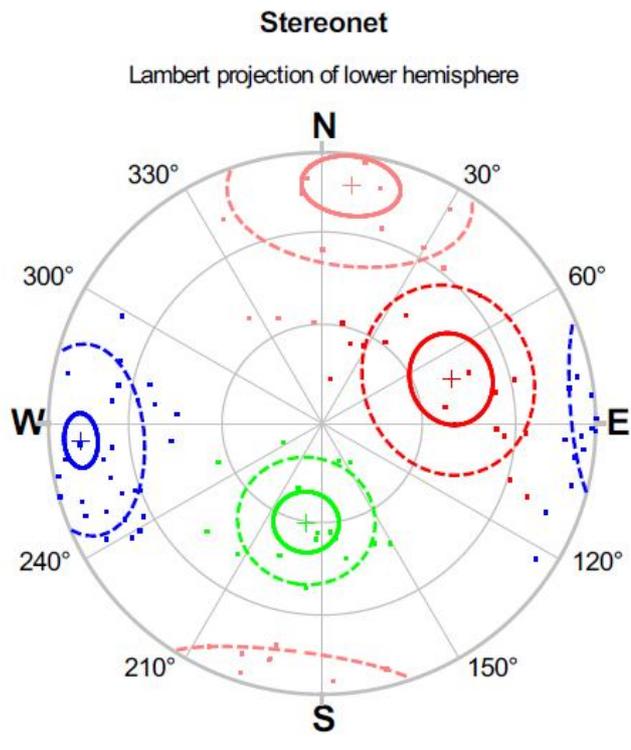


Figura 4: Esempio dell'analisi delle famiglie di discontinuità

Il software permette di eseguire quindi una vera e propria analisi geomeccanica che garantisce una valutazione estremamente più accurata dello stato di fratturazione rispetto ai rilievi tradizionali, ottenendo quindi tutte le informazioni necessarie da un punto di vista geomeccanico, implementabili direttamente anche per una valutazione dei potenziali cunei instabili, oltre che per le classiche valutazioni semi-quantitative.

I dati acquisiti, comprensivi di immersioni e giaciture, sono inoltre utilizzati per una analisi statistica completa dell'ammasso.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>15 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	15 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	15 di 45								

L'utilizzo di **ShapeMetrix** permette, finalmente, di applicare gli studi statistici di geomeccanica in tempo reale anche agli avanzamenti in galleria, dove, fino ad oggi, non era possibile sia per motivi di sicurezza (avvicinamento eccessivo al fronte di scavo), che per motivi di tempo.

Tutti i dati acquisiti sono interpretabili in senso statistico e permettono di individuare ulteriori parametri significativi in campo geomeccanico quali il VRU (volume di blocco unitario) ed effettuare test di Markland.

Il rilievo fotogrammetrico ShapeMetrix eseguito prima dell'installazione dei sostegni permette inoltre di valutare la sagoma di scavo e correlare gli eventuali sovraprofilo alle discontinuità presenti nell'ammasso.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>16 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	16 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	16 di 45								

2.1.3 PROSPEZIONE DELLE CONDIZIONI GEOMECCANICHE IN AVANZAMENTO

Si descrive nel seguito il protocollo di indagini previsto durante l'avanzamento degli scavi, al fine anticipare le problematiche relative alla presenza di aree tettonizzate, cavità carsiche nella formazione RDO e gestire con anticipo il cambio di sezioni tipo in prossimità dei sovrascorimenti che pongono a contatto calcari e argille scagliose. Quanto proposto è funzionale alla minimizzazione dei rischi geologici durante l'avanzamento.

Si distinguono tre diverse tipologie di indagini, con diverse frequenze di applicazione:

- perforazioni in avanzamento con misurazione dei parametri (DAC-TEST) per le sezioni di tipo B e C e perforazioni con controllo dei parametri “MWD” per le sezioni di tipo A;
- indagini sismiche di tipo TSP eseguite ogni 100m di avanzamento;
- in caso di anomalie riscontrate dalle indagini precedenti si procederà con l'esecuzione di un sondaggio in avanzamento a carotaggio continuo di lunghezza massima di L=50m.

2.1.3.1 SISTEMI MWD E DAC-TEST PER LA MISURA DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE

La necessità di acquisire informazioni circa la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso da scavare riveste una particolare importanza, soprattutto in contesti geologici caratterizzati da elevata variabilità delle proprietà geomeccaniche causata dalla presenza di importanti strutture tettoniche quali faglie e zone di taglio.

Le macchine operatrici deputate alla perforazione (Jumbo per sezioni di tipo A e posizionatori per sezioni di tipo B e C) saranno attrezzate rispettivamente con sistemi MWD e DAC-TEST per la misura in continuo dei parametri di perforazione.

Il sistema MWD (Measure While Drilling) consente la registrazione ogni 10cm di avanzamento dei seguenti parametri di perforazione:

- avanzamento (m/min);
- rotazione (bar);
- percussione (bar);
- spinta (bar).

Le perforazioni vengono eseguite impostando inizialmente dei parametri di percussione costanti (spinta fornita dalla perforatrice), pertanto le eventuali variazioni di tali valori riscontrate durante le fasi di avanzamento, in aggiunta ovviamente a quelli di rotazione e velocità, sono riconducibili unicamente alla variabilità geomeccanica incontrata.

L'analisi dell'andamento di tali parametri fornisce dei valori indiretti circa la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso attraversato; è possibile quindi correlarli con i rilievi geologici eseguiti presso i fronti di scavo successivi alle prime perforazioni, al fine di identificare i parametri maggiormente significativi per la correlazione con le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso ed affinare, quindi, le previsioni geologiche in avanzamento.

L'interpretazione geologica dei parametri di perforazione permetterà di discriminare la presenza delle seguenti condizioni geomeccaniche principali:

- ammasso roccioso poco fratturato, compatto e resistente;
- ammasso roccioso altamente fratturato ed alterato;
- fratture caratterizzate dalla presenza di aperture decimetriche;

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>17 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	17 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	17 di 45								

- fratture aperte caratterizzate da riempimento di materiale fine;
- presenza d'acqua.

Il sistema MWD sarà utilizzato sia durante le perforazioni di produzione, per il caricamento delle volate, sia per eventuali perforazioni integrative di maggior lunghezza. La loro posizione dovrà comunque essere il più possibile uniforme all'interno della sezione di scavo.

Qualora dalle diagrafie dovessero emergere condizioni particolarmente complesse od incerte, le suddette indagini potranno essere integrate con l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo con eventuali prove in foro o con prelievo di campioni.

A completamento della registrazione dei parametri precedentemente elencati (eseguita in automatico dalla macchina) ogni perforazione di indagine verrà corredata da due rapportini di perforazione. Il primo compilato dal tecnico sondatore, il secondo compilato dal geologo. Entrambi forniranno informazioni aggiuntive legate rispettivamente all'esecuzione materiale dell'indagine e all'assetto geologico interessato dalla perforazione.

Correlando i dati di perforazione con i rilievi geomeccanici della tratta corrispondente, il sistema di previsione verrà via via tarato e reso sempre più affidabile, consentendo di anticipare eventuali criticità rilevanti. In linea di massima si possono definire tre differenti condizioni:

- Condizioni favorevoli in presenza di basse velocità di penetrazione (indicativamente V penetrazione $< 1\text{m/min}$);
- Condizioni di attenzione in presenza di medie velocità di penetrazione (indicativamente comprese tra $1\text{ m/min} < V$ penetrazione $< 2\text{m/min}$);
- Condizioni di allarme in presenza di alte velocità di penetrazione (indicativamente V penetrazione $> 2\text{m/min}$).

I livelli di attenzione crescono inversamente alla qualità dell'ammasso roccioso e direttamente alla velocità di avanzamento della perforazione (o velocità di penetrazione). Tale aspetto è facilmente intuibile in quanto una penetrazione più veloce corrisponde ad un materiale meno resistente; tale minor resistenza può tuttavia essere legata alla litologia stessa del materiale (litoide o costituito da depositi detritici cementati, coesivi o incoerenti) e, nel caso di materiale litoide, alle sue condizioni di fratturazione ed alterazione (scarsa fratturazione ed alterazione o elevata fratturazione ed alterazione).

In generale si può affermare che un materiale litoide e scarsamente fratturato ed alterato evidenzierà una minor velocità di penetrazione, ovvero un ammasso molto fratturato ed alterato evidenzierà una maggior velocità di penetrazione.

Per quanto concerne i depositi bisognerà valutare caso per caso in quanto, sebbene la resistenza di tali materiali sia generalmente inferiore a quelli di un ammasso roccioso, le difficoltà di fuoriuscita dell'acqua di perforazione possono rendere difficoltosa la pulizia del foro e, quindi, provocare l'incagliamento delle aste con conseguente diminuzione della velocità di penetrazione fino al totale arresto. Tale comportamento è solitamente visibile in presenza di depositi a grana fine caratterizzati da elevata coesione (argille).

Sulla base di tali aspetti è quindi possibile procedere alla correlazione della velocità di penetrazione con le condizioni geologiche dei materiali attraversati dal foro.

Le informazioni geologiche così ottenute verranno quindi estese ai successivi campi di avanzamento per fornire una previsione delle condizioni geologico/geomeccaniche che i lavori di scavo dovranno affrontare.

Il sistema proposto risulta sensibile all'individuazione sia di degradi dell'ammasso, indotti da zone tettonizzate, sia all'intercettazione di cavità carsiche. Per quanto riguarda la previsione delle successioni stratigrafiche, queste sono immediatamente identificabili sia dalle rilevanti variazioni di velocità di penetrazione, che dall'esame del cutting di perforazione.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>18 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	18 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	18 di 45								

Analogamente al sistema MWD, il sistema DAC-TEST permette la misurazione in continuo dei parametri di perforazione del posizionatore durante l'esecuzione dei consolidamenti al fronte e al contorno per le sezioni di tipo B e C.

Il principio è identico a quanto sopra descritto e permette valutazioni semi-quantitative circa le condizioni dell'ammasso

2.1.3.2 TSP SISMICO IN AVANZAMENTO

Per le indagini in corso d'opera mirate all'intercettazione di cavità carsiche si prevede di realizzare un sistema di monitoraggio sismico mediante tecnica TSP (Tunnel Seismic Prediction). Tale metodologia consiste nel realizzare una acquisizione sismica posizionando un array di 24/48 sensori sul paramento, ad interasse di 1-2m. L'energizzazione avverrà mediante esplosivo.

Lo shot sismico produce una serie di onde che penetrano oltre il fronte di scavo e che sono soggette a riflessioni generate da variazioni di rigidità dell'ammasso. L'analisi dei tempi di arrivo delle onde, che vengono captate dai geofoni installati, permette la ricostruzione degli orizzonti sismici meno rigidi dando indicazioni di situazioni di ammasso più fratturato.

Tale metodologia risulta molto utile nell'individuazione di eventuali cavità carsiche poste nella tratta non ancora scavata.

Sono possibili diverse geometrie di acquisizione come ad esempio l'utilizzo di un'unica sonda 3D costituita da 3 sensori di cui uno verticale e due orizzontali, inserita in un preforo da 1.5-2.0m, oppure di numerosi punti di energizzazione: le diverse opzioni saranno valutate in fase operativa sulla base delle risultanze degli scavi effettuati.

I segnali così acquisiti saranno processati con le tecniche tipiche della sismica a riflessione allo scopo di ottenere delle immagini di superfici di riflessione, laterali o frontali alla direzione della galleria, permettendo così una previsione di dove queste possono intercettare lo scavo.

Le analisi possono inoltre fornire informazioni sulla qualità del materiale intercettato, sulla presenza di eventuali situazioni stratigrafiche, tettoniche, possibili cavità, fino ad una distanza valutabile compresa tra i 70/100m dal fronte di scavo.

Queste tecniche hanno la necessità di essere tarate in sito per acquisire la necessaria sensibilità e poter essere correttamente interpretate ed ottenere così riscontri attendibili sui materiali scavati e sulle strutture tettoniche e/o geologiche rilevate.

E' previsto di effettuare in continuo una misura ogni 100 m di galleria.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>19 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	19 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	19 di 45								

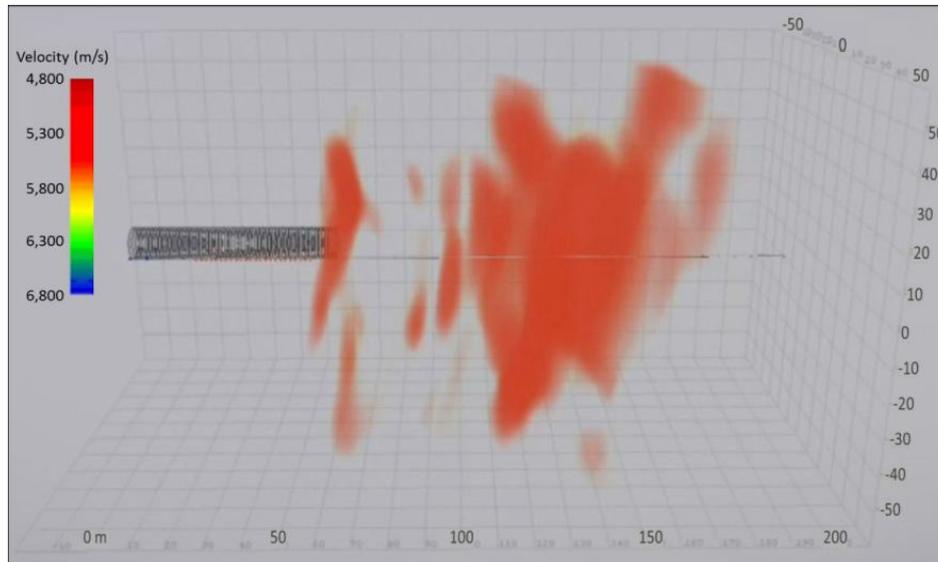


Figura 5: risultati di una indagine TSP condotta in avanzamento

2.1.3.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO IN AVANZAMENTO

Qualora le due metodologie precedentemente espone producano risultati discordanti od evidenzino anomalie, allora si prevede l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo di lunghezza L=50m ubicato opportunamente sul fronte di scavo.

La visione diretta delle carote permetterà l'interpretazione geologica e fornirà indicazioni basilari per la classificazione geomeccanica, mediante la stima dei valori di RQD e l'analisi delle condizioni dei giunti.

In particolare sarà possibile pervenire alla stima dei valori di RMR (Bieniawski, '89) e dei valori di GSI, anche partendo da recenti correlazioni proposte da Hoek, Carter e Diederichs nel 2013.

Nelle porzioni argillose permetterà il prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio. Sarà inoltre possibile effettuare prove in sito (prove DRT mediante dilatometro da roccia o pressiometro).

2.1.3.4 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

In corso d'opera è previsto un monitoraggio piezometrico al fine di valutare gli aspetti idrogeologici e sia per quanto attiene gli aspetti ambientali (prescrizioni del PD). Il monitoraggio piezometrico utilizzerà i piezometri già installati in fase di indagine propedeutica al PE oltre ad eventuali piezometri che dovessero essere realizzati ex-novo in fase costruttiva.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>20 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	20 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	20 di 45								

2.2 SEZIONI DI MONITORAGGIO IN GALLERIA

2.2.1 MISURE DI CONVERGENZA

Le sezioni di monitoraggio sono attrezzate con 5 punti di misura degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria e in direzione verticale e orizzontale.

Le basi di misura sono costituite da chiodi di convergenza, di lunghezza indicativamente pari a 50cm, infissi e cementati nell'ammasso roccioso o mediante apposite staffe metalliche saldate, sulle centine su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri. Nel caso in cui si manifestassero comportamenti differenziati, in termini deformativi, tra calcestruzzo proiettato e centine, a tali chiodi andranno affiancati dei supporti vincolati alle centine, su cui potranno essere montati i già citati marcatori (prismi cardanici riflettenti o catadiottri).

Le stazioni di misura della convergenza devono essere posizionate a ridosso del fronte di scavo, allo scopo di registrare per intero i valori deformativi dei rivestimenti di prima fase, a seguito della loro messa in opera.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da caposaldi ubicati in galleria.

La misura dovrà permettere di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

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

- spostamenti trasversali all'asse della galleria,
- spostamenti verticali,
- convergenze delle diverse corde,
- velocità di convergenza (mm/giorno).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione devono essere forniti alla D.L. entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo, sia su supporto magnetico che cartaceo, oltre ad essere pubblicati su apposita piattaforma predisposta per i dati di monitoraggio.

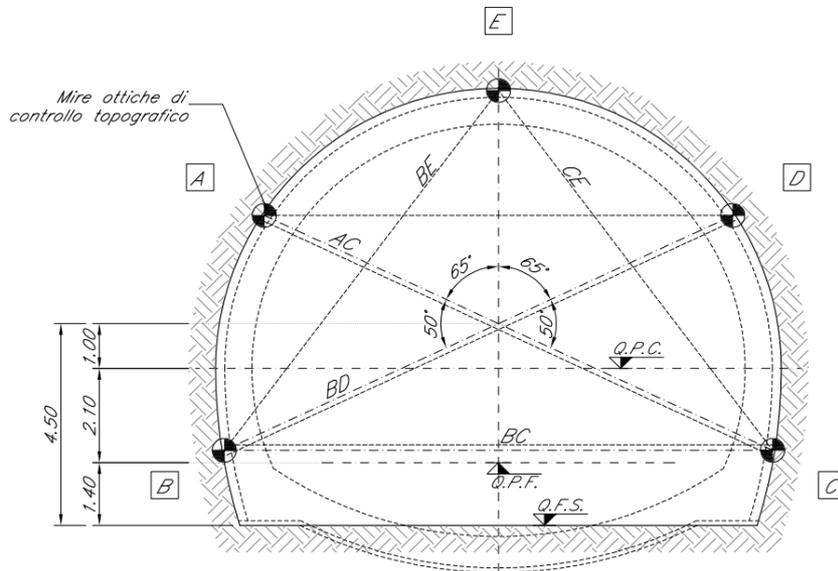
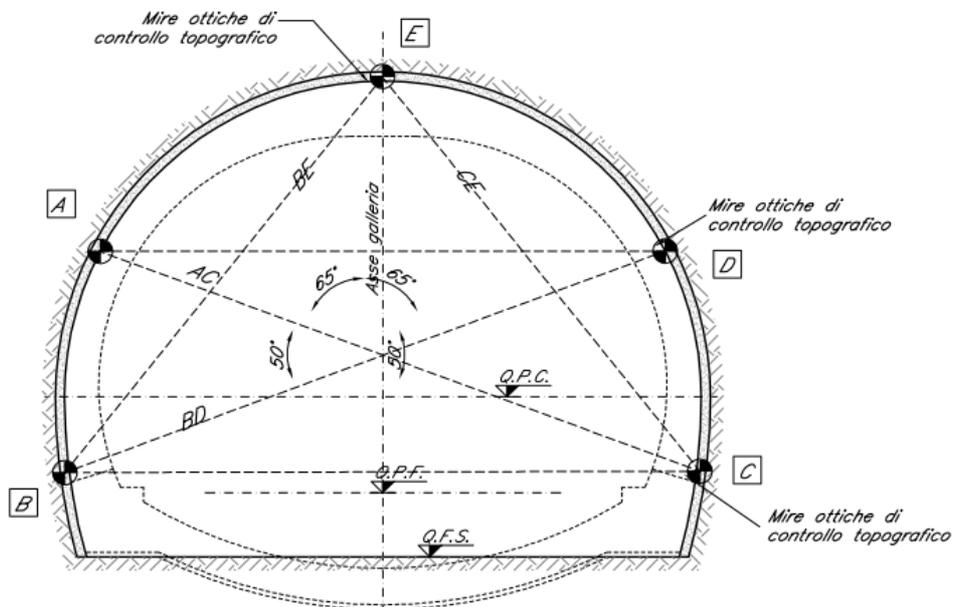
Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni di misura della convergenza potrà essere modulata in corso d'opera in funzione del reale comportamento dell'ammasso, si prevede di adottare le seguenti frequenze:

Tabella 1: frequenze previste per le misure di convergenza

Tipologia monitoraggio - cavo	Frequenza delle stazioni	Frequenze delle letture
Misura della convergenza	1/20m per sezioni tipo A; 1/campo per sezioni tipo B e C	1 lettura/gg sino ad una distanza fronte-stazione pari a 50m; 1 lettura/3gg sino a stabilizzazione o fino al getto del rivestimento definitivo

**RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI
LINEA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	21 di 45


Figura 6: distribuzione delle mire ottiche sulla sezione di scavo

Figura 7: distribuzione delle mire ottiche sulla sezione di scavo del camerone di segnalamento

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>22 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	22 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	22 di 45								

2.2.2 MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE DI SCAVO

Le misure di estrusione del fronte sono previste nelle tratte caratterizzate dall'unità TGCs e per tutta la tratta caratterizzata dalle argille varicolori ALV, oltre che per le aree tettonizzate in calcari.

Con riferimento soprattutto alla tratta in ALV risulta infatti fondamentale conoscere le deformazioni di estrusione del fronte di scavo, al fine di comprendere l'efficacia dell'irrigidimento al nucleo-fronte e regimare le dinamiche deformative dell'intera galleria. La regimazione dei fenomeni estrusivi limita infatti i fenomeni di preconvergenza permettendo all'ammasso di preservare parte delle sue resistenze ed entrare in equilibrio ottimale con i rivestimenti di prima fase, producendo effetti positivi per l'intero processo di scavo.

Si prevede l'esecuzione delle misure di estrusione profonde mediante estensimetro incrementale ad accoppiamento elettromagnetico. Tali strumenti consentono di rilevare l'entità degli spostamenti assiali ogni metro di profondità e di ricostruire la deformata completa del fronte individuando quindi l'entità e l'estensione della zona di allentamento del fronte, nonché di verificare l'efficacia degli interventi di consolidamento in avanzamento e di procedere ad una eventuale integrazione.

La strumentazione quindi prevede n°1 colonna estensimetrica incrementale di tipo elettromagnetico installata sul fronte di scavo mediante perforazione di un foro orizzontale di lunghezza 35m. Il tubo è in materiale plastico, fornito in spezzoni di 3m, di diametro 60mm, dotato di guide di riferimento per la sonda. All'esterno della tubazione vengono fissati degli anelli magnetizzati, posti ad una distanza fissa di 1 m, in modo da poter essere rilevati da idonea sonda magnetica per la misura dei movimenti differenziali tra gli anelli.

Le letture iniziali di riferimento saranno effettuate prima delle operazioni di consolidamento. Seguirà un'ulteriore lettura da eseguirsi durante le operazioni di consolidamento ed in ogni caso sempre prima dell'avvio dello scavo del campo successivo.

Nell'eventualità di sospensioni delle lavorazioni che implicino un fermo del fronte di durata superiore a 1 giorno, si provvederà, dopo la posa in opera del cls proiettato sul fronte, al posizionamento di mire ottiche ed al loro rilevamento mediante teodolite. Le mire saranno rilevate ogni giorno di durata del fermo.

Le frequenze delle letture sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 2: frequenze previste per le misure di estrusione

Tipologia monitoraggio - cavo	Frequenze delle stazioni	Frequenze delle letture
Estrusione del fronte mediante estrusimetro L=35m	1 tubo ogni 2 campi di scavo	n°2 letture/campo in sez. B oltre alla lettura di zero; n°2 letture/campo in sezioni tipo C oltre alla lettura di zero.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>23 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	23 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	23 di 45								

2.2.3 CONTROLLO TENSO-DEFORMATIVO DEL SOSTEGNO DI PRIMA FASE

Lungo le tratte di ALV e in condizioni di bassa copertura è previsto il monitoraggio tenso-deformativo del sostegno di prima fase costituito da 2 celle di carico a piede centina, 3 celle di pressione installate tra centina ed ammasso ed infine 5 coppie di barrette estensimetriche installate sulle ali delle centine. Inoltre, nella tratta dell'unità ALV è prevista l'integrazione di questa strumentazione con sensori MUMS installati su tutto il contorno della centina. Segue una descrizione della strumentazione.

2.2.3.1 STRUMENTAZIONE TIPO MUMS PER LA FORMAZIONE ALV

Al fine di ottenere un quadro di monitoraggio quanto più possibile completo nella formazione delle argille scagliose sarà utilizzato un sistema di misurazione degli spostamenti che permette di ottenere una deformata completa del profilato metallico.

La finalità del monitoraggio, oltre alla verifica dei principali parametri tensionali e deformativi, è quella di confermare le scelte progettuali relativamente agli aspetti geotecnici e di modellazione costitutiva dell'ammasso nel breve-medio termine e verificare le modalità del trasferimento di carico tra il rivestimento di prima fase ed il rivestimento definitivo nel lungo termine.

A tal fine è stato previsto il sistema MUMS (Modular Underground Monitoring System) sviluppato per il monitoraggio dei movimenti di versante e delle deformazioni delle strutture geotecniche ad opera di ASE Advanced Slope Engineering s.r.l. del DICATeA Università degli Studi di Parma. Con le catene MUMS le misure vengono effettuate automaticamente e in remoto, con risoluzione temporale che può essere decisa a seconda delle necessità. Ciascuna catena è dotata di sensori ad alta risoluzione per misurare la deformazione di strutture civili.

I nodi inclinometrici sono costituiti da una scheda elettronica progettata per accogliere un sensore MEMS (Micro Electro-Mechanical System), in grado di misurare le 3 componenti del campo gravitazionale terrestre lungo gli assi del sistema di riferimento interno. Lo stesso sensore restituisce anche le 3 componenti del campo magnetico terrestre nel medesimo sistema di coordinate. La centralina a cui è connessa la catena interroga i nodi ad intervalli di tempo prefissati e salva i relativi dati su un supporto di memoria in attesa che il modulo GPRS li invii presso il centro di elaborazione. Il principio fondamentale su cui si basa l'elaborazione dei dati e la successiva ricostruzione degli spostamenti è il seguente: un nodo che viene installato in sito sarà caratterizzato da una particolare giacitura nello spazio che è ricostruibile sulla base delle grandezze fisiche acquisite dal sensore MEMS. Nel caso di una struttura monitorata, i nodi tendono a muoversi e ad assumere una nuova giacitura. Confrontando le nuove posizioni con quelle iniziali è possibile ricavare la rotazione di ciascun nodo. Essendo nota la spaziatura tra i nodi, è possibile ricavare le componenti di spostamento (nord-sud ed est-ovest) in corrispondenza di ciascun nodo della catena. Tra i principali vantaggi del sistema si rilevano:

- l'acquisizione automatica dei dati (i dati raccolti vengono trasmessi a terminali in remoto);
- la registrazione dei dati lungo tutta la lunghezza della catena,

2.2.3.2 CELLE DI PRESSIONE

Le celle di pressione vengono annegate nel calcestruzzo proiettato ovvero poste a contatto tra ammasso e rivestimento di prima fase. Tutti i tipi di celle di pressione devono essere composte da un sensore generalmente rettangolare costituito da due membrane in acciaio inossidabile di piccolo spessore saldate al contorno; il sensore va inserito entro un apposito taglio di pochi centimetri di spessore in posizione ortogonale alla direzione della tensione che si vuole misurare. La camera contenuta tra le due membrane è riempita di speciale olio idraulico che attraverso un tubetto di nylon o in acciaio agisce su un trasduttore in pressione.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>24 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	24 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	24 di 45								

La pressione che le membrane esercitano sulle superfici del taglio, viene fatta gradualmente crescere, aumentando la pressione dell'olio idraulico con una pompa esterna, fino a raggiungere la condizione di equilibrio tensionale e deformativo; a seconda della particolare tecnologia dello strumento utilizzato si esegue la lettura del ricercato valore di pressione con il corrispondente manometro. Confrontando i valori ottenuti in successivi rilevamenti si può osservare la variazione nel tempo delle pressioni. Il campo di misura e la precisione richiesta è il seguente:

- Campo di misura: 0 ÷ 150 bar,
- Sovrapp. Massima: 30% F.S.,
- Sensibilità: 0.1% F.S.,
- Precisione: ≤0.25% F.S..

2.2.3.3 CELLE DI CARICO

Le celle di carico saranno installate alla base di appoggio delle centine.

La cella di carico tipo è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso ed isolate. Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella. La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente. Le celle di carico vengono impiegate maggiormente alla base delle centine per valutare il carico che esse trasmettono al loro piede e quindi la pressione a cui esse sono sottoposte. Il campo di misura e la precisione richiesta è la seguente:

- Campo di misura: 0 ÷ 3000 kN,
- Sensibilità: 0.15kN,
- Precisione: 1% F.S..

2.2.3.4 BARRETTE ESTENSIMETRICHE (O STRAIN GAUGES)

Le barrette estensimetriche sono composte da una barra in acciaio zincato di sezione rettangolare forata all'estremità per permettere la connessione di eventuali prolunghe ed alla quale sono applicati, nella parte centrale, estensimetri elettrici. La disposizione degli estensimetri deve permettere di compensare il segnale elettrico dagli effetti termici e dalla flessione. Strati sovrapposti di resine sono posti a protezione della parte sensibilizzata della barra per preservarne la funzionalità in caso di urti od immersione. Le barrette estensimetriche sono sensibilizzate mediante strain-gauges collegati tra loro a ponte intero in grado di rilevare la deformazione assiale della barra. Tale deformazione induce una variazione di resistenza all'interno del ponte che viene misurata con apposita centralina o sistema automatico di acquisizione dati.

Mediante l'applicazione della legge di Hooke ($\sigma = \epsilon E$) è possibile risalire allo stato tensionale presente. Il campo di misura e la precisione richiesta è il seguente:

- Campo di misura -1500 ÷ +1500 $\mu\epsilon$,
- Sovrapp. massima 150 % F.S.,
- Precisione ≤1% F.S.,
- Segnale di uscita 4 ÷20 mA.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>25 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	25 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	25 di 45								

2.2.3.5 TUBO INCLINO-ESTENSIMETRICO TREX

Il tubo inclino-estensimetrico è in materiale plastico (ABS) (diametro esterno 60 mm), dotato di guide di riferimento e scorrimento per sonda inclinometrica disposte su due diametri tra loro ortogonali (spiralatura < 0.3°/m). La tubazione sarà fornita in spezzoni da 3m giuntati mediante manicotti.

All'esterno della tubazione vengono fissati degli anelli magnetizzati, posti ad una distanza fissa di 1m, in modo da poter essere rilevati da idonea sonda magnetica tipo T-Rex per la misura dei movimenti differenziali tra gli anelli ed il relativo calcolo del cedimento orizzontale dell'area indagata.

Le letture iniziali di riferimento saranno effettuate prima delle operazioni di consolidamento. Seguirà un'ulteriore lettura da eseguirsi durante le operazioni di consolidamento ed in ogni caso sempre prima dell'avvio dello scavo del campo successivo.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>26 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	26 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	26 di 45								

2.2.3.6 STAZIONE TIPO 1

Si procede all'adozione di n°2 sezioni complete di strumentazione per la misurazione della convergenza, della deformata complessiva del profilato (MUMS - Modular Underground Monitoring System) e del livello tensionale (strain gauges e celle di pressione). In questo modo la centina installata diventa un vero e proprio strumento geotecnico che rimane attivo anche dopo il getto del rivestimento definitivo su cui verranno installati ulteriori strain gauges. La figura seguente illustra la sezione strumentata descritta.

Le sezioni di monitoraggio sono applicate all'imbocco lato Benevento, in un contesto caratterizzato da stratificazione di unità non litoidi (DT, Pir, TGCs) a comportamento incoerente e alla base la presenza delle argille.

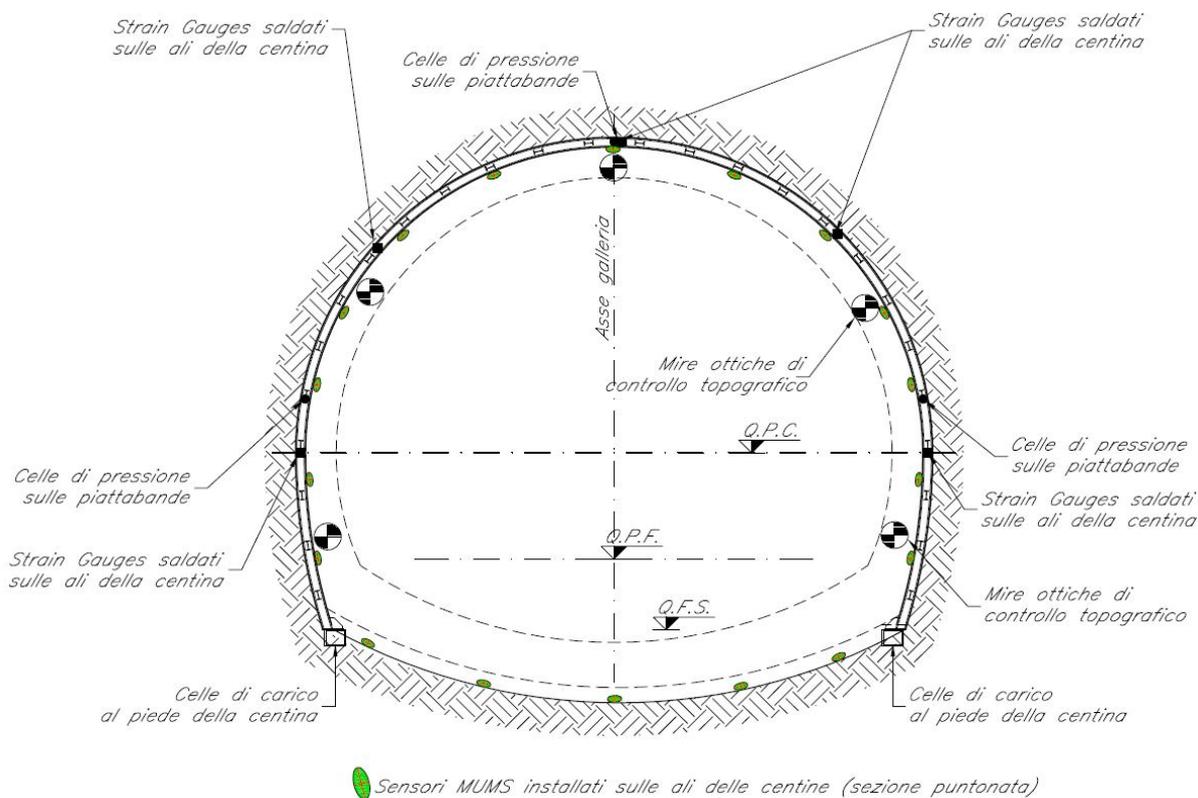


Figura 8: sezione tipologica 1 di monitoraggio del sostegno di prima fase

La sezione così strumentata, in abbinamento alla strumentazione apposta sul rivestimento definitivo permette di acquisire informazioni essenziali sia per i consueti scopi del monitoraggio in corso d'opera, sia per ottenere importanti informazioni a livello progettuale relativamente al comportamento della formazione. In sintesi si ottengono:

- misura della convergenza;
- deformata completa del profilato, verificabile anche dopo il getto del rivestimento definitivo;
- stato tensionale del rivestimento di prima fase, verificabile anche dopo il getto di rivestimento definitivo;
- stato tensionale del rivestimento definitivo;

Le informazioni acquisite con questa tipologia di sezione, integrano diversi aspetti deformativi e tensionali che permettono di studiare il sistema ad un livello di approfondimento superiore rispetto ad un sistema tradizionale.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>27 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	27 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	27 di 45								

Nello specifico, in caso di condizioni spingenti, è possibile mantenere verificati gli aspetti deformativi e tensionali dei rivestimenti anche dopo il getto di calotta, ottenendo informazioni sul lungo termine utili per lo studio degli eventuali fenomeni di creep delle argille, oltre che ad indagare le modalità di trasferimento dei carichi dal rivestimento di prima fase al rivestimento definitivo.

Il complesso di strumentazione apposta permane infatti in funzione anche dopo i getti e, accoppiato con le barrette estensimetriche installate nel rivestimento definitivo, permette il controllo complessivo di tutte le fenomenologie in essere.

Tabella 3: frequenze e strumentazioni previste per la stazione tipo 1 sul sostegno di prima fase

pk stazioni	Celle di press.	Celle di carico	Barrette estens.	MUMS	Mire ottiche	Frequenze previste
6+540	✓	✓	✓	✓	✓	Convergenze: 1 lettura/gg con fronte sino a 50m dal fronte; poi 1 lettura/3gg sino a stabilizzazione/getto rivestimento definitivo MUMS 1 lettura/gg con fronte sino a 50m dal fronte; poi 1 lettura/4gg sino a stabilizzazione. Strain gauges/celle di pressione/celle di carico: 1 lettura/gg con fronte sino a 50m; poi 1 lettura/4gg fino a stabilizzazione L'intera strumentazione verrà letta anche dopo l'installazione dei rivestimenti definitivi
6+705	✓	✓	✓	✓	✓	

Le frequenze di lettura previste permettono la definizione ottimale dell'evoluzione tenso-deformativa rispetto alla distanza del fronte consentendo sia di verificare la rispondenza progettuale della sezione, sia di implementare specifiche back analysis che garantiscono le opportune verifiche anche sulla modellazione costitutiva adottata in sede di PE per la caratterizzazione delle argille varicolori.

2.2.3.7 STAZIONE TIPO 2

Si procede all'adozione di n°5 sezioni complete di strumentazione per la misurazione della convergenza, della deformata complessiva del profilato (MUMS - Modular Underground Monitoring System) e del livello tensionale sia nel rivestimento provvisorio (strain gauges e celle di pressione) che al terreno al contorno (T-REX). L'ubicazione di queste sezioni prevede la presenza di argille su tutto il fronte oppure condizioni di fronte misto con argilla nella parte bassa del fronte.

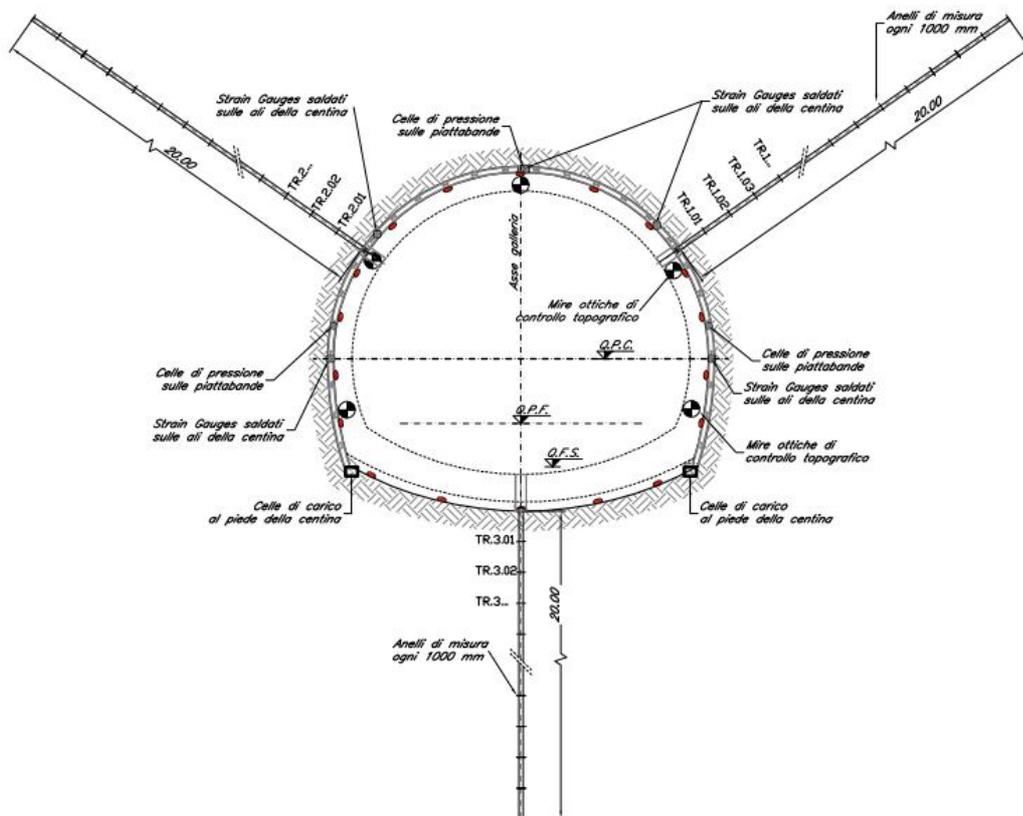


Figura 9: sezione tipologica 2 di monitoraggio del sostegno di prima fase

Le frequenze previste e l'ubicazione della strumentazione è illustrata nella tabella seguente.

Tabella 4: frequenze e strumentazioni previste per la stazione tipo 2 sul sostegno di prima fase

pk stazioni	Celle di press.	Celle di carico	Bar. estens.	MUMS	TREX	mire ottiche	Frequenze previste
3+125	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Convergenze: 1 lettura/gg con fronte sino a 50m dal fronte; poi 1 lettura/3gg sino a stabilizzazione/getto rivestimento definitivo MUMS 1 lettura/gg con fronte sino a 50m dal fronte; poi 1 lettura/4gg sino a stabilizzazione Strain gauges/celle di pressione/celle di carico: 1 lettura/gg con fronte sino a 50m; poi 1 lettura/4gg fino a stabilizzazione L'intera strumentazione verrà letta anche dopo l'installazione dei rivestimenti definitivi
3+255	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6+205	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6+305	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6+405	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>29 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	29 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	29 di 45								

2.2.4 MONITORAGGIO DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI

Il monitoraggio dei rivestimenti definitivi costituisce un elemento essenziale per il Gestore dell'opera per poter valutare il comportamento delle strutture nel lungo termine o poter prevenire l'instaurarsi di situazioni critiche per l'esercizio, dovute a condizioni anomale.

Il progetto prevede:

- 8 coppie di barrette estensimetriche installate sull'armatura (ulteriori due coppie di tipo strain enclosure per correzione delle misure da effetti esterni);
- monitoraggio tenso-deformativo con sensori automatici di lettura della deformata completa della sezione (MUMS);
- un sistema di monitoraggio del potenziale di corrosione delle armature dei rivestimenti per effetto delle correnti vaganti.

I sensori MUMS sono stati inseriti, in aggiunta alle classiche barrette estensimetriche, per il controllo delle piccole deformazioni a cui può essere soggetto il rivestimento definitivo in calcestruzzo armato in corrispondenza delle sezioni potenzialmente più critiche (condizioni geotecniche sfavorevoli o dimensioni del cavo maggiorate).

Nella formazione delle argille ALV la struttura del monitoraggio ipotizzata è tale da permettere una ricostruzione completa degli aspetti tensionali e deformativi anche nel lungo termine, garantendo la piena comprensione dell'interazione terreno-struttura, sia mediante l'interpretazione dei dati che mediante l'avvio di specifiche back analysis.

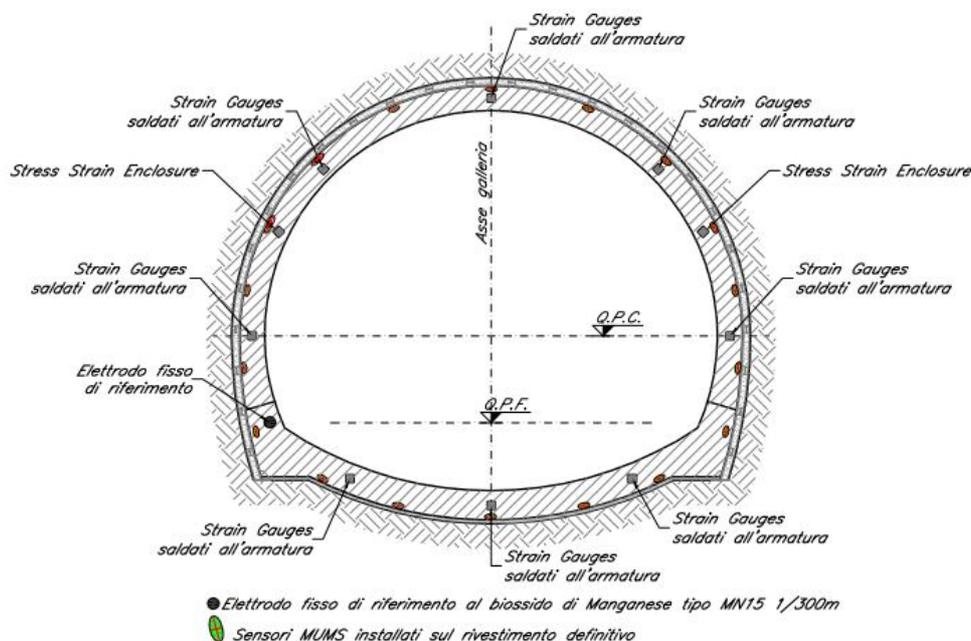


Figura 10: strumentazione per il monitoraggio del rivestimento definitivo

Per quanto attiene il rivestimento definitivo si prevede anche la posa in opera di n°2 barrette estensimetriche del tipo "stress-strain enclosure". Si tratta di barrette estensimetriche poste in un cilindro di plastica di modo che registrino deformazioni imputabili solamente a variazioni di temperatura e/o umidità. Si elimina in questo modo qualsiasi errore legato a tali variabili ed ai fenomeni di creep del calcestruzzo.

Tutta la strumentazione sarà mantenuta operativa anche in fase di esercizio.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>30 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	30 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	30 di 45								

Le tabelle seguenti riassumono la frequenza delle letture e l'ubicazione della strumentazione

Tabella 5: frequenze e strumentazioni previste per il monitoraggio dei rivestimenti definitivi

Ubicazione delle stazioni di monitoraggio	Strumentazione		Frequenza delle letture
	Barrette estens.	MUMS	
pk 3+125	✓	✓	n°1 lettura ogni giorno per i primi 7 giorni dal getto; n°1 lettura/3gg fino a completa maturazione del getto (30gg); n°1 lettura a settimana fino a stabilizzazione
pk 3+255	✓	-	
pk 3+405	✓	-	
pk 4+270	✓	-	
pk 5+223	✓	-	
pk 5+800	-	✓	
pk 6+205	✓	✓	
pk 6+305	✓	✓	
pk 6+405	✓	-	
pk 6+540	✓	-	
pk 6+705	✓	✓	

2.2.4.1 MONITORAGGIO DEL POTENZIALE DI CORROSIONE

Con correnti vaganti si intende quel fenomeno costituito dalla circolazione nel terreno di correnti elettriche, causate in alcuni casi dal campo elettrico terrestre, ma in genere introdotte dalla presenza di installazioni industriali o di impianti di trazione elettrica, che in modo volontario o indiretto interessano il terreno come mezzo di richiusura del circuito di alimentazione.

Nelle gallerie in calcestruzzo armato si può verificare l'interferenza con le correnti vaganti che può causare la corrosione delle armature del rivestimento definitivo.

Il monitoraggio del livello di interferenza da correnti vaganti durante la vita delle opere è un elemento importante nella verifica della durabilità delle stesse.

Le tipologie di misura adottabili in termini di monitoraggio continuativo sono relative alla misura del potenziale assunto dai componenti metallici presenti lungo l'opera, rilevati rispetto ad elettrodi di riferimento specifici per l'applicazione.

Per installazioni fisse in strutture di cemento armato possono essere utilizzati elettrodi di riferimento del tipo Mixed Metal Oxide (MMO). Diversi anni di sperimentazione hanno confermato che a lungo termine è garantita la massima stabilità del potenziale misurato e la riproducibilità delle letture.

Essi possono essere installati preventivamente al getto del rivestimento.

Si prevede l'installazione di un elettrodo di riferimento in modo sistematico lungo la galleria di linea con una frequenza di 300m.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>31 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	31 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	31 di 45								

3 MONITORAGGIO IN SUPERFICIE

Il progetto prevede n°10 stendimenti in superficie a controllo delle subsidenza, in prossimità dell'imbocco lato Benevento, ove si riscontra la presenza di alcuni edifici di civile abitazione e di un capannone ad uso industriale.

Sull'imbocco lato Canello, considerato il fatto che non vi sono edifici di particolare interesse da monitorare, sono state previste n°3 sezioni di monitoraggio nei primi 250m di galleria naturale.

In generale, le sezioni topografiche posizionate sul terreno sono costituite da almeno n°13 caposaldi opportunamente fissati al terreno, ubicati secondo lo schema indicato nello specifico elaborato grafico con una estensione (trasversale all'asse della galleria) di circa 100m.

Si è ritenuto opportuno inoltre valutare il campo di spostamenti lungo il profilo verticale del terreno mediante l'utilizzo di n°2 estensoinclinometri posti all'imbocco lato Benevento, di lunghezza 25m (EI_001) e 40m (EI_002) in funzione della copertura.

Per gli edifici presenti in superficie è prevista l'installazione di mire ottiche sugli spigoli in posizione accessibile per la loro lettura. E' previsto inoltre l'impiego di clinometri a registrazione continua installati sugli edifici presenti nelle aree più sensibili soggetti ad eventuali sollecitazioni di trazione. Qualora gli stati di consistenza denotassero fessure pregresse, verranno inoltre apposti fessurimetri meccanici da leggere con frequenza di 1lett/sett.

Per quanto attiene la precisa ubicazione si rimanda allo specifico elaborato grafico, mentre per quanto riguarda le frequenze di lettura, queste sono riassunte nella tabella sottostante.

Tabella 6: frequenze e strumentazioni previste per il monitoraggio in superficie

Tipologia monitoraggio	Ubicazione della strumentazione	Frequenze previste
Subsidenze – punti terreno	3+016 3+116 3+216 6+266 6+366 6+466 6+516 6+566 6+616 6+666 6+716 6+766 6+816	1 lett/gg entro $\pm 30m$ dal fronte; 2 lett/sett entro $\pm 60m$ dal fronte; 1 lett/sett fino a stabilizzazione.
Estensoinclinometri	EI_001 EI_002	1 lett/gg entro $\pm 30m$ dal fronte; 2 lett/sett entro $\pm 60m$ dal fronte; 1 lett sett fino a stabilizzazione.
Edifici	edifici da 1 a 13 imbocco lato Benevento	1 lett/ 30gg all'avvio dei lavori; 1 lett/gg entro $\pm 30m$ dal fronte; 2 lett/sett entro $\pm 60m$ dal fronte; 1 lett sett fino a stabilizzazione.
Clinometri elettrici	edifici da 1 a 13 imbocco lato Benevento	1 lett/sett.
Fessurimetri (qualora gli stati di consistenza delle preesistenze denotassero fessure pregresse)	edifici da 1 a 13 imbocco lato Benevento	1 lett/sett.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>32 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	32 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	32 di 45								

4 VALORI ATTESI E LIMITI DI ATTENZIONE ED ALLARME

Nel presente capitolo si riassumono i valori attesi delle diverse grandezze che sono oggetto di monitoraggio durante la costruzione dell'opera. I valori attesi sono riportati per tutte le sezioni tipologiche della galleria di linea e sono stati estesi anche ai conci di attacco (Cancello e Benevento).

4.1 VALORI ATTESI

I valori attesi riportati nei successivi paragrafi corrispondono ai valori massimi delle rispettive grandezze, opportunamente arrotondati.

4.1.1 SPOSTAMENTI RADIALI IN GALLERIA

Per le diverse sezioni tipo si riportano i valori degli spostamenti radiali, riferiti al fronte di scavo, ricavati dai modelli numerici utilizzati per il dimensionamento delle stesse.

Nella tabella seguente si riportano, oltre ai valori attesi, anche le condizioni in cui tali valori sono stati ricavati. Lo scopo è quello di sensibilizzare il fruitore di questi valori sul loro campo di applicazione; condizioni diverse da quelle di calcolo possono portare ad avere spostamenti radiali diversi da quelli attesi.

Tabella 7: valori attesi degli spostamenti radiali in galleria

Sezione tipo	copertura [m]	u.g. prevalente con cui è stata analizzata	spostamento radiale massimo, δ_r [cm]
A1	200	RDO GSI=45	0.7
A2	306	RDO GSI=45	1.0
A1_star	252	RDO GSI=50	0.7
A2_star	306	RDO GSI=45	0.9
B1	294	RDO GSI=25	4.0
B1_star	294	RDO GSI=25	4.0
B2	160	RDO GSI=25	1.5
C1	13	alternanza Pir/TGCs	3.0
C1bis	26	alternanza TGCs/ALV	5.2
C2	70	ALV	7.5
C2p	55	ALV_faglia	10.0
Concio d'attacco CA	6	TGCs	1.0
Concio d'attacco BN	7	alternanza DT/Pir/TGCs	1.7

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>33 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	33 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	33 di 45								

4.1.2 ESTRUSIONE DEL FRONTE

Per le diverse sezioni tipo si riportano i valori degli spostamenti del fronte di scavo, ricavati dai modelli numerici tridimensionali messi a punto per la valutazione della curva di avanzamento. I valori riportati corrispondono ai valori massimi valutati al fronte a metà dell'intero sviluppo longitudinale del modello.

Anche in questo caso, come già fatto per gli spostamenti radiali, si riporta anche la copertura e l'unità geotecnica al fronte con cui le diverse sezioni sono state analizzate.

Tabella 8: valori attesi dell'estrusione del fronte

Sezione tipo	copertura [m]	u.g. prevalente con cui è stata analizzata	estrusione massima al fronte, δ_f [cm]
B1	294	RDO_GSI=25	4.5
B1_star	294	RDO_GSI=25	
B2	160	RDO_GSI=25	1.5
C1	13	alternanza Pir/TGCs	3.5
C1bis	26	alternanza TGCs/ALV	
C2	70	ALV	6.5
C2p	55	ALV_faglia	10.0
Concio d'attacco CA	6	TGCs	2.0
Concio d'attacco BN	7	alternanza DT/Pir/TGCs	

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>34 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	34 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	34 di 45								

4.1.3 SOSTEGNO DI PRIMA FASE

La strumentazione installata sul sostegno di prima fase prevede la misura e la definizione dei valori attesi di:

- carico sul sostegno di prima fase, estratto dal modello di riferimento di ciascuna sezione;
- tensione massima nel profilato metallico, estratto dai valori di verifica delle sezioni; il valore riportato in tabella si riferisce al valore caratteristico, non di calcolo;
- carico radiale massimo tra il sostegno di prima fase e il terreno, valutato mediante la seguente relazione:

$$p_r = p_0 (\lambda_{\text{lontano dal fronte}} - \lambda_{\text{sostegno}})$$

dove:

p_0 è la tensione geostatica;

$\lambda_{\text{lontano dal fronte}}$ è il coefficiente di rilascio lontano dal fronte prima del getto del rivestimento definitivo;

$\lambda_{\text{sostegno}}$ è il coefficiente di rilascio al momento di installazione del sostegno di prima fase.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei valori per le diverse sezioni tipologiche.

Tabella 9: valori attesi del carico al piede delle centine e del carico radiale tra il sostegno di prima fase e il terreno

Sezione tipo	copertura [m]	u.g. prevalente con cui è stata analizzata	carico massimo sulle centine, N_{centina} [kN]	tensione massima nel profilato metallico che costituisce la centina, σ_s [MPa]	carico radiale tra sostegno di prima fase e terreno, p_{rad} [kPa]
A1	200	RDO GSI=45	108	147.5	612
A2	306	RDO GSI=45	160	145.8	819
A1_star	252	RDO GSI=50	93	39.0	504
A2_star	306	RDO GSI=45	112	133.5	674
B1	294	RDO GSI=25	257	200.0	1727
B1_star	294	RDO GSI=25	269	196.4	1480
B2	160	RDO GSI=25	234	166.5	1180
C1	13	alternanza Pir/TGCs	68	70.0	56
C1bis	26	alternanza TGCs/ALV	91	126.2	156
C2	70	ALV	234	187.9	306
C2p	55	ALV_faglia	660	225.4	233
Concio d'attacco CA	6	TGCs	32	43.9	101
Concio d'attacco BN	7	alternanza DT/Pir/TGCs	42	54.7	111

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>35 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	35 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	35 di 45								

4.1.4 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

I valori delle tensioni nell'acciaio sono riportate nella tabella seguente per tutte le sezioni previste lungo il tracciato.

Tabella 10: valori attesi delle tensioni nell'armatura del rivestimento definitivo

Sezione tipo	copertura [m]	u.g. prevalente con cui è stata analizzata	tensione massima nell'acciaio di armatura, σ_s [MPa]	
			calotta	arco rovescio
A1	200	RDO_GSI=45	-	+0.81
A2	306	RDO_GSI=45	-	+2.22
A1_star	200	RDO_GSI=45	-	+1.61
A2_star	306	RDO_GSI=45	-	+1.32
B1	294	RDO_GSI=25	25.7	-18.0
B1_star	294	RDO_GSI=25	-18.0	-116.2
B2	160	RDO_GSI=25	+5.9	-70.4
C1	13	alternanza Pir/TGCs	-30.3	-149.8
C1bis	26	alternanza TGCs/ALV	-30.8	-90.2
C2	70	ALV	-43.6	-6.0
C2p	55	ALV_faglia	-23.0	-20.0
Concio d'attacco CA	6	TGCs	-71.0	-140.0
Concio d'attacco BN	7	alternanza DT/Pir/TGCs	-13.5	-137.3

NOTE:
+ denota compressione, - denota trazione

4.1.5 SPOSTAMENTI IN SUPERFICIE

Sulla base delle analisi specifiche delle sezioni in corrispondenza della tratta a limitata copertura (sezioni tipo C1, C1bis e C2), i valori di spostamento massimi sono di 3.5cm.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>36 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	36 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	36 di 45								

4.2 VALORI DI SOGLIA

4.2.1 CRITERI PER LA DEFINIZIONE

I valori di soglia (di attenzione e di allarme) sono quei valori, definiti per ciascuna grandezza monitorata, per la quale il superamento di essi comporta una situazione che è oltre a quella attesa e calcolata. Considerato il rischio connesso al superamento dei valori attesi, sono definiti due tipologie di valori soglia:

- Soglia di attenzione: rappresenta una situazione prossima al valore atteso (minore o al massimo uguale al valore atteso) che comporta la messa in campo di una serie di misure al fine di capire nel dettaglio la fenomenologia in atto.
- Soglia di allarme: rappresenta una situazione in cui il valore atteso è già stato superato e sono necessari degli interventi integrativi o una rivalutazione della specifica situazione basata sulla analisi a ritroso delle misurazioni condotte.

Questi valori di soglia, nel caso specifico, sono stati valutati in modo differente a seconda delle grandezze monitorate. In particolare per le deformazioni sul contorno dello scavo ed in superficie si assumono come valori di soglia (di attenzione e allarme) rispettivamente i valori corrispondenti ad una percentuale di 100% e 120% del valore massimo atteso. Il valore della soglia di attenzione è uguale al valore atteso in quanto vuole rappresentare una situazione oltre la quale le previsioni di progetto possono essere superate e pertanto, tenuto conto del delicato contesto nel quale si inseriscono le opere e delle ripercussioni che si potrebbero avere in conseguenza di anomale deformazioni in galleria, risulta opportuno aumentare il livello di attenzione nell'ambito dei monitoraggi previsti.

I valori riportati sono stati uniformati per quanto possibile, tra le medesime sezioni tipologiche in modo da allineare il più possibile i valori di soglia. Per la sezione tipo B invece, sono stati differenziati i valori di soglia tra quella applicata sulla linea e quelle applicate sulle opere in sotterraneo dedicate alle vie di fuga.

Per quanto riguarda invece i carichi agenti sul sostegno di prima fase e le tensioni agenti nel rivestimento definitivo, si adottano come valori di soglia di allarme i valori corrispondenti a circa l'100% del valore atteso. In questo caso, le verifiche strutturali sviluppate in fase di Progetto sono ancora valide e pertanto vi sono ancora adeguati fattori di sicurezza nei confronti degli SLU. Come valore di soglia di attenzione invece è stato deciso di adottare un valore più basso del valore atteso, corrispondente all'80% di esso, in modo da avere ancora un certo margine temporale per monitorare il fenomeno nel caso in cui le condizioni al contorno fossero peggiori di quelle previste in Progetto. Nel caso in cui i livelli di sollecitazione emersi dalle analisi sono bassi rispetto al limite di snervamento del materiale, si assume la soglia di attenzione pari al 100% del valore atteso e la soglia di allarme pari al 120% del valore atteso.

Tale regola, del tutto generale, non è stata seguita nel caso in cui la differenza tra il valore di soglia di attenzione e di allarme è molto piccolo e rientra nella tolleranza della precisione della strumentazione. In questi casi è stato tenuto fisso il valore di soglia di attenzione e si è incrementato il valore di soglia di allarme di una quantità variabile a seconda della strumentazione:

- Celle di carico e celle di pressione: due volte il valore di tolleranza sulla misura.
- Barrette estensimetriche: 5MPa oltre il valore della soglia di attenzione.

Nel caso in cui, la differenza tra i valori di soglia è maggiore delle quantità sopra citate, si mantiene il criterio generale esposto precedentemente (valore di soglia di attenzione ed allarme pari all'80% e al 100% del valore atteso).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GN1000 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">37 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	37 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	37 di 45								

4.2.2 SOGLIA DI ATTENZIONE ED ALLARME PER LE GRANDEZZE MONITORATE

I valori di soglia di attenzione e di allarme, valutati secondo quanto riportato al paragrafo precedente, sono stati riassunti nelle tabelle seguenti.

Tabella 11: valori di soglia per gli spostamenti radiali in galleria

Sezione tipo	soglia di attenzione [cm]	soglia di allarme [cm]
A1	1.0	2.0
A2	1.0	2.0
A1_star	1.0	2.0
A2_star	1.0	2.0
B1	4.0	5.0
B1_star	4.0	5.0
B2	2.0	3.0
C1	3.0	4.0
C1bis	6.0	7.0
C2	7.5	9.0
C2p	10.0	12.0
Concio d'attacco CA	2.0	3.0
Concio d'attacco BN	2.0	3.0

Tabella 12: valori di soglia per l'estrusione del fronte

Sezione tipo	soglia di attenzione [cm]	soglia di allarme [cm]
B1	4.5	5.5
B1_star		
B2	1.5	2.5
C1	3.5	4.5
C1bis		
C2	6.5	8.0
C2p	10.0	12.0
Concio d'attacco CA	2.0	3.0
Concio d'attacco BN		

Tabella 13: valori di soglia del carico al piede delle centine, della tensione massima nel profilato metallico della centina e del carico radiale tra il sostegno di prima fase e il terreno

Sezione tipo	carico massimo al piede delle centine, $N_{centina}$ [kN]		tensione massima nel profilato metallico che costituisce la centina, σ_s [MPa]		carico radiale tra sostegno di prima fase e terreno, p_{rad} [kPa]	
	soglia di attenzione	soglia di allarme	soglia di attenzione	soglia di allarme	soglia di attenzione	soglia di allarme
A1	90	150	120	150	490	610
A2	130	190	120	150	660	820
A1_star	80	140	120	150	410	510
A2_star	90	150	120	150	540	680
B1	210	270	160	200	1390	1730
B1_star	220	280	160	200	1190	1480
B2	190	250	140	170	950	1180
C1	60	120	60	70	50	120
C1bis	80	140	100	130	130	200
C2	190	250	150	190	250	320

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GN1000 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">38 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	38 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	38 di 45								

Sezione tipo	carico massimo al piede delle centine, $N_{centina}$ [kN]		tensione massima nel profilato metallico che costituisce la centina, σ_s [MPa]		carico radiale tra sostegno di prima fase e terreno, p_{rad} [kPa]	
	soglia di attenzione	soglia di allarme	soglia di attenzione	soglia di allarme	soglia di attenzione	soglia di allarme
C2p	530	660	180	230	190	260
Concio d'attacco CA	30	90	60	80	110	180
Concio d'attacco BN	40	100	60	80	120	200

Tabella 14: valori di soglia delle tensioni nell'armatura del rivestimento definitivo

Sezione tipo	Soglia di attenzione [MPa]		Soglia di allarme [MPa]	
	calotta	arco rovescio	calotta	arco rovescio
A1	-	+1	-	+5
A2	-	+2	-	+7
A1_star	-	+2	-	+7
A2_star	-	+2	-	+7
B1	+21	-15	+26	-20
B1_star	-15	-93	-20	-117
B2	5	-57	+10	-71
C1	-25	-120	-31	-150
C1bis	-25	-72	-31	-91
C2	-35	-5	-44	-10
C2p	-16	-19	-25	-30
Concio d'attacco CA	-57	-112	-71	-140
Concio d'attacco BN	-11	-110	-16	-138

Tabella 15: valori di soglia per le subsidenze in superficie

	soglia di attenzione [cm]	soglia di allarme [cm]
Spostamenti in superficie	3.5	4.5

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>39 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	39 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	39 di 45								

4.2.3 AZIONI DA INTRAPRENDERE NEL CASO DI SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA

Nei casi in cui i valori registrati dalle diverse letture superassero il valore di soglia (di attenzione), è necessario porre in atto le seguenti misure:

- immediata comunicazione alla D.L.;
- analisi di tutti i dati di monitoraggio disponibili;
- incremento della frequenza delle misurazioni rispetto a quanto previsto per le diverse grandezze monitorate; in particolare le frequenze delle misurazioni saranno raddoppiate rispetto a quanto previsto;
- in accordo con le linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo, si adotta immediatamente l'incremento previsto da progetto, per tutti gli elementi che prevedono una certa variabilità nell'ambito del $\pm 20\%$.

Nel caso in cui, i valori registrati dalle letture raggiungessero il valore di soglia di allarme allora sarà necessario porre in atto le seguenti misure:

- immediata comunicazione alla D.L.;
- analisi di tutti i dati di monitoraggio disponibili.

Se dall'analisi dei dati di monitoraggio scaturisce che l'andamento della grandezza monitorata risulta stabile e/o tende alla stabilizzazione nel tempo (intendendo con questo, il periodo temporale compreso tra il raggiungimento del valore di soglia di attenzione e quello di allarme), non risulterà necessario ricorrere a misure integrative, previa una verifica strutturale degli elementi di sostegno presenti. Tale verifica strutturale potrà essere effettuata mediante una analisi a ritroso sulla base delle misure raccolte.

Nel caso in cui l'andamento non tenda alla stabilizzazione, previa valutazione congiunta con la Direzione Lavori, si procederà in accordo con le linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo all'adozione di una sezione più performante tra quelle previste in Progetto come eventuali.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>40 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	40 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	40 di 45								

5 GESTIONE ED ORGANIZZAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO

Tutti i dati provenienti dalla strumentazione installata saranno gestiti da una piattaforma integrata che permette un riscontro completo ed immediato di tutte le misurazioni eseguite in sito e le inserisce immediatamente nell'ambito progettuale di riferimento, al fine di verificarne immediatamente la rispondenza rispetto a quanto previsto.

Il sistema contempla l'utilizzo di una innovativa piattaforma di gestione su base WEB-GIS, MissionOS, che concretizza un approccio integrato al monitoraggio inteso come strumento progettuale indispensabile per la verifica in corso d'opera delle grandezze chiave che regolano i fenomeni geotecnici.

Sulla piattaforma verrà caricato tutto il progetto in versione autoCAD 3D, comprese le variazioni attese delle principali grandezze geotecniche. Durante il corso d'opera tutte le grandezze confluiscono automaticamente (acquisizione con datalogger collegato in remoto) nella piattaforma da cui è possibile visionare e trattare il dato in tempo reale.

Le funzionalità del software permettono quindi di gestire e razionalizzare l'intero processo, dalla piattaforma da utilizzare durante il corso d'opera sino al controllo dei dati in fase di esercizio.

Il software proposto rappresenta uno strumento innovativo nell'ambito del "Risk management" che permette di gestire il progetto nell'ambito dei definiti margini di sicurezza, che risultano continuamente verificabili da tutti i soggetti coinvolti. Lo strumento proposto è:

- una piattaforma comune che racchiude tutti i dati del progetto (inclusi i sondaggi geognostici);
- una piattaforma dove confluiscono tutti i dati di monitoraggio di corso d'opera;
- un mezzo di riferimento incrociato per la validazione dei dati di monitoraggio;
- un modo facile per il trattamento del dato e la redazione immediata della reportistica;
- una piattaforma di gestione e di elaborazione che consente agli utenti di trattare i dati nel modo più comodo e conveniente;
- uno strumento immediato per l'individuazione di fuori soglia rispetto alle previsioni progettuali, che permette di gestire ed avviare le procedure correttive previste mediante discussione tra le parti.

Il software permette, oltre all'accesso ai dati in tempo reale per tutti i soggetti coinvolti, anche un'immediata interpretazione e l'attivazione delle azioni correttive all'eventuale superamento delle soglie fissate in progetto (che può essere comunicato in automatico dal sistema mediante invio di SMS). La gestione di attivazione delle azioni correttive può essere semplificata mediante l'utilizzo di un blog di discussione condiviso tra tutti i soggetti coinvolti.

Di seguito si riporta una sintesi delle principali aree in cui si articola il programma:

- Ubicazione del sito e della strumentazione.
- Sezioni trasversali e grafici di spostamento rispetto al tempo e rispetto agli avanzamenti per tutti gli strumenti.
- Contour line per la definizione della distribuzione planimetrica delle diverse grandezze (ad esempio isolinee di cedimento).
- Rappresentazione grafica delle diverse grandezze con restituzione personalizzabile.

	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>41 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	41 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	41 di 45								

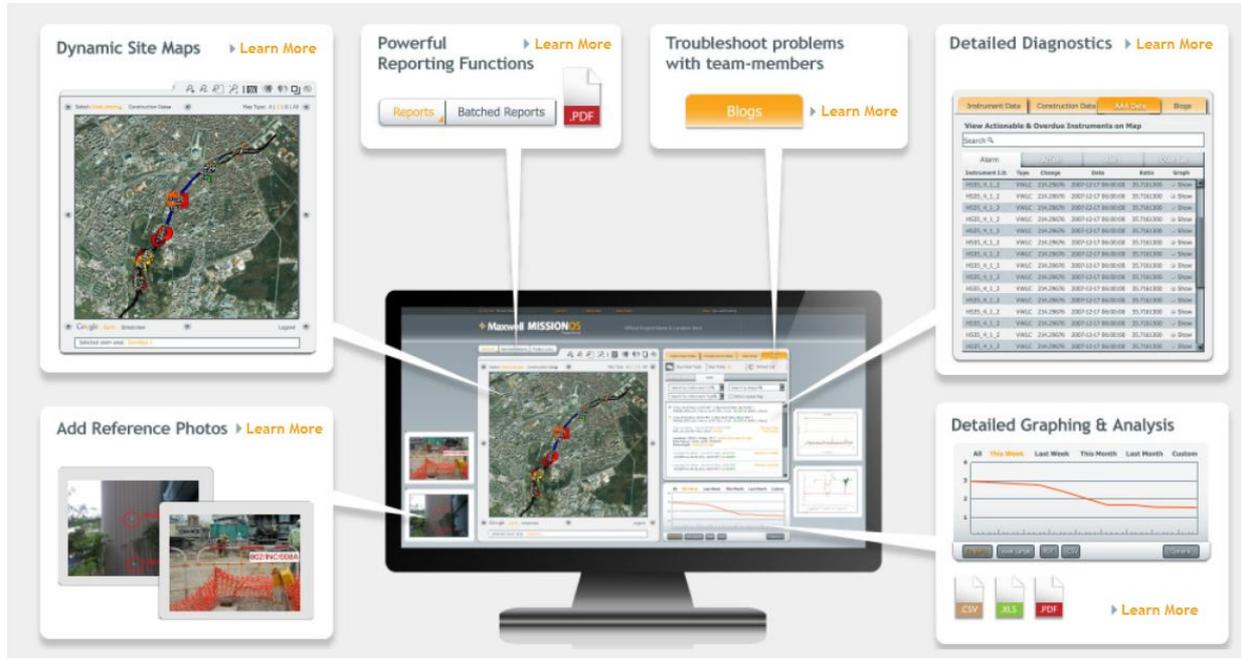


Figura 11: struttura semplificata del programma

5.1 UBICAZIONE DEL SITO E DELLA STRUMENTAZIONE

La piattaforma permette di caricare ortofoto e carte tecniche su cui inserire la strumentazione installata ed il tracciato di progetto. Tutta la strumentazione può essere attivata al fine di osservarne direttamente i dati registrati in funzione del tempo e degli avanzamenti. Per ogni strumento la piattaforma integra anche le schede di installazione e di taratura.



Figura 12: rappresentazione della strumentazione in sito

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>42 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	42 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	42 di 45								

5.2 SEZIONI TRASVERSALI E GRAFICI DI SPOSTAMENTO

Quest'area del programma permette di selezionare la diversa strumentazione in una certa zona del tracciato, creando vere e proprie sezioni di monitoraggio anche in 3D ed esportandone i grafici in funzione del tempo. In relazione agli avanzamenti è poi possibile creare grafici dedicati funzionali alla comprensione delle correlazioni tra scavo ed effetti tenso-deformativi.

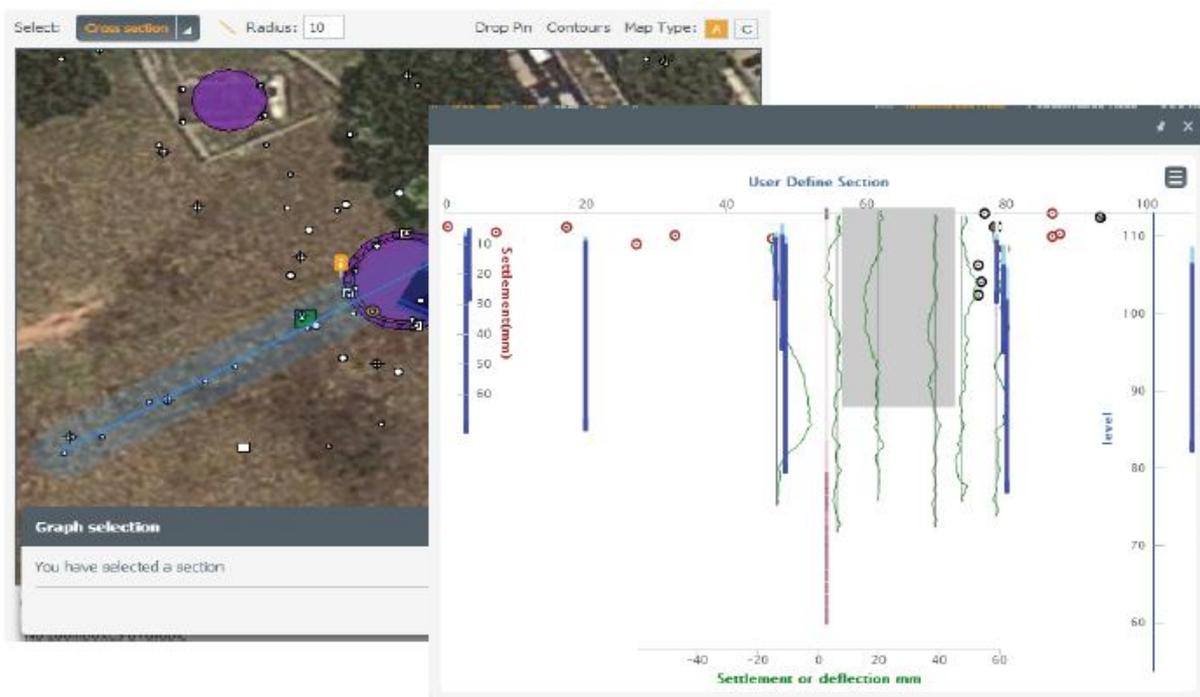


Figura 13: alcune schermate di visualizzazione dati dei singoli strumenti e di elaborazione dati mediante piattaforma

Le sezioni ottenute contengono tutti i dati registrati, che possono essere confrontati immediatamente con i valori attesi in progetto al fine di procedere con ulteriori approfondimenti e/o con l'attivazione delle azioni correttive definite in fase di progetto esecutivo.

Lo strumento può essere utile anche per l'integrazione dei dati di sondaggio al fine di creare modelli stratigrafici locali in fase di progettazione

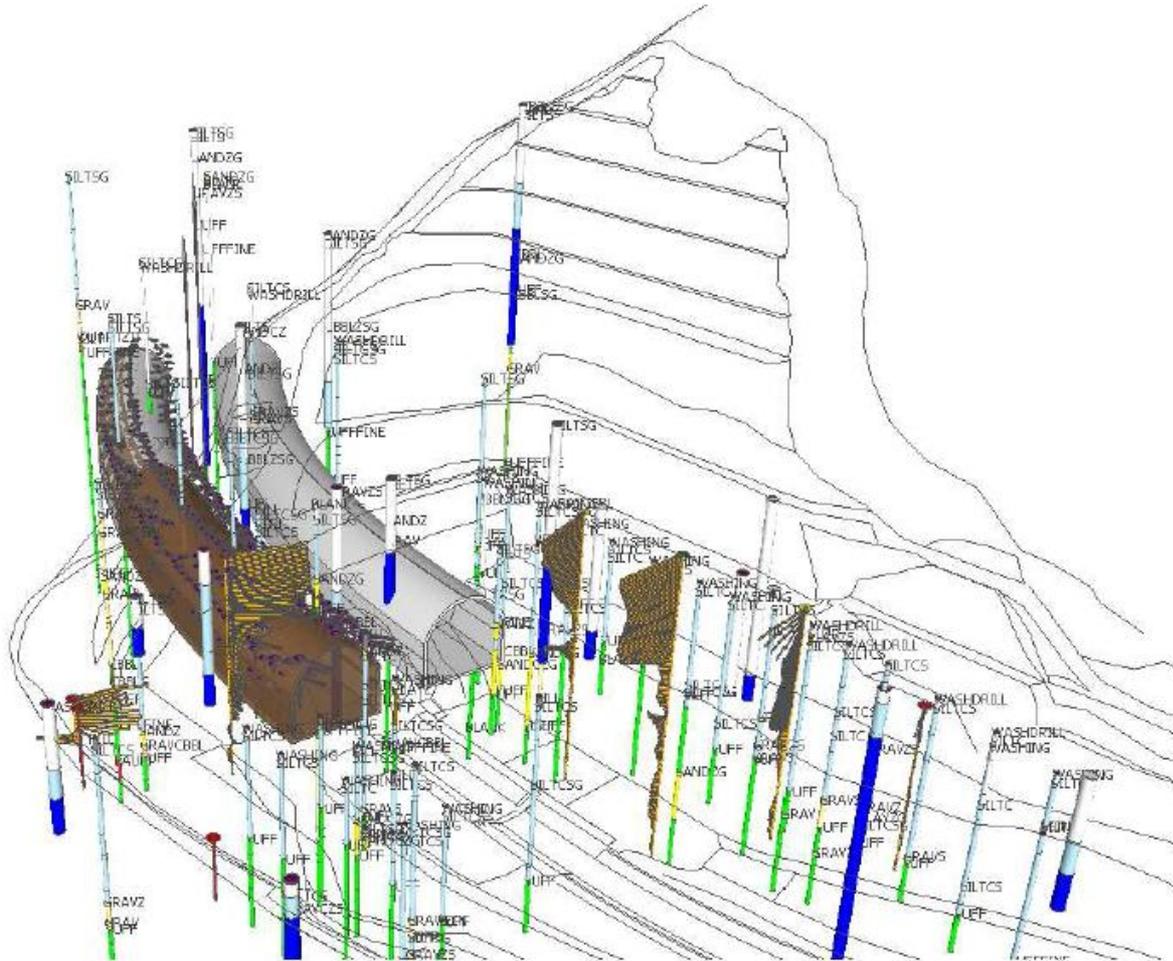


Figura 14: esempio di vista in 3D con possibilità di caricamento dei dati di progetto (in questo caso geologici) e della strumentazione

5.3 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E REDAZIONE DELLA REPORTISTICA

Nella piattaforma è integrata la gestione grafica dei singoli dati in arrivo dai diversi strumenti installati che permette di selezionare la variazione delle grandezze interessate in funzione del tempo (giornata in corso o giornata precedente, settimana in corso o precedente e mese in corso o precedente).

E' inoltre possibile selezionare singole date per osservare i parametri che interessano in specifiche occasioni.

Ogni dato è esportabile in formato “.csv” per la gestione numerica ed in formato “.pdf”.

I dati pervenuti sono trattabili in maniera pressoché immediata; mediante la creazione di sezioni e lo sviluppo di opportune contours line è possibile sviluppare velocemente l'interpretazione dei fenomeni in essere e produrre report interpretativi direttamente dentro la piattaforma che possono essere condivisi e discussi tra le diverse parti.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>44 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	44 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	44 di 45								

I report possono essere trasmessi direttamente per condivisione e successivamente allegati a specifiche note tecniche interpretative formali.

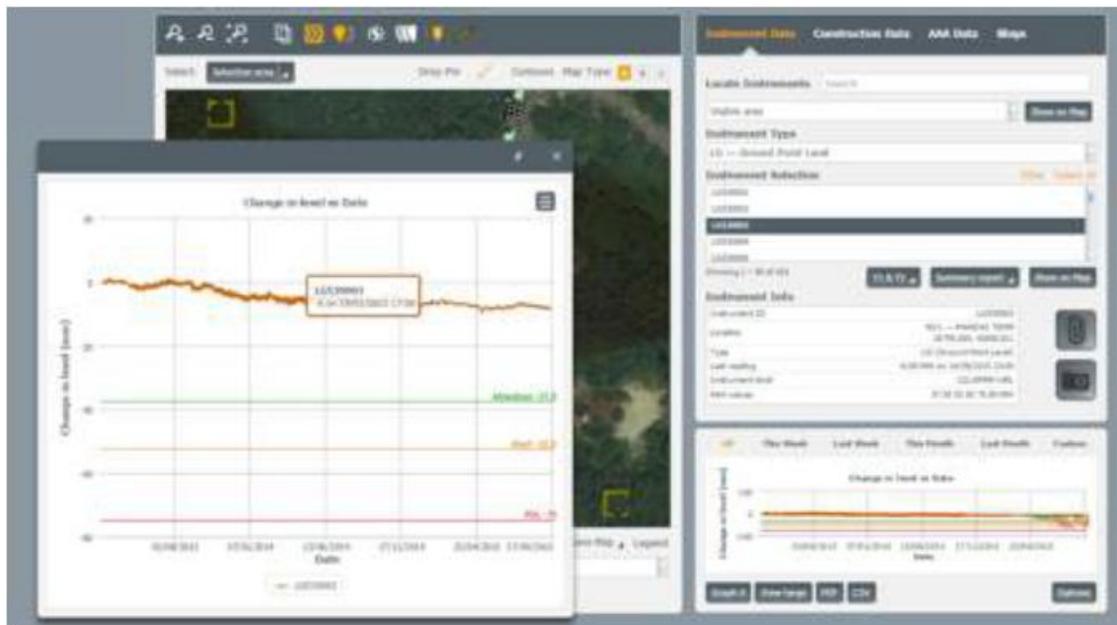


Figura 15: esempio di restituzione grafica del dato



Figura 16: creazione di un report interpretativo

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE DI MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RH</td> <td>GN1000 001</td> <td>D</td> <td>45 di 45</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	45 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 001	D	45 di 45								

Ogni grafico contenuto nel report interpretativo depositato sulla piattaforma è interattivo e permette la visualizzazione multivariabile in funzione delle diverse scale prescelte al fine di confrontare più velocemente possibile tutte le variabili.

5.4 ELABORAZIONE E SISTEMI DI AVVISO

Tutti i dati vengono direttamente archiviati su una piattaforma cloud da un server locale per la raccolta dei dati e sono a disposizione degli utenti.

Il trattamento del dato è gestito da appositi filtri che permettono di riconoscere le diverse grandezze e la loro evoluzione rispetto alle attese di progetto.

La gestione dei dati viene definita tra i diversi soggetti coinvolti e successivamente funziona attraverso uno specifico criterio A-A-A (allerta-allarme-azione) che permette l'invio per SMS dei diversi livelli di allarme o di eventuali allarmi predittivi derivanti dall'implementazione nel tempo dei tassi di evoluzione delle diverse grandezze.

La piattaforma così impostata sarà ceduta alla Stazione Appaltante completa di tutti i dati contenuti nel data base e con il collegamento di tutti gli strumenti installati per il monitoraggio del rivestimento definitivo.

La Stazione Appaltante ed il Gestore dell'opera disporranno pertanto dell'intera storia costruttiva dell'opera e potranno proseguire in maniera del tutto autonoma al monitoraggio delle strutture realizzate nel periodo di vita utile dell'opera, semplicemente attraverso una connessione Web di tipo standard.