

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 OPERE IN SOTTERRANEO

### Relazione di monitoraggio cunicolo di sfollamento

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 4 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

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>2 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	2 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	2 di 29								

## Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MONITORAGGIO IN GALLERIA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>RILIEVI DEL FRONTE E PROSPEZIONI IN AVANZAMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1</b>	<b>RILIEVO GEOMECCANICO DEL FRONTE CON TECNICHE TRADIZIONALI .....</b>	<b>5</b>
2.1.1.1	FRONTI DI SCAVO A COMPORTAMENTO LITOIDE .....	5
2.1.1.2	FRONTI DI SCAVO A COMPORTAMENTO NON LITOIDE .....	10
<b>2.1.2</b>	<b>RILIEVO GEOMECCANICO MEDIANTE METODOLOGIA FOTOGRAMMETRICA TRIDIMENSIONALE .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.3</b>	<b>PROSPEZIONE DELLE CONDIZIONI GEOMECCANICHE IN AVANZAMENTO .....</b>	<b>15</b>
2.1.3.1	SISTEMI MWD E DAC-TEST PER LA MISURA DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE .....	15
2.1.3.2	TSP SISMICO IN AVANZAMENTO .....	17
2.1.3.3	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO IN AVANZAMENTO .....	17
<b>2.2</b>	<b>SEZIONI DI MONITORAGGIO IN GALLERIA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1</b>	<b>MISURE DI CONVERGENZA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2</b>	<b>MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE DI SCAVO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3</b>	<b>VALORI ATTESI E LIMITI DI ATTENZIONE ED ALLARME .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>VALORI ATTESI .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1</b>	<b>SPOSTAMENTI RADIALI IN GALLERIA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2</b>	<b>ESTRUSIONE DEL FRONTE .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>VALORI DI SOGLIA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1</b>	<b>CRITERI PER LA DEFINIZIONE .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.2</b>	<b>SOGLIA DI ATTENZIONE ED ALLARME PER LE GRANDEZZE MONITORATE .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3</b>	<b>AZIONI DA INTRAPRENDERE NEL CASO DI SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA .....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>GESTIONE ED ORGANIZZAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>UBICAZIONE DEL SITO E DELLA STRUMENTAZIONE .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>SEZIONI TRASVERSALI E GRAFICI DI SPOSTAMENTO .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E REDAZIONE DELLA REPORTISTICA .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>ELABORAZIONE E SISTEMI DI AVVISO .....</b>	<b>29</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>3 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	3 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	3 di 29								

# 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 del cunicolo di sfollamento; 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 delle deformazioni dell'ammasso al contorno del cavo mediante mire ottiche e, per la tratta finale in corrispondenza della galleria di linea, con l'ausilio di estensimetri multibase;

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

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>4 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	4 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	4 di 29								

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.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>5 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	5 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	5 di 29								

## 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.

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 e l'interpretazione dell'andamento deformativo a tergo, permette di confermare o meno l'idoneità complessiva della sezione.

### 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. 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 prevalente lungo la tratta, 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 scistososi 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.).

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

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>6 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	6 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	6 di 29								

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

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>7 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	7 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	7 di 29								

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 CUNICOLO DI SFOLLAMENTO**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IF1N 01 E ZZ RH GN1000 004 D 8 di 29

**VERIFICA  
IN CORSO D'OPERA**

**RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE DI SCAVO**

**RILIEVO GEOSTRUTTURALE**

CARATTERISTICHE ROCCIA	COND.	STATO	ASSETTO	TIPO	DESC. DISCONTINUITA'	CARATT.	REIMP.	ACQUA	DEFINIZIONE	OSSERVAZIONI
COMPATTA										
POCO FRATTURATA										
FRATTURATA										
SANA										
POCO ALTERATA										
ALTERATA										
NESSUNO										
STRATIFICAZIONE										
CLIVAGGIO										
INCLINAZIONE (°)										
DIREZIONE (°)										
SPESORE (cm)										
SPAZIATURA (cm)										
PAGLIA										
FRATTURA										
PREDIRITTO SX										
PREDIRITTO DX										
INTRAMBI										
CALOTTA										
INCLINAZIONE (°)										
DIREZIONE (°)										
APERTA										
CHIUSA										
SPESORE (cm)										
SPAZIATURA (cm)										
CREMENTATO										
PLASTICO										
SICILITO										
IBC										
ICS (da)										
ASSENTI										
STELLECCIO										
Q < 1 l/s										
Q > 1 l/s										
ASSENTI										
PREDIRITTO SX										
PREDIRITTO DX										
CALOTTA										
VOL < 0,6 m <sup>3</sup>										
0,6 < VOL < 1,8 m <sup>3</sup>										
VOL > 1,8 m <sup>3</sup>										
ASSENTI										
RETE RI-RITROCALDATA										
CENTINE (tipo/peso)										
SPRITZ-BETON CON RETE (cm)										
SPRITZ-BETON PER (cm)										
SPRITZ AL FRONTE (cm)										
CHIODI SX N°/L(m)										
CHIODI DX N°/L(m)										
CHIODI CALOTTA N°/L(m)										
VTR FRONTE N°/L(m)										
VTR CONTORNO N°/L(m)										
JET GROUTING CONTORNO N°/L(m)										
JET GROUTING FRONTE N°/L(m)										
JET GROUTING FINE CENTINE N°/L(m)										
INFISSAGGI N°/L(m)										
DRENAGGI N°/L(m)										

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

**RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE DI SCAVO**

**LEGENDA GEOLOGICA:**

	_____
	_____
	_____
	_____

**OSSERVAZIONI:**  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**DESCRIZIONE LAVORAZIONI E MODALITA' DI AVANZAMENTO:**  
 Avanzamento a piena sezione mediante escavatore, mattellone o freza paninale con sfondi di lunghezza massima di 1,5 m e ragomatura concava del fronte.

Distanza arco sovrascio-fronte (m)
Distanza murette-fronte (m)
Distanza calotta-fronte (m)

Rilievo eseguito da: \_\_\_\_\_



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>10 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	10 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	10 di 29								

### 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.

RILIEVO GEOLOGICO/TECNICO DEL FRONTE DI SCAVO

SCHEDA N°:

GN GALLERIA NATURALE - ASSE ....  
AVANZAMENTO: PROGRESSIVA:

DATA:

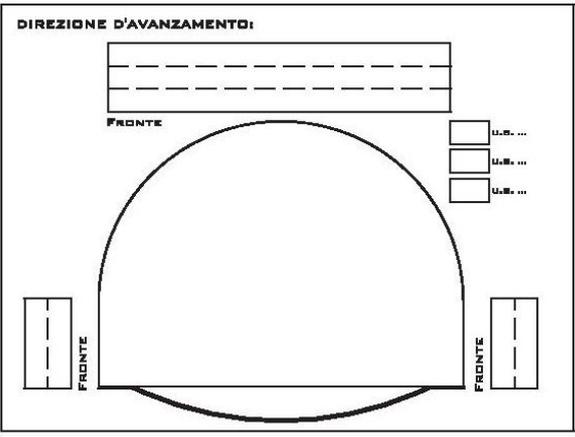


foto fronte di scavo

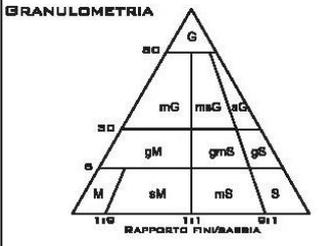
DESCRIZIONE GEOLOGICA

FORMAZIONE: .... CONFORMITA' CON PREVISIONI PROGETTUALI:  SI  NO

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRUTTURALI:

....

CARATTERISTICHE DEI DEPOSITI



- G: GHIAIA
- MG: GHIAIA LIMOSO-ARGILLOSA
- MBG: GHIAIA SABBIOSO-LIMOSO-ARGILLOSA
- SG: GHIAIA SABBIOSA
- M: LIMO-ARGILLA
- GM: LIMO-ARGILLA GHIAIOSA
- GMG: LIMO-ARGILLA SABBIOSA
- S: SABBIA
- MS: SABBIA LIMOSO-ARGILLOSA
- GS: SABBIA GHIAIOSA
- MSG: 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	DIM. DEI CIOTTOLI/TROVANTI	
ANGOLARI	<input type="checkbox"/>	< 100MM <input type="checkbox"/>
SUB-ANGOLARI	<input type="checkbox"/>	10-500MM <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		DIST. FRONTE-MURETTE [M]:	
ABBATTIMENTO	<input type="checkbox"/> ESCAVATORE <input type="checkbox"/> MARTELLONE L. SFONDO [M]:	DIST. FRONTE-A.R. [M]:	
SEZIONE TIPO PREVISTA IN P.E.I.	<input type="checkbox"/> C...	DIST. FRONTE-RIVEST. [M]:	
SEZIONE TIPO APPLICATA:	<input type="checkbox"/> DENTINE <input type="checkbox"/> PUNTORE	TIPO: PASSO [M]:	
FENOMENI DI INSTABILITA'	<input type="checkbox"/> GLE PROIETTATO <input type="checkbox"/> FIBRE <input type="checkbox"/> RETE:	SPESSORE [CM]:	
<input type="checkbox"/> FRANGIMENTI DEL FRONTE	<input type="checkbox"/> BULLONI <input type="checkbox"/> CALOTTA TIPO:	LUNGH. [M]: MAGLIA [MxM]:	
<input type="checkbox"/> RILASO SUL PROFILO	<input type="checkbox"/> PIEDRITTI TIPO:	LUNGH. [M]: MAGLIA [MxM]:	
<input type="checkbox"/> CEDIMENTI	<input type="checkbox"/> INFILABBI N° TUBI: DIM. TUBI:	LUNGH. [M]: INTERASSE [M]:	
<input type="checkbox"/> LESIONI SUI SOSTEGNI	<input type="checkbox"/> CONSOLIDAMENTI <input type="checkbox"/> IN AVANZ. TIPO:	LUNGH. [M]: NUMERO:	
NOTE:			

ALLEGATI:

COMPILATA DA:

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

A&P INGEGNERIA GEOTECNICA SRL - TORINO

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>12 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	12 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	12 di 29								

## 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 geostrukturali predominanti.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>13 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	13 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	13 di 29								

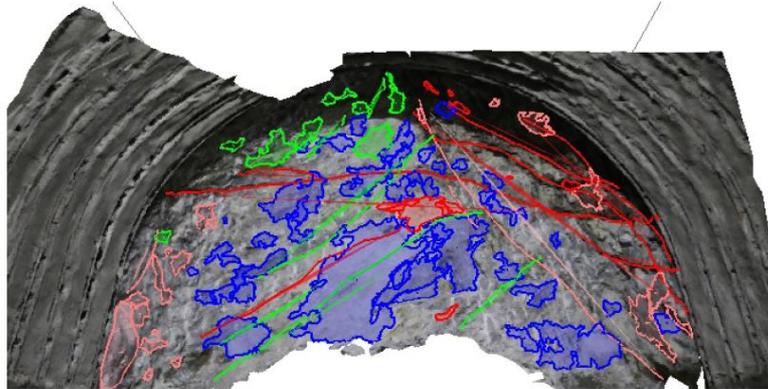


Figura 3: Esempio di un rilievo geomeccanico del fronte di scavo mediante Shapematrix 3D

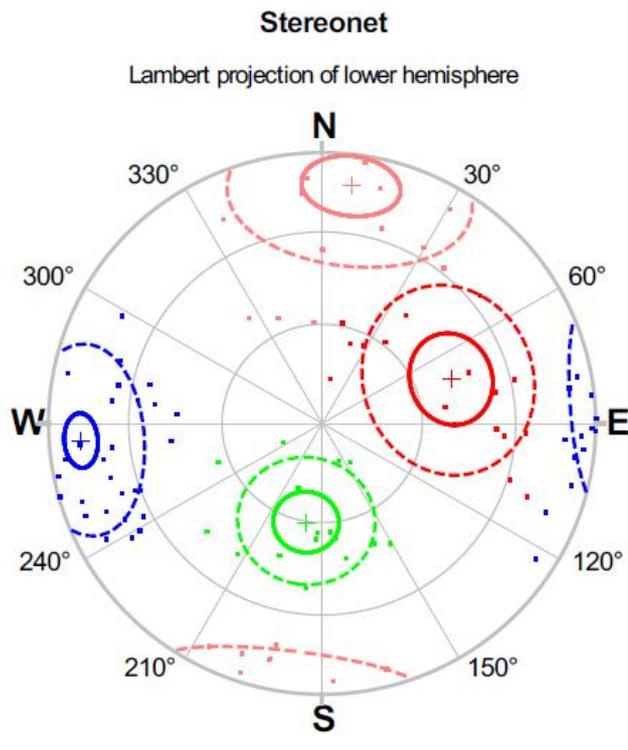


Figura 4: Esempio dell'analisi delle famiglie di discontinuità

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.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>14 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	14 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	14 di 29								

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.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>15 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	15 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	15 di 29								

### 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 e cavità carsiche nella formazione RDO. 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 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. Per lo specifico contesto, si prevede che saranno utilizzati in corrispondenza del contatto tra RDO e ALV previsto in Progetto.

Le macchine operatrici deputate alla perforazione (Jumbo per sezioni di tipo A e posizionatori per sezioni di tipo B) 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;

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>16 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	16 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	16 di 29								

- fratture caratterizzate dalla presenza di aperture decimetriche;
- 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, 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.

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.

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

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>17 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	17 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	17 di 29								

### 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 per un totale di circa 11 prove.

### 2.1.3.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO IN AVANZAMENTO

Qualora le metodologie precedentemente esposte 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).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>18 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	18 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	18 di 29								

## 2.2 SEZIONI DI MONITORAGGIO IN GALLERIA

### 2.2.1 MISURE DI CONVERGENZA

Le sezioni di monitoraggio sono attrezzate con 3 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 correnti	Frequenze delle letture
Misura della convergenza	1/20m per sezioni tipo A; 1/campo per sezioni tipo B	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

Per le sezioni allargate si prevede di installare una sezione di monitoraggio per ciascuna tratta ove, lungo il tracciato è previsto un allargo.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI  
SFOLLAMENTO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IF1N

01 E ZZ

RH

GN1000 004

D

19 di 29

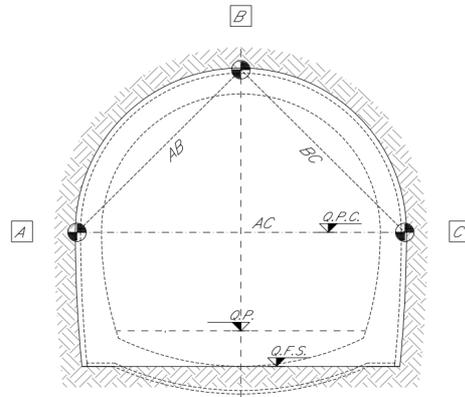


Figura 5: distribuzione delle mire ottiche sulla sezione di scavo corrente

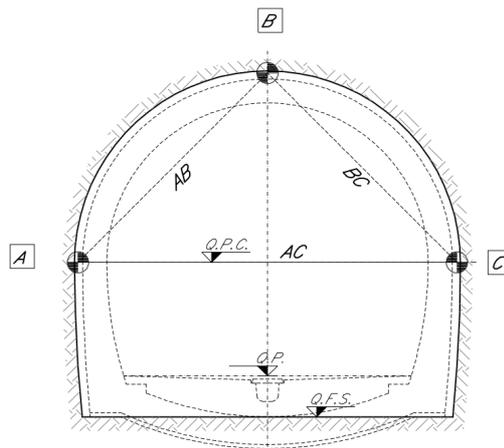


Figura 6: distribuzione delle mire ottiche sulla sezione di scavo allargate

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>20 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	20 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	20 di 29								

## 2.2.2 MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE DI SCAVO

Le misure di estrusione del fronte sono previste nelle tratte caratterizzate dalla presenza o possibile presenza delle argille varicolori.

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. C oltre alla lettura di zero;

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>21 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	21 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	21 di 29								

### 2.2.3 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 al concio d'attacco.

## 2.3 VALORI ATTESI

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

### 2.3.1 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 3: valori attesi degli spostamenti radiali in galleria**

Sezione tipo	copertura [m]	u.g. prevalente con cui è stata analizzata	spostamento radiale massimo, $\delta_r$ [cm]
A1	200	RDO_GSI=45	0.4
A1_all	200	RDO_GSI=45	0.4
A2	306	RDO_GSI=45	0.5
A2_all	306	RDO_GSI=45	0.8
B1	190	RDO_GSI=25	1.4
C2/C2bis	90	ALV	9.0
CM2	90	ALV	10.0

### 2.3.2 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.

**Tabella 4: valori attesi dell'estrusione del fronte**

Sezione tipo	estrusione massima al fronte, $\delta_f$ [cm]
C2/C2bis	3.0
CM2	7.0

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>22 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	22 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	22 di 29								

## 2.4 VALORI DI SOGLIA

### 2.4.1 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.

### 2.4.2 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 nella tabella seguente.

**Tabella 5: valori di soglia per gli spostamenti radiali in galleria**

Sezione tipo	soglia di attenzione [cm]	soglia di allarme [cm]
A1	1.0	2.0
A1_all	1.0	2.0
A2	1.0	2.0
A2_all	1.0	2.0
B1	2.0	3.0
C2/C2bis	9.0	11.0
CM2	10.0	12.0

**Tabella 6: valori di soglia per l'estrusione al fronte**

Sezione tipo	soglia di attenzione [cm]	soglia di allarme [cm]
C2/C2bis	3.0	4.0
CM2	7.0	8.5

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>23 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	23 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	23 di 29								

### 2.4.3 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.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>24 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	24 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	24 di 29								

### 3 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><b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b>  <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b>  <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b>  <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI</b>  <b>SFOLLAMENTO</b></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 004</td> <td>D</td> <td>25 di 29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	25 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	25 di 29								

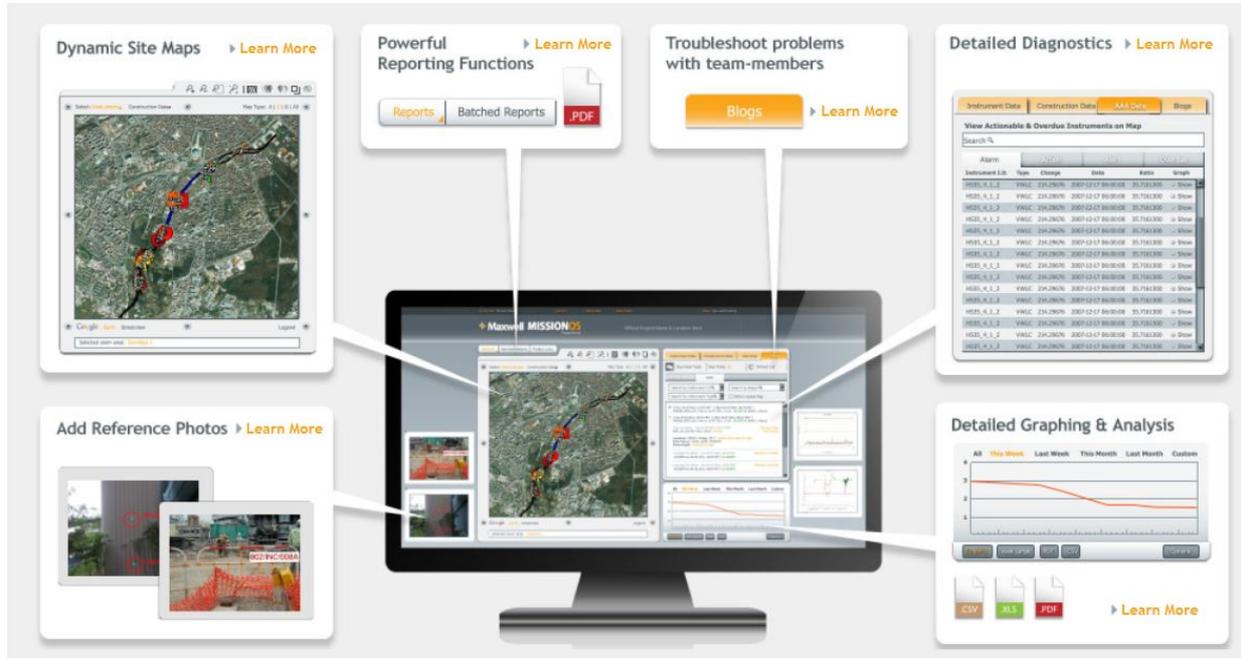


Figura 7: struttura semplificata del programma

### 3.1 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.

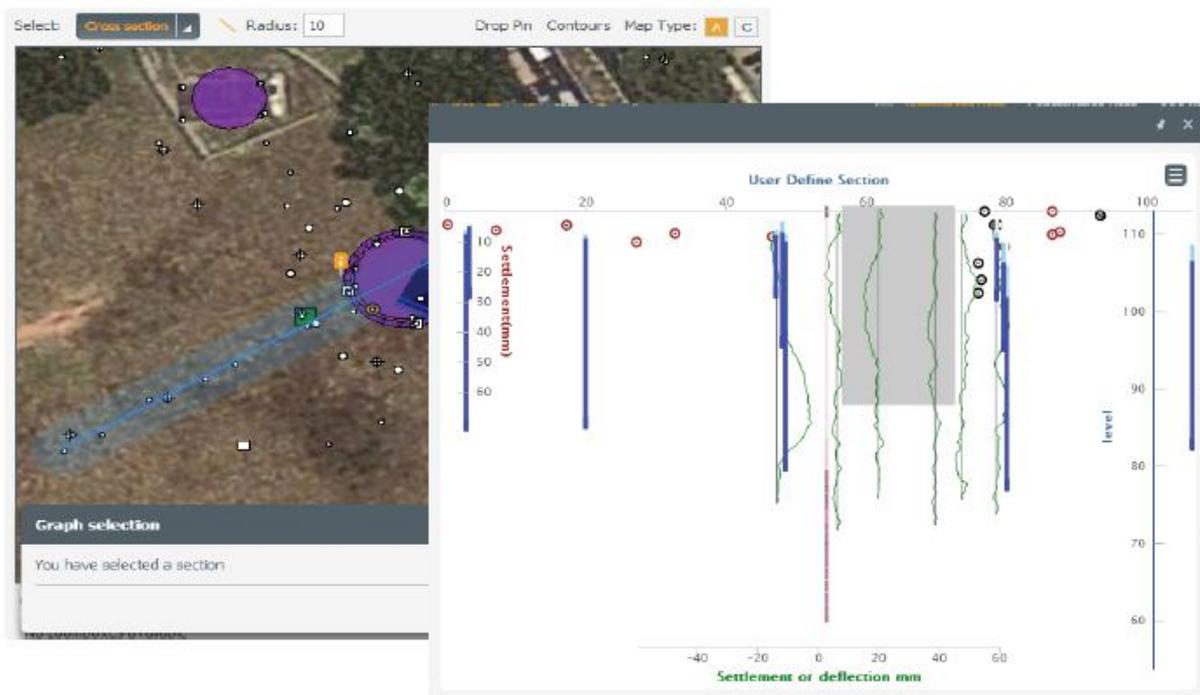


Figura 8: rappresentazione della strumentazione in sito

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>26 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	26 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	26 di 29								

### 3.2 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.



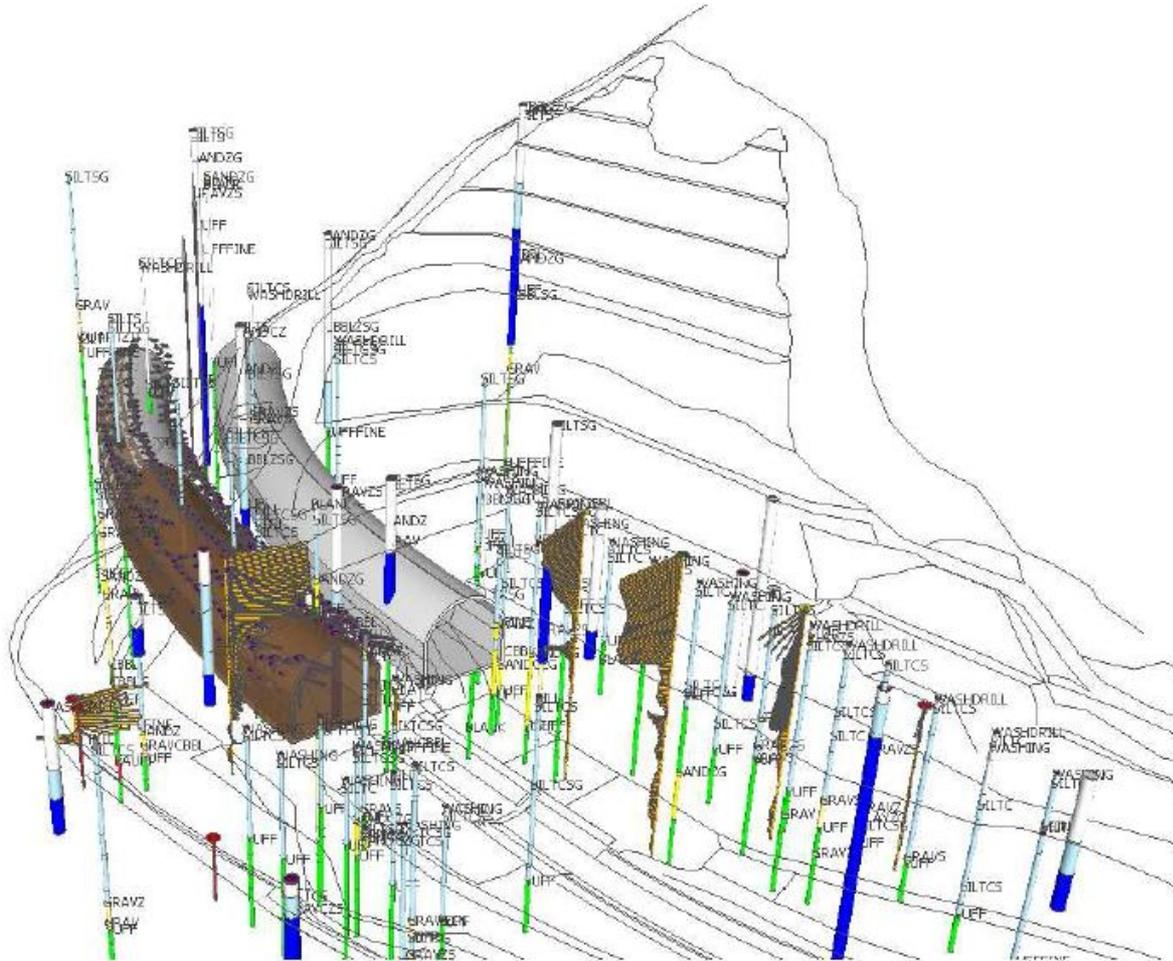
**Figura 9: alcune schermate di visualizzazione dati dei singoli strumenti e di elaborazione dati mediante piattaforma**

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

**RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI  
SFOLLAMENTO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	27 di 29



**Figura 10: esempio di vista in 3D con possibilità di caricamento dei dati di progetto (in questo caso geologici) e della strumentazione**

### 3.3 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.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI  
SFOLLAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	28 di 29

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

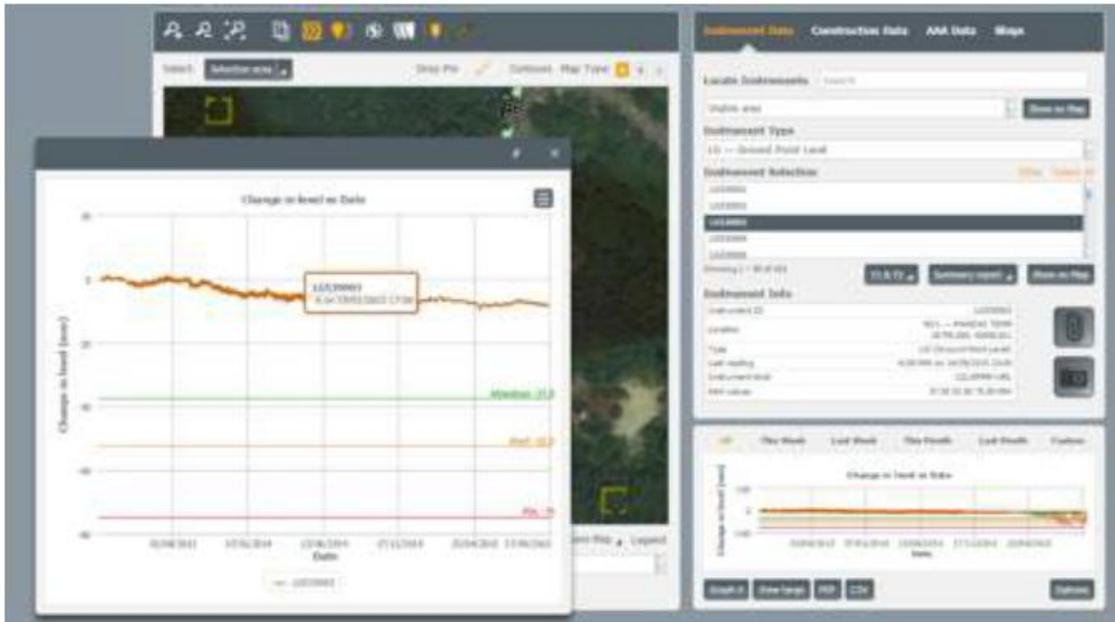


Figura 11: esempio di restituzione grafica del dato



Figura 12: creazione di un report interpretativo

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>RELAZIONE DI MONITORAGGIO CUNICOLO DI SFOLLAMENTO</b>	<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 004</td> <td>D</td> <td>29 di 29</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	29 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RH	GN1000 004	D	29 di 29								

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.

### 3.4 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.