

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

GN03 - GALLERIA NATURALE ROCCHETTA DA KM 10+074 A KM 16+623

MONITORAGGIO GALLERIA

Relazione di monitoraggio

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. G. Cassani

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	RH	GN0300	006	B	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	M. Mason	21/02/2020	B. Spigarelli	21/02/2020	M. Gatti	21/02/2020	Ing. G. Cassani
B	Revisione per istruttoria	M. Mason	10/06/2020	B. Spigarelli	10/06/2020	M. Gatti	10/06/2020	
								10/06/2020

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 2 di 15

Indice

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	4
3	SISTEMA DI MONITORAGGIO	5
4	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO.....	7
4.1	MIRE OTTICHE (CHIODI DI CONVERGENZA)	7
4.1.1	RESTITUZIONE DEI DATI	7
4.2	BARRETTE ESTENSIMETRICHE	7
4.2.1	RESTITUZIONE DEI DATI	8
4.3	CELLE DI CARICO	8
4.3.1	RESTITUZIONE DEI DATI	8
5	FREQUENZA DI LETTURA.....	9
5.1	MONITORAGGIO CONVERGENZE	9
5.2	MONITORAGGIO BARRETTE ESTENSIMETRICHE E CELLE DI CARICO.....	9
6	DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA.....	9
7	MISURE DI INTERVENTO.....	9
8	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO IN CORRISPONDENZA DELLE INTERFERENZE .	10
8.1	SPECIFICHE DEGLI STRUMENTI DI MISURA	12
8.1.1	LIVELLAZIONE DI PRECISIONE MEDIANTE CAPISALDI “CS”	12
8.1.2	INCLINOMETRO “IN”.....	12
8.1.3	PIEZOMETRO CASAGRANDE “PZ”	13
8.2	ESTENSIMETRO MULTIBASE	14
8.3	FREQUENZE LETTURE STRUMENTAZIONI.....	15

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0300 006</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 15</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RH	GN0300 006	B	3 di 15
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RH	GN0300 006	B	3 di 15													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio																		

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la definizione del piano di monitoraggio per la galleria naturale Rocchetta, scavata con sistema meccanizzato

La galleria Rocchetta fa parte delle opere incluse nel raddoppio ferroviario della tratta compresa tra Apice ed Orsara, sulla linea Caserta – Foggia, itinerario Napoli – Bari.

La galleria Rocchetta risulta ubicata fra le progressive km 10+075.00 (inizio imbocco lato Bari) e km 16+622.50 (imbocco lato Napoli) per una lunghezza totale di 6547.50, con una lunghezza coperta pari a 6518.10. Il tratto in naturale è compreso fra le progressive km 10+110.00 e km 16+565.00 ed è caratterizzato da una lunghezza di 6455.00 m.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi dell'interazione tra l'opera in costruzione e i volumi di terreno al contorno. Il tutto finalizzato alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive,...) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

L'organizzazione dello stesso prevede l'utilizzo di strumentazione disposta a formare sezioni di monitoraggio distribuite lungo tutto il tracciato della galleria. Tale distribuzione è definita in funzione delle condizioni al contorno presenti lungo il tracciato, quali le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, la posizione rispetto al tracciato stesso, la presenza di interferenze antropiche ecc., mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

La presente relazione riguarda il monitoraggio interno alla galleria, ovvero il rilievo delle convergenze e il controllo dello stato tensionale del rivestimento in conci.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 4 di 15

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

IF28.0.1.E.ZZ.RH.GN.03.0.0.006	Relazione di Monitoraggio
IF28.0.1.E.ZZ.P7.GN.03.0.0.001	Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 1/2
IF28.0.1.E.ZZ.P7.GN.03.0.0.002	Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 2/2
IF28.0.1.E.ZZ.WB.GN.03.0.0.001	Sezioni tipo di monitoraggio
IF28.0.1.E.ZZ.RH.GN.03.0.0.003	Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 5 di 15

3 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Oltre alla registrazione dei parametri operativi di funzionamento della TBM ed alle indagini che possono essere condotte in avanzamento dall'interno della TBM durante le fasi di scavo, descritte in dettaglio nella relazione "Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento", si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio strumentale in grado di valutare il comportamento degli anelli di rivestimento in conci prefabbricati.

La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- deformazioni del rivestimento in opera, in conci prefabbricati, valutando eventuali fenomeni di convergenza o di ovalizzazione degli anelli posati;
- Lo stato tensionale dei rivestimenti in opera.

A tal fine è stata prevista la messa in opera di:

- Stazioni di convergenza in galleria, costituite da 5 mire ottiche.
- Stazioni di misura dello stato tensionale, mediante posa di 8 coppie di barrette estensimetriche saldate alle armature e 2 celle di carico posizionate in corrispondenza del giunto longitudinale dei conci.

Nelle figure seguenti si riportano gli schemi indicativi di installazione delle due sezioni tipologiche, relative alla stazione di convergenza ed alla stazione di misura dello stato tensionale.

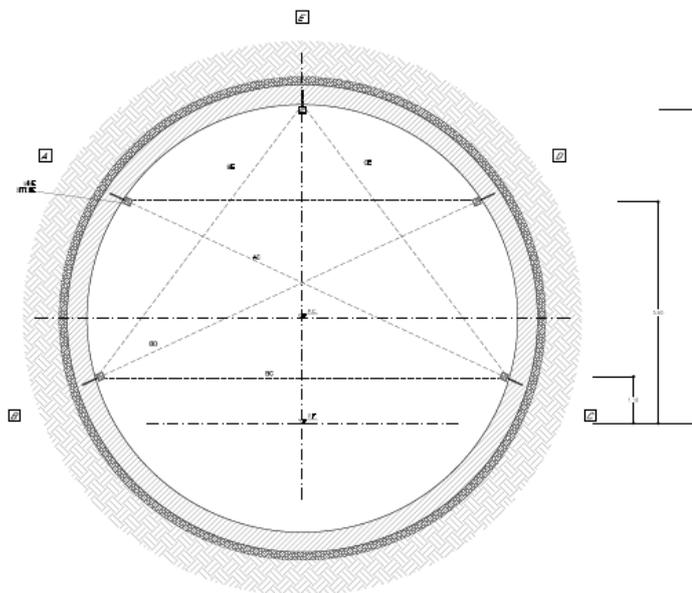


Figura 3-1 – Esempio di stazione di misura della convergenza

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 6 di 15

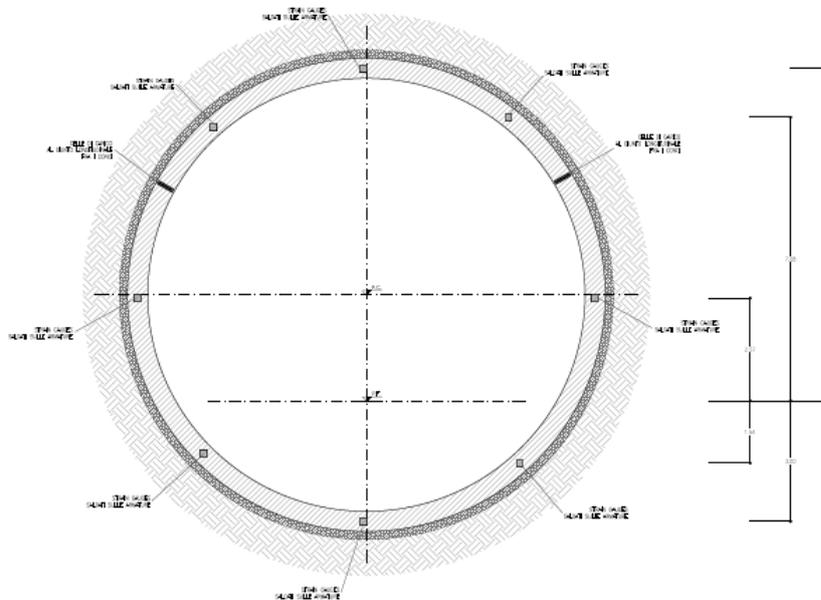


Figura 3-2 – Esempi di stazione di misura dello stato tensionale

La posizione della strumentazione sarà valutata in dettaglio in corso d'opera, in particolare per quanto riguarda l'ubicazione delle mire ottiche. Andrà infatti tenuto conto delle attrezzature di back-up presenti in galleria, sia per l'installazione sia per la possibilità di lettura. In ogni caso si ritiene che la strumentazione possa essere utile anche se installata non strettamente in prossimità del fronte di avanzamento, al fine di valutare eventuali ovalizzazioni del sistema di riferimento, in particolare nelle tratte di ammasso spingente.

La disposizione geometrica della strumentazione è indicata nell'elaborato "Planimetria di monitoraggio in corso d'opera".

Si prevede l'installazione di stazioni di misura della convergenza ogni come segue:

- ogni 150m da pk 10+124.40 a pk 10+854.40
- ogni 250m da pk 10+854.4 a pk 14+725.00
- ogni 150m da pk 14+725 a pk 16+573.60

Per la misura dello stato tensionale, sono invece previste 7 stazioni di misura, alle progr. 10+275, 11+150, 12+275, 13+100, 15+300, 15+975 e 16+450, definite scegliendo le condizioni geomeccaniche e di ricorimento più significative (in linea con le sezioni di calcolo dimensionanti le strutture di rivestimento).

La posizione finale della strumentazione verrà comunque definita più in dettaglio in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 7 di 15

4 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Si descrivono di seguito le caratteristiche salienti della strumentazione sopra descritta.

Ulteriori dettagli sono riportati sui capitolati di appalto.

4.1 MIRE OTTICHE (CHIODI DI CONVERGENZA)

Le stazioni di misura degli spostamenti dovranno essere strumentate attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento topografici, al fine di confrontare deformazioni di sito e spostamenti attesi.

Dovranno essere installate stazioni di misura a basi ottiche (con strumentazioni in calotta e sui piedritti, sporgenti per circa 10 cm), con la frequenza riportata nel relativo elaborato grafico.

L'esecuzione e la restituzione delle misure di convergenza richiede l'impegno di un topografo esperto e di un coadiutore. Per la misura delle convergenze vengono impiegate mire ottiche e stazioni totali.

Gli strumenti saranno scelti in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

4.1.1 Restituzione dei dati

I dati così raccolti verranno trasferiti tramite interfaccia ad un computer su cui verrà installato un software in grado di effettuare l'analisi, il processamento e la restituzione dei dati; in particolare il programma dovrà permettere:

- il calcolo della posizione dei punti di mira in coordinate locali e assolute (x,y,z)
- il calcolo delle differenze tra le coordinate dei punti di mira nelle diverse letture
- la visualizzazione grafica dei risultati come più oltre specificato.

4.2 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

Viene misurata la deformazione, lungo la direzione di massima lunghezza, dello strumento, tramite le variazioni di frequenza indotte nel sensore a corda vibrante.

Nel seguito le principali caratteristiche tecniche:

- Range di misura: 3000 $\mu\epsilon$
- Sensibilità: 1,0 $\mu\epsilon$
- Precisione: <2,0% FSR
- Temperatura di utilizzo: -20° C - +80° C
- Sonda termometrica per il rilevamento della temperatura

Gli strumenti saranno scelti in modo da garantire una precisione coerente con le eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito, anche in relazione alla procedura di installazione, saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

A partire dalla deformazione misurata sarà poi possibile risalire in maniera indiretta allo stato tensionale agente.

In particolare, lo stato tensionale può essere ricavato con riferimento alla legge di Hooke $\sigma = E \cdot \epsilon$, dove:

- σ : stato tensionale in [MPa] nella fibra di calcestruzzo o acciaio.
- E : modulo elastico del calcestruzzo (se $\epsilon < 0$) o dell'acciaio (se $\epsilon > 0$) in [MPa]
- ϵ : deformazione della barretta estensimetrica

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 8 di 15

4.2.1 Restituzione dei dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di deformazione rispetto al tempo;
- Variazioni di deformazione rispetto alla temperatura.

4.3 CELLE DI CARICO

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 e 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.

Gli strumenti saranno scelti in modo da garantire una precisione coerente con le eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

4.3.1 Restituzione dei dati

Contemporaneamente alle letture dei carichi si dovranno eseguire le misure con cella termometrica.

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico rispetto al tempo;
- Variazioni di carico rispetto alla temperatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 9 di 15

5 FREQUENZA DI LETTURA

Di seguito vengono riportate le frequenze di lettura. Si specifica che la frequenza di lettura sarà soggetta ad adeguamenti dovuti alle attrezzature di back-up presenti in galleria. Inoltre le frequenze indicate potranno essere adeguate anche in funzione degli esiti del monitoraggio stesso.

5.1 MONITORAGGIO CONVERGENZE

La cadenza delle misure per quanto riguarda le **mire ottiche/chiodi di convergenza**, è quella di seguito elencata:

- N. 1 lettura al giorno nella settimana successiva alla lettura di “zero”;
- N.1 lettura ogni 3 gg fino a completa stabilizzazione delle misure.

5.2 MONITORAGGIO BARRETTE ESTENSIMETRICHE E CELLE DI CARICO

La cadenza delle misure per quanto riguarda le **barrette estensimetriche/celle di carico**, è quella di seguito elencata:

- N. 1 lettura al giorno per i primi 7 gg dall’installazione;
- N. 1 lettura ogni 3 giorni fino al raggiungimento del 30esimo giorno dall’installazione;
- N. 1 lettura a settimana fino a completa stabilizzazione delle misure.

6 DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA

Quale valore di soglia per la tensione nei conci prefabbricati si fissa il valore di 15 MPa, tenendo conto che si impiega calcestruzzo della classe C35/45; situazioni puntuali superiori saranno valutate in considerazione di una valutazione complessiva dei dati di monitoraggio e di eventuali indagini mirate.

I valori di convergenza attesi risultano trascurabili; si fissa comunque indicativamente una soglia di attenzione al raggiungimento di valori di spostamento radiale di 5 mm e di allarme pari a 10 mm.

I valori di soglia definitivi verranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio una volta note caratteristiche di back-up e l’effettiva distanza dal fronte nel momento dell’installazione della sezione di monitoraggio delle convergenze.

7 MISURE DI INTERVENTO

Per le misure di intervento si rimanda al progetto esecutivo di dettaglio ed al Piano Operativo di Scavo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 10 di 15

8 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO IN CORRISPONDENZA DELLE INTERFERENZE

Prevede la messa in opera di strumentazioni sia sugli edifici sia nel terreno all'intorno della galleria a partire dal piano campagna al fine di:

- effettuare un controllo topografico degli spostamenti degli edifici interferenti;
- controllare le deformazioni dell'ammasso al contorno della galleria mediante stazioni strumentate geotecniche costituite da inclinometri ed estensimetri;
- controllo delle variazioni del regime delle pressioni interstiziali nel terreno al contorno della galleria mediante piezometri con cella tipo Casagrande.

Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico dell'area in esame.

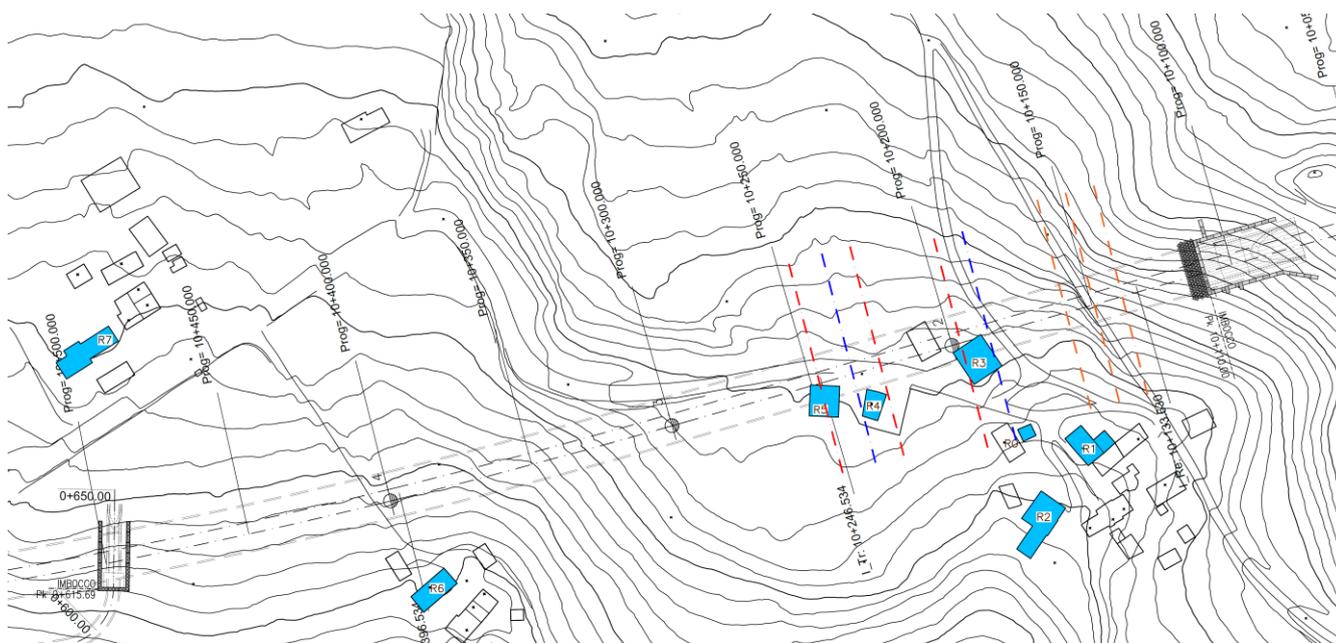


Figura 8-1 – Panimetria delle interferenze con galleria di linea, edifici interferenti (in azzurro) e sezioni di misura (in rosso, blu, arancione)

Per il monitoraggio delle subsidenze, si installeranno pertanto N. 3 stazioni di monitoraggio, ognuna costituita da:

- N.5 capisaldi installati a piano campagna, disposti lungo un allineamento ortogonale all'asse delle gallerie di linea;
- N.1 tubi inclinometrici, posti esternamente alla zona dello scavo delle gallerie
In corrispondenza dei tubi inclinometrici dovranno essere installati dei capisaldi solidarizzati con la testa, in modo da correlare la misura topografica a quella geotecnica. Ogni qualvolta si effettuerà una lettura geotecnica dovrà avvenire anche quella topografica del caposaldo relativo;
- N.1 fori posti esternamente all'area di scavo, attrezzati con piezometri tipo Casagrande

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 11 di 15

Si prevede l'applicazione come specificato nei documenti pertinenti (si vedano i documenti di riferimento di cui al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

- documento "Planimetria opere interferenti con interventi di monitoraggio Tav. 3 di 3": planimetria con evidenza delle opere interferenti.

La posizione delle sezioni di monitoraggio è comunque da intendersi indicativa e sarà campitamente definita in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

Per il monitoraggio a piano campagna in corrispondenza degli edifici/strutture interferenti, si installeranno pertanto N. 5 stazioni di monitoraggio, di cui :

- N.3 costituite ognuna da:
 - 5 capisaldi disposti lungo un allineamento ortogonale all'asse delle gallerie di linea;
- N. 2 costituite ognuna da
 - N.5 capisaldi installati a piano campagna, disposti lungo un allineamento ortogonale all'asse delle gallerie di linea;
 - N.1 tubi inclinometrici, posti esternamente alla zona dello scavo delle gallerie.
In corrispondenza dei tubi inclinometrici dovranno essere installati dei capisaldi solidarizzati con la testa, in modo da correlare la misura topografica a quella geotecnica. Ogni qualvolta si effettuerà una lettura geotecnica dovrà avvenire anche quella topografica del caposaldo relativo;
 - N.1 fori posti esternamente all'area di scavo, attrezzati con piezometri tipo Casagrande
 - N.1 estensimetro multibase

Si prevede l'applicazione come specificato nei documenti pertinenti (si vedano i documenti di riferimento di cui al paragrafo 2.1).

- documento "Planimetria opere interferenti con interventi di monitoraggio Tav. 3 di 3": planimetria con evidenza delle opere interferenti.

La posizione delle sezioni di monitoraggio è comunque da intendersi indicativa e sarà campitamente definita in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

Per il monitoraggio degli edifici/strutture interferenti si installerà la seguente strumentazione:

- N.1 mira ottica e/o miniprismi posizionata ogni 4m lungo ciascuna facciata, per ogni piano;
- N.1 caposaldo in corrispondenza di ciascun spigolo, installato a piano campagna,

A seconda di situazioni particolari riscontrate in corso d'opera si installerà della strumentazione aggiuntiva:

- fessurimetri meccanici, ove vengano rilevate evidenze di lesioni sugli edifici

La posizione delle strumentazioni è comunque da intendersi indicativa e sarà campitamente definita in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 12 di 15

8.1 SPECIFICHE DEGLI STRUMENTI DI MISURA

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche degli strumenti di misura che ci si propone di installare. Tali strumenti potranno, in fase costruttiva, essere sostituiti con altri di caratteristiche equivalenti o superiori.

8.1.1 Livellazione di precisione mediante capisaldi “CS”

Al fine raccogliere informazioni sulle deformazioni nel terreno a seguito delle perdite di volume connesse allo scavo delle gallerie occorrerà misurare lo spostamento di punti, identificati mediante caposaldi di livellazione, ubicati a piano campagna in corrispondenza di elementi ritenuti significativi o di allineamenti disposti, ove possibile, perpendicolarmente all’asse della galleria.

La distanza tra due allineamenti successivi sarà variabile e dipenderà dalla morfologia del contesto di installazione. I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l’indicazione del numero del caposaldo ed una testa emisferica per la battuta topografica. Ogni borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro di idonea lunghezza, che verrà cementata all’interno di appositi fori in modo da garantire la solidarietà con il terreno.

Per la misura diretta dei dislivelli verrà utilizzato un livello ottico: lo strumento, attraverso una linea di mira orizzontale, effettua la misura del dislivello su una stadia graduata, che costituisce pertanto il campione di misura diretta.

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

Saranno inoltre installati, per ciascun allineamento, alcune mire per la valutazione dello spostamento planimetrico.

8.1.1.1 RESTITUZIONE DEI DATI

Le misure saranno effettuate con strumento topografico a lettura manuale.

I dati misurati verranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di cedimento rispetto al tempo;
- Spostamenti assoluti delle mire nelle tre componenti (abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E).

8.1.2 Inclinometro “IN”

L’installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale.

Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l’inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione. I tubi inclinometrici dovranno essere di alluminio o in ABS e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.

Caratteristiche tecniche tubi:

- materiale PVC
- diametro esterno min. 60mm
- max torsione ammissibile % della lunghezza spezzone

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 13 di 15

Caratteristiche tecniche sonda inclinometrica:

- tipo di sensore: servoaccelerometro biassiale
- campi di misura $\pm 30^\circ$
- precisione sensore ± 0.1 mm / 500 mm
- sensibilità ± 0.05 mm per 500mm
- precisione $\pm 0.1\%$ f.s.

In ultimo, lo strumento dovrà presentare assoluta perpendicolarità delle sezioni terminali degli spezzoni di tubi rispetto all'asse del tubo, con la tolleranza di 1° .

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

8.1.2.1 RESTITUZIONE DATI

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- Grafico differenziale locale dello spostamento nel piano orizzontale;
- Grafico differenziale locale della direzione di spostamento (AZIMUT);
- Grafico differenziale integrale dello spostamento nel piano orizzontale;
- Grafico differenziale integrale della direzione di spostamento (AZIMUT);

I dati rilevati saranno elaborati mediante l'ausilio di un software dedicato che permetterà la restituzione tramite elaborati grafici da allegare ai tabulati numerici. Questi ultimi dovranno essere forniti anche su supporto informatico in formato testo

8.1.3 Piezometro Casagrande "PZ"

Il monitoraggio piezometrico verrà effettuato mediante piezometri di tipo Casagrande che consentono il rilievo, mediante apposita sonda elettrica (freatimetro) munita di cavo graduato, della profondità della superficie piezometrica, attraverso l'inserimento in un foro di sondaggio di un piezometro costituito da un filtro cilindrico collegato a due tubicini rigidi in PVC per il raccordo con la superficie.

Il freatimetro è uno strumento costituito da un cavo montato su di un rullo alloggiante il circuito di segnalazione e la batteria, così da risultare facilmente trasportabile. Il puntale montato all'estremità inferiore del cavo, al contatto con l'acqua, chiude un circuito che attiva un segnale sonoro e luminoso: la posizione in cui si trova la sonda quando vengono attivati tali segnali di allarme corrisponde con il livello dell'acqua che viene così letto direttamente sul cavo graduato.

La cella tipo Casagrande è costituita da un cilindro poroso di materiale plastico (ad es. polietilene soffiato) o di ceramica, che dovrà avere un diametro minimo di 50 mm e una lunghezza non inferiore a 200 mm; il collegamento del cilindro poroso con la superficie è assicurato da due tubicini rigidi in PVC (andata e ritorno). Il piezometro potrà eventualmente essere automatizzato, con l'installazione al suo interno di un trasduttore di pressione.

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

8.1.3.1 RESTITUZIONE DEI DATI

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di falda rispetto al tempo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 14 di 15

I dati rilevati saranno forniti sia in forma grafica sia mediante tabulati numerici. Questi ultimi dovranno essere forniti anche su supporto informatico.

8.2 ESTENSIMETRO MULTIBASE

L'estensimetro multibase da foro è costituito da una o più aste di misura in vetroresina alla cui estremità è posizionato il punto di misura costituito da una barra in acciaio ad aderenza migliorata, ancorata in profondità all'interno di perforazioni e libera di scorrere all'interno di una guaina in nylon rilsan.

Le aste trasmettono rigidamente il movimento degli ancoraggi profondi rispetto alla testa. Tali spostamenti relativi sono misurabili utilizzando un semplice calibro oppure possono essere acquisiti utilizzando trasduttori elettrici di spostamento lineare remotizzabili.

In generale, la misura viene eseguita direttamente sulla testa di misura o tramite un comparatore centesimale rimovibile, o tramite dei trasduttori elettrici di spostamento installati uno per ogni asta di misura. In questo caso la misura viene eseguita con una centralina portatile.

Le misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti di punti (basi) in direzione longitudinale rispetto al foro in cui sono collocati. Gli strumenti da installare sono costituiti da 3 basi

Principali caratteristiche:

- materiale testa di misura acciaio - pvc
- materiale asta di misura acciaio – vetroresina
- campi di misura 0 ÷ 50mm
- tipo trasduttore potenziometrico
- sensibilità 0.02% f.s.
- precisione $\pm 0.3\%$ f.s.

Gli strumenti saranno scelti in modo da garantire una precisione coerente con le eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

8.2.1.1 RESTITUZIONE DEI DATI

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita
- durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;
- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- -osservazioni e note eventuali.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0300 006	REV. B	FOGLIO 15 di 15

I dati rilevati saranno forniti sia in forma grafica sia mediante tabulati numerici. Questi ultimi dovranno essere forniti anche su supporto informatico.

8.3 FREQUENZE LETTURE STRUMENTAZIONI

La frequenza delle letture sarà la seguente:

- N.1 lettura al giorno con il fronte a $\pm 20m$ dalla sezione di misura;
- N.2 lettura a settimana con il fronte a $\pm 40m$ dalla sezione di misura;
- N.1 lettura a settimana fino a completa stabilizzazione delle letture.

Si specifica che le frequenze di acquisizione delle misure indicate per tutta la strumentazione prevista potranno subire modifiche in corso d'opera in funzione dei valori misurati, delle loro tendenze temporali, dell'effettivo comportamento tenso-deformativo riscontrato, della reale successione e avanzamento delle lavorazioni (in particolare, posizione dei fronti di scavo), di eventuali "anomalie" o situazioni "sospette" che dovessero verificarsi.