

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

GN02 – USCITA/ACCESSO DI EMERGENZA CARRABILE F1

MONITORAGGIO

Relazione di Monitoraggio

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 20/01/2023	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. Tanzini

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

IF3A	02	E	ZZ	RH	GN0200	001	D	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione a 180 giorni	R. Rege	08/02/2022	A. Lucia	08/02/2022	M. Tanzini	08/02/2022	Ing. Andrea Polli 20/01/2022
B	C08.01 a valle del contraddittorio	R. Rege	13/07/2022	A. Lucia	13/07/2022	M. Tanzini	13/07/2022	
C	C08.02 a valle del contraddittorio	A. Lucia	15/11/2022	A. Lucia	15/11/2022	M. Tanzini	15/11/2022	
D	C08.04 a valle del contraddittorio	E. Molina	12/01/2023	M. Trezzi	15/01/2023	M. Tanzini	15/01/2023	

File: IF3A02EZZRHGN0200001D

n. Elab.: -

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 2 di 48

Indice

1	INTRODUZIONE	5
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	5
1.2	DESCRIZIONE DELLA GALLERIA HIRPINIA.....	7
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	9
2.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI	9
2.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI.....	9
2.3	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE.....	9
2.4	ELABORATI DI RIFERIMENTO	10
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	12
4	SCAVO DELLE GALLERIE NATURALI.....	14
4.1	SEZIONI TIPO PREVISTE	15
4.1.1	SEZIONE TIPO B2.....	15
4.1.2	SEZIONE TIPO B2*.....	17
4.1.3	SEZIONE TIPO C2.....	19
4.1.4	SEZIONE TIPO C2P	21
4.1.5	SEZIONE TIPO CAMERONE DI SOSTA E MANOVRA	23
5	OBIETTIVI DEL PIANO DI MONITORAGGIO	25
6	SISTEMA DI MONITORAGGIO	26
6.1	PREMESSA.....	26
6.2	DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	26
6.3	FASI DI CONTROLLO E MISURA.....	26
6.4	PIATTAFORMA DI MONITORAGGIO E CONDIVISIONE DATI.....	26
6.4.1	PIATTAFORMA DI MONITORAGGIO.....	27
6.4.2	SISTEMA DI CONDIVISIONE DATI MEDIANTE PIATTAFORMA WEBGIS	28
6.5	VALORI ATTESI DELLE MISURE E AZIONI CORRETTIVE.....	28
7	CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	29
7.1	MIRE OTTICHE	29
7.2	CAPISALDI TOPOGRAFICI	29
7.3	CELLE DI CARICO/PRESSIONE	30
7.4	PIEZOMETRO A TUBO APERTO	30
7.5	STRAIN GAUGES.....	31

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 3 di 48

7.6	ESTENSIMETRI MULTIBASE	31
7.7	ESTENSIMETRO INCREMENTALE	31
7.8	INCLINOMETRI	31
8	MONITORAGGIO DEL FRONTE DI SCAVO	32
8.1	RILIEVO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO DEL FRONTE DI SCAVO	32
8.1.1	RILIEVI DI TIPO SPEDITIVO	32
8.1.2	RILIEVI DI DETTAGLIO	32
8.1.3	FREQUENZA DEI RILIEVI	33
8.1.4	DOCUMENTAZIONE	33
8.2	SONDAGGI IN AVANZAMENTO	33
8.3	MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE	33
8.3.1	FREQUENZA DEI RILIEVI	34
8.3.2	DOCUMENTAZIONE	34
8.3.3	VALORI DI SOGLIA	34
9	MONITORAGGIO INTERNO ALLA GALLERIA	35
9.1	MISURE DI CONVERGENZA CON SISTEMA OTTICO	35
9.1.1	FREQUENZA DELLE STAZIONI E DEI RILEVAMENTI	35
9.1.2	SISTEMA DI ACQUISIZIONE E DI RESTITUZIONE DEI DATI	36
9.1.3	DOCUMENTAZIONE	36
9.1.4	VALORI DI SOGLIA	36
9.2	MISURE DELLA DEFORMAZIONE AL CONTORNO DEL CAVO CON ESTENSIMETRI MULTIBASE	37
9.2.1	DOCUMENTAZIONE	37
9.2.2	VALORI DI SOGLIA	37
9.3	MONITORAGGIO DELLE TENSIONI DEI RIVESTIMENTI	38
9.3.1	MISURE DEL COMPORTAMENTO TENSO-DEFORMATIVO DEI RIVESTIMENTI CON STRAIN GAUGES	38
9.3.2	MISURE DELLE SOLLECITAZIONI NELLE CENTINE DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE CON CELLE DI PRESSIONE E CELLE DI CARICO	39
10	MONITORAGGIO ESTERNO ALLA GALLERIA	41
10.1	MISURE ESTENSO-INCLINOMETRICHE E PIEZOMETRICHE DALLA SUPERFICIE	41
10.1.1	FREQUENZA DELLE MISURE	42
10.1.2	DOCUMENTAZIONE	42
10.1.3	VALORI DI SOGLIA	43
10.2	MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DELLA SUPERFICIE	44
10.2.1	DOCUMENTAZIONE	44
10.2.2	VALORI DI SOGLIA DEI CEDIMENTI A PIANO CAMPAGNA	44
10.3	MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI INTERFERENTI	45
10.3.1	DOCUMENTAZIONE	45
10.3.2	VALORI DI SOGLIA DEGLI SPOSTAMENTI	45

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>4 di 48</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	4 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	4 di 48													

10.4	MONITORAGGIO DELLA SUPERFICIE CON INTERFEROMETRIA RADAR	46
11	GESTIONE DEI DATI MISURATI	47
12	SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA	47
13	CONCLUSIONI	48

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 5 di 48

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del Progetto Esecutivo per il raddoppio del 2° lotto funzionale Hirpinia - Orsara della tratta Apice – Orsara, compreso tra la Stazione di Orsara e la nuova fermata di Hirpinia per una estensione complessiva di circa 28 Km di linea.

In particolare, il documento descrive la metodologia di monitoraggio da adottare per la realizzazione della finestra F1.

Di seguito vengono descritti e definiti gli obiettivi del piano di monitoraggio, il sistema di monitoraggio da predisporre e la relativa gestione dei dati misurati nonché i valori di soglia previsti.

1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

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

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

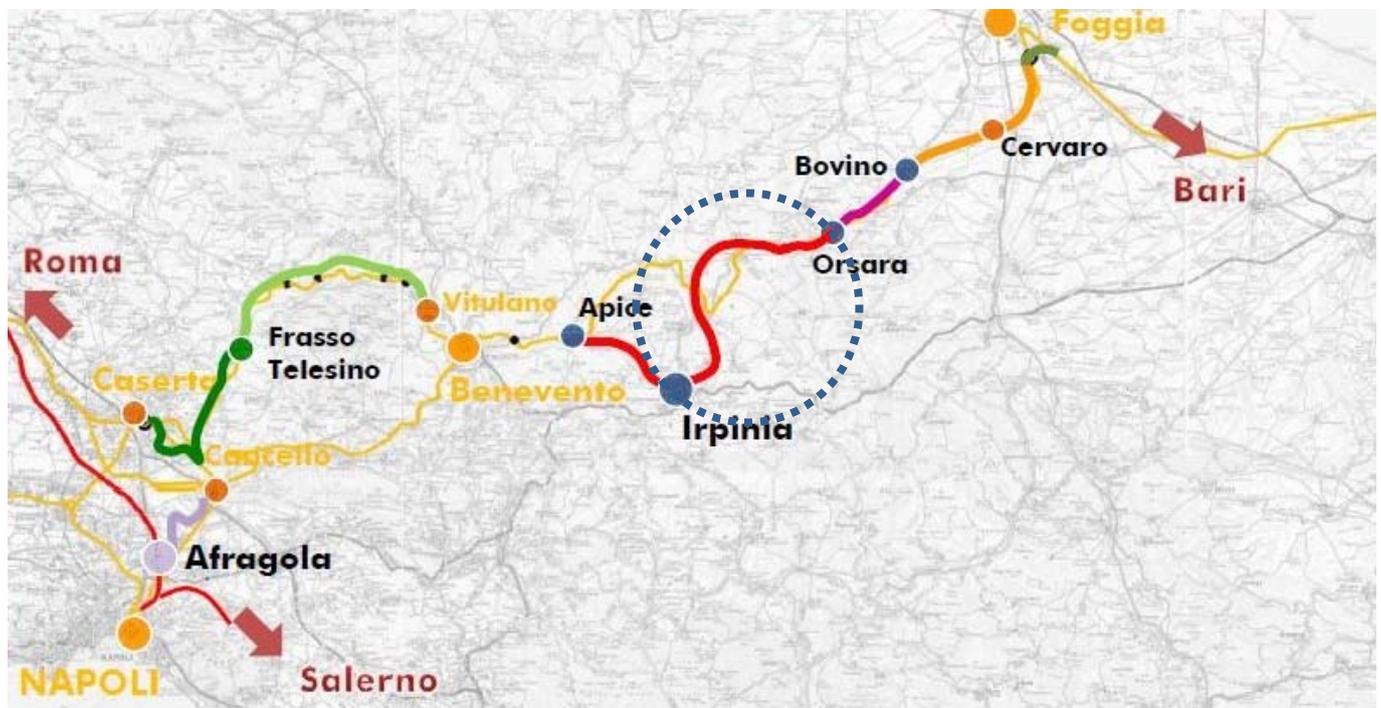


Figura 1-1. Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

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

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 6 di 48

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo sviluppo complessivo della galleria è di 27 Km circa.

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

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

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

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

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

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

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 7 di 48

1.2 DESCRIZIONE DELLA GALLERIA HIRPINIA

Il tracciato della tratta Hirpinia-Orsara, di lunghezza complessiva pari a circa 28 km, si sviluppa prevalentemente in sotterraneo con la galleria "Hirpinia" di lunghezza pari a circa 27 Km. Ubicata fra le progressive di tracciato (B.P.) km 41+435,91 (imbocco lato Bari) e km 68+537,41 (imbocco lato Napoli), la Galleria Hirpinia ha una lunghezza della tratta in naturale di 27.062 m e una lunghezza delle tratte in artificiale pari a 39,5 m.

Partendo dall'imbocco lato Bari posto ad una quota di 362,39 m s.l.m., il tracciato procede con pendenza crescente con un valore pari al 5‰ fino alla pk 44+692 e successivamente con pendenza del 12‰ fino al punto di culmine alla pk 53+617. In questo tratto sono presenti le massime coperture della galleria pari a 370 m in corrispondenza delle pk 43+115 e 48+680 circa. Dal punto di culmine il tracciato prosegue in discesa con una pendenza del 12‰ fino alla pk 65+959.9, ad esclusione del tratto compreso tra le pk 56+732.5 e 57+785.5 dove la pendenza si riduce al 10‰. Dalla pk 65+959.9, posta in corrispondenza del sottoattraversamento del torrente Fiumarella dove la copertura della galleria raggiunge il valore minimo pari a 10 m, la pendenza del tracciato diminuisce gradualmente fino all'imbocco lato Napoli posto ad una quota di 336,9 m s.l.m.

La configurazione della galleria è a doppia canna singolo binario per la quasi totalità del suo sviluppo; per esigenze di tracciato, la configurazione è a singola canna doppio binario per il tratto di 143 m che precede l'uscita lato Napoli. Il passaggio dalla configurazione a doppia canna a quella a singola canna è realizzato tramite un camerone di diramazione di lunghezza pari a 226 m. Nel tratto a doppia canna l'interasse tra le gallerie è di 40 m ad eccezione di un tratto compreso tra le pk 48+000 e pk 57+800 circa, all'interno del quale l'interasse è stato aumentato a 50 m per esigenze funzionali (Punto Antincendio) e per le caratteristiche del contesto geotecnico attraversato.

La galleria è progettata per consentire il transito del Gabarit C (P.M.O. n°5) con velocità di tracciato pari a 250 km/h. Le sezioni geometrico funzionali previste sono in accordo con le sezioni tipo del Manuale di Progettazione RFI; nel tratto a doppia canna singolo binario sono state adottate le sezioni tipo per velocità di progetto $200 < v \leq 250$ km/h. Nel tratto a singola canna doppio binario, essendo la velocità di tracciato pari a 200 km/h, è stata adottata la sezione con velocità di progetto $160 < v \leq 200$ km/h.

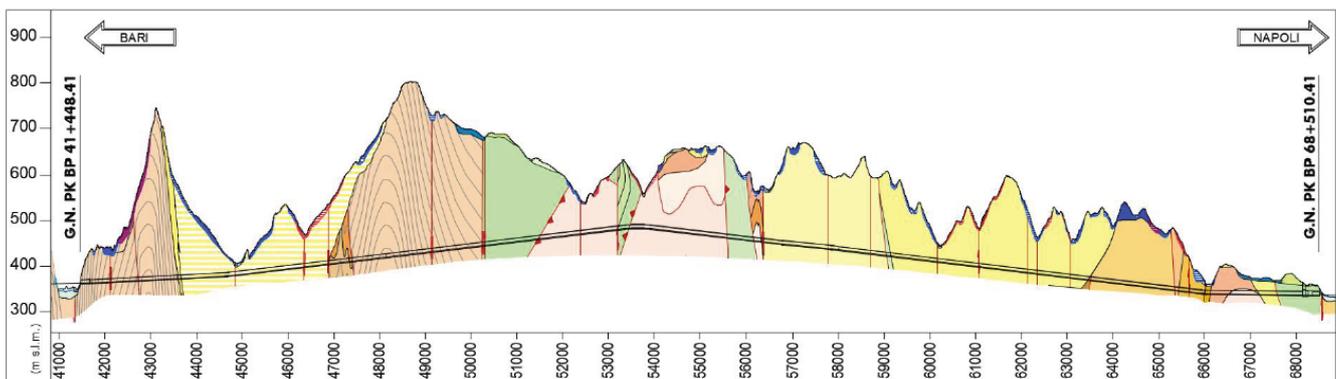


Figura 1-2. Profilo galleria Hirpinia.

In particolare, nel tratto a doppia canna singolo binario la sezione adottata per lo scavo in meccanizzato ha raggio pari a 4,20 metri ed area libera di poco superiore ai 55 m², mentre per lo scavo tradizionale è prevista una sezione policentrica con raggio di calotta e piedritti pari a 3,50 metri ed area libera di poco superiore a 52 m². Nel tratto a singola canna doppio binario è prevista una sezione policentrica con raggio di calotta e piedritti pari a 5,40 metri ed area libera di poco superiore a 82 m². È previsto l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo "RFI-240" poggiate su ballast ed elettrificazione a c.c. a 3 kV. Le sezioni di intradosso delle gallerie hanno un marciapiede d'esodo con andamento del ciglio variabile in funzione della quota del binario attiguo. Nello specifico, l'altezza del ciglio risulta pari a + 55 cm, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento del binario attiguo, mentre la distanza del ciglio dal bordo interno della più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, è pari a 113 cm. Tale camminamento ha una larghezza non inferiore a 120 cm ed è corredato da

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0200 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">8 di 48</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	8 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	8 di 48													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio																		

mancorrente posto sul paramento interno della galleria ad una quota di circa 1m dal piano di calpestio del marciapiede. Nella tratta compresa tra le pk 57+195 e 57+605 (BP), dove è prevista la realizzazione del Punto Antincendio in sotterraneo, la larghezza del marciapiede è pari a 2 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 9 di 48

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 LEGGI E NORMATIVE COGENTI

Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”;

Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17/01/2018”.

Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;

Rif. [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;

Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;

Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

2.2 NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI

Rif. [7] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;

Rif. [8] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;

Rif. [9] NIR n°28: NOTA INTERREGIONALE DEL 13/01/2005 “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3ª edizione”;

Rif. [10] NIR n°44: NOTA INTERREGIONALE DEL 28/05/2012 “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù TBM”;

Rif. [11] Linea Guida “Grisù – TBM”. Scavo meccanizzato di grande sezione con TBM – EPB in terreni grisutosi, maggio 2015;

Rif. [12] Linea Guida “Grisù”. Scavi in sotterraneo con metodo a piena sezione e tecnica tradizionale in terreni grisutosi, luglio 2014.

2.3 PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE

Rif. [13] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 C “Manuale di Progettazione delle opere civili” (27/12/2018);

Rif. [14] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (dicembre 2015).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 10 di 48

2.4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

- Relazione tecnica e linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	IF3A02EZZRGGN0200001
- Relazione di calcolo uscita di emergenza	IF3A02EZZCLGN0200001
- Inquadramento planimetrico Tav. 1/4	IF3A02EZZP8GN0200001
- Inquadramento planimetrico Tav. 2/4	IF3A02EZZP8GN0200002
- Inquadramento planimetrico Tav. 3/4	IF3A02EZZP8GN0200003
- Inquadramento planimetrico Tav. 4/4	IF3A02EZZP8GN0200004
- Profilo longitudinale Tav. 1/4	IF3A02EZZF8GN0200001
- Profilo longitudinale Tav. 2/4	IF3A02EZZF8GN0200002
- Profilo longitudinale Tav. 3/4	IF3A02EZZF8GN0200003
- Profilo longitudinale Tav. 4/4	IF3A02EZZF8GN0200004
- Planimetria di tracciamento Tav. 1/4	IF3A02EZZP8GN0200005
- Planimetria di tracciamento Tav. 2/4	IF3A02EZZP8GN0200006
- Planimetria di tracciamento Tav. 3/4	IF3A02EZZP8GN0200007
- Planimetria di tracciamento Tav. 4/4	IF3A02EZZP8GN0200008
- Profilo geotecnico/geomeccanico	IF3A02EZZF6GN0201001
- Uscita/accesso carrabile - Sezioni di intradosso	IF3A02EZZWZGN0200001
- Uscita/accesso carrabile - Sezioni di intradosso - Particolari costruttivi	IF3A02EZZWZGN0200002
- Sezione tipo B2 - Fasi esecutive, scavi e Consolidamenti	IF3A02EZZBBGN0200001
- Sezione tipo B2 - Carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200001
- Sezione tipo B2 - Carpenteria centina	IF3A02EZZBZGN0200002
- Sezione tipo B2* - Fasi esecutive, scavi e Consolidamenti	IF3A02EZZBBGN0200002
- Sezione tipo B2* - Carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200004
- Sezione tipo B2* - Carpenteria centina	IF3A02EZZBZGN0200005
- Sezione tipo C2 - Fasi esecutive, scavi e Consolidamenti	IF3A02EZZBBGN0200003
- Sezione tipo C2 - Carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200006
- Sezione tipo C2 - Carpenteria centina	IF3A02EZZBZGN0200007
- Sezione tipo C2p- Fasi esecutive, scavi e Consolidamenti	IF3A02EZZBBGN0200004
- Sezione tipo C2p - Carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200008
- Sezione tipo C2p - Carpenteria centina	IF3A02EZZBZGN0200009
- Carpenteria Pianta, Profilo e Sezioni	IF3A02EZZPBGN0200001
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 1	IF3A02EZZBBGN0200005
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 2	IF3A02EZZBBGN0200006
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 3	IF3A02EZZBBGN0200007
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 4	IF3A02EZZBBGN0200008
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 5	IF3A02EZZBBGN0200009
- Campo 1 - Centina - carpenteria Tav. 1/2	IF3A02EZZBZGN0200010
- Campo 2 - Centina - carpenteria Tav. 2/2	IF3A02EZZBZGN0200011
- Campo 3 - Centina - carpenteria Tav. 1/2	IF3A02EZZBZGN0200012
- Campo 4 - Centina - carpenteria Tav. 2/2	IF3A02EZZBZGN0200013
- Campo 5 - Centina - carpenteria Tav. 1/2	IF3A02EZZBZGN0200014
- Carpenteria Pianta, Profilo e Sezioni	IF3A02EZZPBGN0200002

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 11 di 48

- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 1	IF3A02EZZBBGN0200011
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 2	IF3A02EZZBBGN0200012
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 3	IF3A02EZZBBGN0200013
- Scavi e consolidamenti - fase di avanzamento - campo 4	IF3A02EZZBBGN0200014
- Campo 1 - Centina - carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200015
- Campo 2 - Centina - carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200016
- Campo 3 – Centina - carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200017
- Campo 4 – Centina - carpenteria	IF3A02EZZBZGN0200018
- Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	IF3A02EZZPBGN0230001
- Relazione di calcolo dei rivestimenti definitivi - Camerone di uscita TBM	IF3A02EZZPBGN0230002
- Fasi esecutive 1/3	IF3A02EZZB9GN0230001
- Fasi esecutive 2/3	IF3A02EZZB9GN0230002
- Fasi esecutive 3/3	IF3A02EZZB9GN0230003
- Scavi e consolidamento galleria camerone 1/2	IF3A02EZZBBGN0230004
- Scavi e consolidamento galleria camerone 2/2	IF3A02EZZBBGN0230005
- Scavi e consolidamento galleria by pass 1/3	IF3A02EZZBBGN0230006
- Scavi e consolidamento galleria by pass 2/3	IF3A02EZZBBGN0230007
- Scavi e consolidamento galleria by pass 3/3	IF3A02EZZBBGN0230008
- Carpenteria centine galleria camerone	IF3A02EZZBBGN0230009
- Carpenteria centine galleria by pass	IF3A02EZZBBGN0230010
- Carpenteria centine variabili d'innesto	IF3A02EZZBBGN0230011
- Carpenterie rivestimento definitivo galleria camerone 1/3	IF3A02EZZBBGN0230012
- Carpenterie rivestimento definitivo galleria camerone 2/3	IF3A02EZZBBGN0230013
- Carpenterie rivestimento definitivo galleria camerone 3/3	IF3A02EZZBBGN0230014
- Carpenterie rivestimento definitivo galleria by pass 1/3	IF3A02EZZBBGN0230015
- Carpenterie rivestimento definitivo galleria by pass 2/3	IF3A02EZZBBGN0230016
- Carpenterie rivestimento definitivo galleria by pass 3/3	IF3A02EZZBBGN0230017
- Layout funzionale	IF3A02EZZPAGN0230001

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
						RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandatario ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 12 di 48

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Di seguito sono brevemente descritte le opere in oggetto alla presente relazione.

Siccome la galleria Hirpinia ha una lunghezza superiore ai 20 km, è prevista la realizzazione di un'Area di Sicurezza Sotterranea, con funzione di Punto Antincendio. A tale area di sicurezza appartiene anche la galleria di sfollamento, ovvero la finestra F1.

Il punto Antincendio consiste in:

- una galleria di sfollamento realizzata tra le due gallerie di linea, collegata ad esse mediante by-pass trasversali; la galleria ha una lunghezza di 410 m ed è collegata all'esterno tramite un'uscita di sicurezza (finestra F1) per consentire l'accesso dei mezzi di sicurezza e l'eventuale esodo dei passeggeri.
- 5 + 5 by-pass, ad interasse di 80 m, che consentono di trasferire in condizioni di sicurezza i passeggeri di un treno in avaria sulla banchina opposta per imbarcarli su un altro treno, oppure avviarli verso l'esterno;
- un camerone di sosta e un camerone di manovra di dimensioni 15 x 15 m, rispettivamente all'inizio e alla fine del punto antincendio, a servizio dei mezzi di sicurezza. Il camerone di sosta è separato dal punto antincendio da un portone per l'ingresso dei mezzi di sicurezza, avente dimensioni 4,15 x 3 m, e da una porta di dimensioni 0.9 x 2 m a servizio dei passeggeri nell'eventualità in cui questi debbano abbandonare il punto antincendio avviandosi verso l'esterno;
- 1 by-pass aggiuntivo in prossimità del punto di arresto del treno merci, posto ad una distanza di 750 m dall'inizio del punto antincendio, per consentire l'esodo del personale presente sui treni merci.

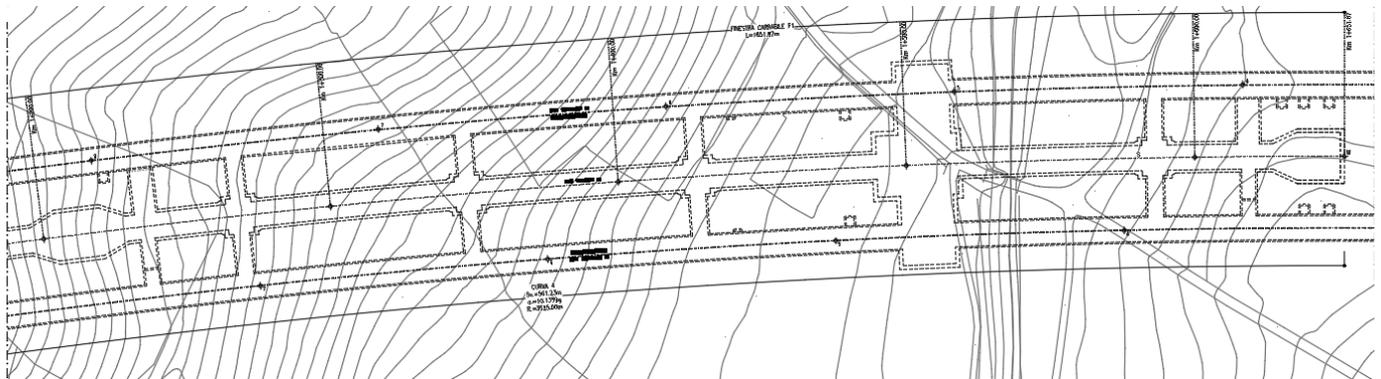


Figura 3-1. Schema planimetrico punto antincendio in galleria

La sezione di intradosso della galleria di sfollamento è stata studiata in modo tale da accogliere l'area pedonale avente dimensioni pari a 1.5 x 2.25 m e l'area carrabile di dimensioni pari a 4.8 x 4.4 m. La sezione della galleria di sfollamento, così come quella della finestra F1 e dei by-pass di esodo hanno un condotto collocato nella parte sommitale della calotta realizzato tramite una soletta in calcestruzzo armato con caratteristiche REI120 che consente di convogliare verso l'esterno i fumi derivanti da un treno in condizioni di incendio.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 13 di 48

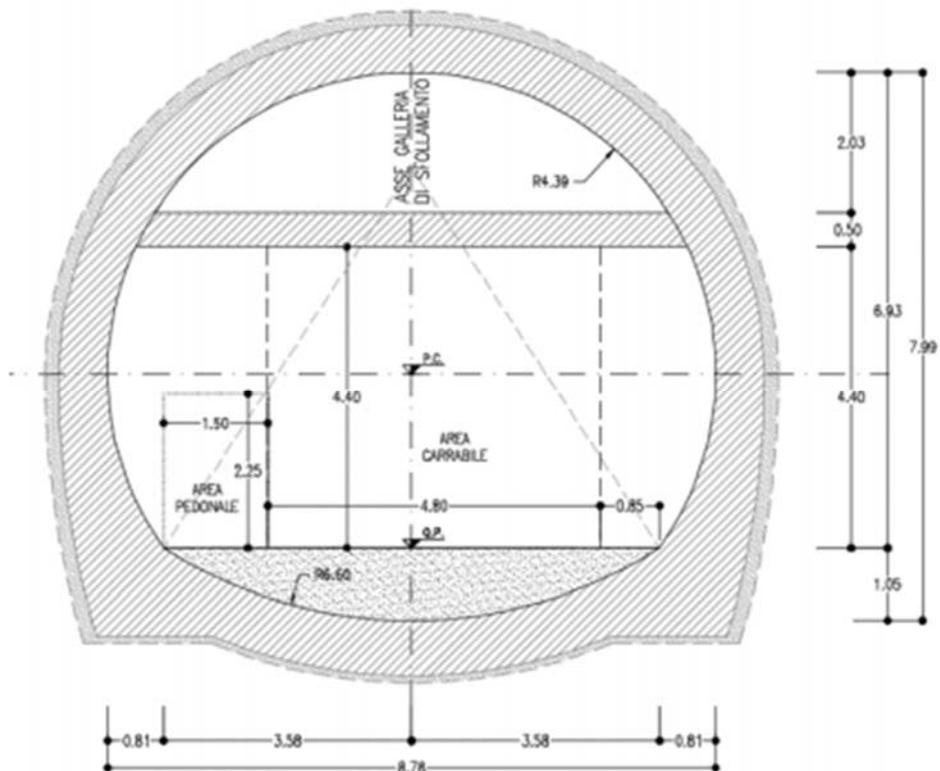


Figura 3-2. Sezione di intradosso galleria di sfollamento / finestra F1

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0200 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">14 di 48</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	14 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	14 di 48													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio																		

4 SCAVO DELLE GALLERIE NATURALI

L'adozione dello scavo in tradizionale è prevista sia per la realizzazione dell'intera finestra costruttiva F1 (uscita di emergenza e galleria di sfollamento) che per il camerone di sosta e manovra.

Per il tratto della finestra costruttiva F1 sono state definite 3 diverse sezioni tipo, intese come complesso di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione e relative tecnologie esecutive.

Per ciascuna sezione tipo è prevista l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche ed infine il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta.

La gestione delle acque in sotterraneo è garantita dall'eventuale installazione in fase di scavo di 3+3 drenaggi in avanzamento. In fase definitiva è prevista un'impermeabilizzazione full-round a tergo dei rivestimenti definitivi.

L'innesto con le gallerie di linea è realizzato mediante un camerone nel quale confluiranno le due canne delle gallerie di linea realizzate in tradizionale e dal quale partiranno gli scavi in meccanizzato.

Lo scavo del camerone d'innesto è previsto a piena sezione e con l'installazione di centine e calcestruzzo proiettato come rivestimento di prima fase.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle sezioni di avanzamento definite per la realizzazione delle opere in oggetto.

Per una completa rappresentazione delle sezioni tipologiche, e la relativa distribuzione delle tratte di applicazione, si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 15 di 48

4.1 SEZIONI TIPO PREVISTE

4.1.1 Sezione tipo B2

4.1.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo B2 è prevista nelle Peliti di Difesa Grande della Formazione di Sferracavallo (STF2) caratterizzate da valori della resistenza a compressione non confinata, q_u , maggiori o uguali a 100 kPa ovverosia per materiali da consistenti a molto consistenti e per tutte le classi di copertura previste lungo l'intera finestra F1, avendosi una massima copertura di circa 190 m.

4.1.1.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm sul 50% degli sfondi e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 30 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza $L = 17.00$ m e sovrapposizione minima 7.00 m, $\pm 20\%$;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da HEB 180 passo 1.00 m $\pm 20\%$ e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 0.8 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 0.7 m.

4.1.1.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- esecuzione del precontenimento del fronte di scavo mediante elementi in VTR;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi massimi di 1.2 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e spritz - beton;
- getto delle murette e dell'arco rovescio entro 30 m dal fronte di scavo. In funzione del comportamento deformativo del cavo; il progettista potrà variare la distanza del getto dell'arco rovescio fino ad un massimo di 50 m dal fronte di scavo;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione;
- getto del rivestimento definitivo eseguito ad una distanza dal fronte funzione del comportamento deformativo del cavo.

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 16 di 48

4.1.1.4 VARIABILITÀ

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi emerga un quadro deformativo verso il minimo, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Tabella 4-1. Variabilità della sezione tipo B2.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 25 cm	spritz - beton: 25 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
24 barre in VTR al fronte, sovrapposizione = 6 m	36 barre in VTR al fronte, sovrapposizione = 8 m

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 17 di 48

4.1.2 Sezione tipo B2*

4.1.2.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo B2* è prevista nelle Peliti di Difesa Grande della Formazione di Sferracavallo (STF2) caratterizzate da valori della resistenza a compressione non confinata, q_u , maggiori o uguali a 150 kPa ovverosia per materiali da consistenti a molto consistenti e per tutte le classi di copertura previste lungo l'intera finestra F1, avendosi una massima copertura di circa 190 m e con possibile presenza di acqua.

4.1.2.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n° 2 + 2 drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza $L = 30.0$ m con sovrapposizione minima di 10 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm sul 50% degli sfondi e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 30 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza $L = 17.00$ m e sovrapposizione minima 7.00 m, $\pm 20\%$;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da HEB 180 passo 1.20 m $\pm 20\%$ e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 1.10 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 1.0 m.

4.1.2.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del precontenimento del fronte di scavo mediante elementi in VTR;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi massimi di 1.2 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e spritz - beton;
- getto delle murette e dell'arco rovescio entro 30 m dal fronte di scavo. In funzione del comportamento deformativo del cavo, il progettista potrà variare la distanza del getto dell'arco rovescio fino ad un massimo di 50 m dal fronte di scavo;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione;
- getto del rivestimento definitivo eseguito ad una distanza dal fronte funzione del comportamento deformativo del cavo.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 18 di 48

4.1.2.4 VARIABILITÀ

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi emerga un quadro deformativo verso il minimo, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Tabella 4-2. Variabilità della sezione tipo B2*.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 25 cm	spritz - beton: 25 cm
Passo centine: 1.5 m	Passo centine: 0.9 m
24 barre in VTR al fronte, sovrapposizione = 6 m	36 barre in VTR al fronte, sovrapposizione = 8 m

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 19 di 48

4.1.3 Sezione tipo C2

4.1.3.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo C2 è prevista nelle Peliti di Difesa Grande, della Formazione di Sferracavallo (STF2), caratterizzate da valori della resistenza a compressione non confinata, q_u , non superiori a 100 kPa ovvero sia da poco consistenti a moderatamente consistenti e per coperture superiori ai 60 m. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di precontenimento sia al fronte di scavo sia al contorno del cavo.

4.1.3.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n° 2 + 2 drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza $L = 30.0$ m con sovrapposizione minima di 10 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm su ogni sfondo e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 25 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza $L = 18.00$ m e sovrapposizione minima 8.00 m $\pm 20\%$;
- intervento di precontenimento al contorno del cavo tramite n° 43 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza $L = 15.00$ m e sovrapposizione minima 5.00 m, passo 0.5 m, $\pm 20\%$;
- intervento di precontenimento al piede centina tramite $5 + 5$ elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza media $L = 13.50$ m $\pm 20\%$;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da HEB 180 passo 1.0 m $\pm 20\%$ e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 0.9 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 0.8 m.

4.1.3.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del precontenimento del fronte di scavo mediante elementi in VTR;
- esecuzione del precontenimento al contorno del cavo e al di sotto del piede centina mediante elementi in VTR;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.2 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e spritz - beton;
- getto delle murette e dell'arco rovescio entro 30 m dal fronte di scavo. In funzione del comportamento deformativo del cavo, il progettista potrà variare la distanza del getto dell'arco rovescio fino ad un massimo di 50 m dal fronte di scavo;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione;
- getto del rivestimento definitivo eseguito ad una distanza dal fronte funzione del comportamento deformativo del cavo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 20 di 48

4.1.3.4 VARIABILITÀ

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi emerga un quadro deformativo verso il minimo, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Tabella 4-3. Variabilità della sezione tipo C2.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 25 cm	spritz - beton: 25 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
20 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 7.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 18 – 7 = 11 m)	30 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 9.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 18 – 9 = 9 m)
34 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 4 m (lunghezza campo di avanzamento = 15 – 4 = 11 m)	52 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 6 m (lunghezza campo di avanzamento = 15 – 6 = 9 m)

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 21 di 48

4.1.4 Sezione tipo C2p

4.1.4.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo C2p è prevista nelle Peliti di Difesa Grande, della Formazione di Sferracavallo (STF2), nell'ultima tratta della lunghezza di circa 430 m che è situata fra le due gallerie di linea. In tale tratta si ha un comportamento allo scavo di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di precontenimento sia al fronte di scavo sia al contorno del cavo.

4.1.4.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n° 2 + 2 drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 30.0 m con sovrapposizione minima di 10 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm su ogni sfondo e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 30 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza L = 20.00 m e sovrapposizione minima 10.00 m ± 20%;
- intervento di precontenimento al contorno del cavo tramite n° 43 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza L = 20.00 m e sovrapposizione minima 10.00 m, passo 0.5 m, ± 20%;
- intervento di precontenimento al piede centina tramite 5 + 5 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza media L = 13.50 m ± 20%;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche, sia in calotta sia in arco rovescio, costituite da HEB 180 passo 1.0 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 1.1 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 0.9 m.

4.1.4.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del precontenimento del fronte di scavo mediante elementi in VTR;
- esecuzione del precontenimento al contorno del cavo e al di sotto del piede centina mediante elementi in VTR;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.2 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e spritz - beton;
- getto delle murette e dell'arco rovescio entro 30 m dal fronte di scavo. In funzione del comportamento deformativo del cavo, il progettista potrà variare la distanza del getto dell'arco rovescio fino ad un massimo di 50 m dal fronte di scavo;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione;
- getto del rivestimento definitivo eseguito ad una distanza dal fronte funzione del comportamento deformativo del cavo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 22 di 48

4.1.4.4 VARIABILITÀ

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi emerga un quadro deformativo verso il minimo, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Tabella 4-4. Variabilità della sezione tipo C2p.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 25 cm	spritz - beton: 25 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
24 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 8.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 20 – 8 = 12 m)	36 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 12.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 20 – 12 = 8 m)
34 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 8.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 20 – 8 = 12 m)	52 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 12.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 20 – 12 = 8 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 23 di 48

4.1.5 Sezione tipo Camerone di sosta e manovra

4.1.5.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione del Camerone (sezione massima) prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e un rivestimento provvisorio anche in arco rovescio (centina puntone). Può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

4.1.5.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n°4 (2 + 2) drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 30.0 m con sovrapposizione minima di 10 m;
- precontenimento del fronte realizzato mediante 41 elementi strutturali in VTR, L = 20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 111 elementi strutturali in VTR. L = variabile con (sovrapposizione variabile), cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al piede centina realizzato mediante 6+6 elementi strutturali in VTR L = variabile m, cementati in foro con miscele espansive.
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 0,8 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 7,8 m;
- rivestimento provvisorio al contorno e in arco rovescio (ad ogni sfondo) composto centina singola HEB300 con passo 0,8m e spritz-betòn al contorno dello spessore di 5 cm (1° strato) + 30 cm (2° strato).
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10 su ogni sfondo – sp. 15cm fine campo
- arco rovescio (spessore 1,6 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,5 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri

4.1.5.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- posa in opera di drenaggio in avanzamento (eventuale)
- esecuzione precontenimento al fronte con elementi in VTR cementati
- esecuzione precontenimento al contorno e al piede centina con elementi in VTR cementati
- scavo a piena sezione del singolo sfondo di 1 m sagomando il fronte a forma concava e protetto con uno strato di spritz-beton fibrorinforzato;
- rivestimento provvisorio al contorno e in arco rovescio costituito da centine metalliche e spritz-betòn
- ripetizione delle fasi "4", e "5" e per l'intero campo d'avanzamento
- posa in opera dell'impermeabilizzazione in arco rovescio e murette
- getto di arco rovescio e murette
- posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta
- getto calotta

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 24 di 48

4.1.5.4 VARIABILITÀ

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzino un quadro deformativo verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi emerga un quadro deformativo verso il minimo, l'intensità degli interventi deve essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Tabella 4-5. Variabilità della sezione tipo Camerone di sosta e manovra.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 35 cm	spritz - beton: 35 cm
Passo centine: 0.8 m	Passo centine: 0.8 m
33 barre in VTR al fronte	49 barre in VTR al fronte
88 barre in VTR al contorno	133 barre in VTR al contorno
6+6 barre in VTR al piede centina	6+6 barre in VTR al piede centina

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 25 di 48

5 OBIETTIVI DEL PIANO DI MONITORAGGIO

Per poter acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative ai fini progettuali e valutare l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione, si definisce nel seguito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che consenta il controllo del comportamento tenso-deformativo dell'ammasso roccioso e delle strutture durante la costruzione delle opere previste.

Il monitoraggio ed i controlli hanno la funzione di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico, durante la costruzione, tra le stesse previsioni e le prestazioni/comportamento dell'ammasso roccioso nel quale si inseriscono le opere e del rivestimento tanto di prima fase che definitivo;
- assicurare che le opere esplicino le loro funzioni risultando idonee all'esercizio, resistenti e stabili senza riduzioni significative della loro integrità o la necessità di manutenzioni o interventi integrativi non previsti;

I dati forniti dal sistema di monitoraggio rappresentano, dunque, lo strumento principale per la verifica delle ipotesi progettuali e degli interventi di stabilizzazione messi in atto per risolvere le problematiche statiche sia del fronte che dello scavo della galleria. È perciò molto importante per la riuscita della progettazione e della costruzione dell'opera definire un piano di monitoraggio dove venga curato ogni particolare.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 26 di 48

6 SISTEMA DI MONITORAGGIO

6.1 PREMESSA

Il sistema di monitoraggio previsto per la realizzazione delle opere in esame è strutturato per controllare il comportamento dell'ammasso roccioso negli scavi in sotterraneo e la loro influenza in superficie sulle pre-esistenze interferenti con le opere stesse.

Gli aspetti che hanno condizionato la predisposizione del sistema di monitoraggio sono stati:

- gli obiettivi definiti a cui il monitoraggio deve perseguire;
- la definizione delle sezioni strumentate e delle stazioni di misura;
- la precisione strumentale e la frequenza delle misurazioni;
- i tempi relativi alla restituzione dei dati;
- i costi di implementazione dell'intero sistema.

6.2 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il piano delle misure del sistema di monitoraggio previsto per la costruzione delle opere in esame è costituito da:

- Rilievi geologico-stratigrafici del fronte di scavo in galleria;
- Misure di estrusione del fronte con estensimetro incrementale in galleria;
- Misure di convergenza in galleria con sistema ottico;
- Misura delle deformazioni al contorno del cavo mediante estensimetri multibase;
- Misura della tensione nelle centine in galleria con strain gauges;
- Misura della sollecitazione nelle centine mediante celle di pressione e celle di carico;
- Misura della tensione nelle barre d'armatura del rivestimento definitivo con strain gauges;
- Misure dei cedimenti in superficie tramite interferenza radar.

6.3 FASI DI CONTROLLO E MISURA

Il monitoraggio delle opere verrà eseguito durante la fase di scavo e di realizzazione dei rivestimenti fino al termine dei lavori.

6.4 PIATTAFORMA DI MONITORAGGIO E CONDIVISIONE DATI

Tutte le misure e rilevazioni acquisite in sito verranno inviate attraverso una rete dati ad un database centralizzato della piattaforma di monitoraggio che ne permetterà l'archiviazione. I dati acquisiti, in base alla propria tipologia, potranno quindi essere confrontati con le relative misure "di zero" e con quelle dei cicli di misura precedenti, ed in base ai confronti eseguiti, verranno verificati il superamento o meno delle soglie di attenzione e di allarme

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 27 di 48

predefinite. In caso di superamento delle soglie di attenzione o allarme, il sistema dovrà provvedere in automatico ed in tempo reale ad inviare degli avvisi tramite SMS ed e-mail alle figure preposte.

La condivisione e consultazione di tutti i dati di monitoraggio avverrà in ambiente WebGis che consente la georeferenziazione dei punti di misura. I dati di monitoraggio, opportunamente elaborati per l'interpretazione ingegneristica ed in base alla tipologia dei dati stessi, saranno sempre consultabili in tempo reale in diversi formati grafici e numerici attraverso normali web browser e su differenti supporti informatici (PC, tablet e smatphone).

6.4.1 Piattaforma di monitoraggio

Una specifica piattaforma di monitoraggio web-based verrà utilizzata per l'archiviazione, la validazione e la gestione di tutti i dati di monitoraggio raccolti. La piattaforma deve gestire ed integrare in un unico ambiente tutte le misure e rilevamenti provenienti dai vari sistemi e sensori installati, materializzando un archivio real-time di tutti i dati acquisiti, della relativa elaborazione, restituzione e rappresentazione grafica predefinita.

Attraverso appositi algoritmi di calcolo la piattaforma dovrà essere in grado di procedere ad una validazione strumentale e funzionale dei dati acquisiti e procedere quindi alla relativa pubblicazione, alla ripetizione della misura o alla segnalazione di un'anomalia.

La piattaforma di monitoraggio provvederà inoltre al trasferimento delle informazioni significative alla piattaforma di condivisione in ambiente WebGis.

La piattaforma dovrà essere in grado di gestire i dati acquisiti da ogni tipo di sensore, sia attraverso moduli dedicati all'acquisizione delle misure automatiche che ai rilievi manuali.

I dati acquisiti saranno archiviati su un server fisico protetto, in un database mySQL dall'architettura stabile e funzionale, e verranno resi immediatamente disponibili per l'elaborazione e la visualizzazione web.

La gestione dei dati acquisiti in modalità automatica sarà operata da appositi moduli che consentiranno di importare qualsiasi tipologia e/o formato di file trasmesso dalle unità in sito. Attraverso funzioni di auto-diagnostica del sistema, la piattaforma di monitoraggio, oltre alla ricezione dei dati acquisiti, eseguirà un controllo qualitativo e funzionale sull'operatività ed il funzionamento dei sistemi on site, sia per la validazione sia per segnalare eventuali anomalie attraverso allarmi di stato. In tal modo l'operatore addetto al monitoraggio avrà un controllo continuo e in tempo reale non solo sui dati acquisiti ma anche sul corretto funzionamento di tutto il sistema installato, potendo intervenire in maniera precisa e sistematica in caso di eventuali malfunzionamenti o anomalie. In tal modo si annulla la probabilità di avere lacune di acquisizione dati per avaria degli strumenti che possono risultare rischiose in presenza di fenomeni deformativi caratterizzati da non trascurabili velocità di sviluppo.

Eventuali misure e rilievi acquisiti manualmente saranno inseriti in piattaforma attraverso un applicativo browser configurato per l'upload dei rilievi, con interfaccia standard di trasferimento e utilizzo per tutti gli operatori in campo. L'Applicativo potrà essere utilizzato direttamente sul campo con un tablet o un notebook accedendo direttamente alla piattaforma tramite username e password. I dati inseriti verranno esportati immediatamente in un formato idoneo all'archiviazione, inviati in tempo reale e resi istantaneamente visualizzabili in piattaforma. Inoltre, potrà fungere da repository di documenti (documentazione di progetto e di cantiere), report e tutto quanto utile alla gestione del monitoraggio.

La piattaforma sarà in grado di inviare e ricevere i dati contenuti nel proprio archivio database da/a server utilizzando protocolli di comunicazione specifici, consentendo in tal modo sia l'implementazione del sistema con dati provenienti da fonti esterne (funzioni di import; es. valore progressiva di avanzamento, parametri e livelli macchina) sia di alimentare in modo continuativo gli archivi ed i database di sistemi esterni, come il sistema di condivisione in ambiente WebGIS.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 28 di 48

6.4.2 Sistema di condivisione dati mediante piattaforma WebGis

La piattaforma di condivisione dati sarà consultabile, accessibile via web, e aggiornata in tempo reale 24/7/365.

L'accesso alla piattaforma avverrà tramite comuni browser web, da qualsiasi device di normale utilizzo (pc, tablet, smartphone), attraverso autenticazione con user e password. La piattaforma dovrà consentire di gestire abilitazioni personalizzate per ogni utente, consentendo una visualizzazione diversificata delle informazioni.

La restituzione delle misure dovrà essere fruibile in maniera rapida ed intuitiva, via web e in ambiente georeferenziato, dai diversi utenti interessati, i quali potranno avere differenti livelli autorizzativi di accesso alle informazioni.

La piattaforma di condivisione accoglierà in tempo reale ed in ambiente georeferenziato 3D non solo i dati derivanti dal monitoraggio, ma anche tutte le informazioni relative all'andamento dei lavori e le scelte progettuali effettuate in corso d'opera, in modo da fornire una adeguata contestualizzazione ed un quadro completo e continuo delle informazioni a disposizione degli utenti. In questo modo agli utenti interessati verrà fornita una completa fruibilità di tutte le informazioni disponibili per una chiara comprensione ed interpretazione dei fenomeni in atto in relazione all'esecuzione dei lavori.

La piattaforma di condivisione dati sarà predisposta per permettere l'archiviazione strutturata e sistematica dei dati di monitoraggio e di as-built geologico e costruttivo in un unico ambiente.

La piattaforma di condivisione avrà delle apposite schermate in cui saranno visualizzati i punti di misura georeferenziati ed altre informazioni relative all'esecuzione dei lavori, saranno inoltre presenti appositi filtri con i quali sarà possibile e più immediato identificare i dati di interesse. I dati appositamente elaborati potranno essere visualizzati in appositi grafici sui quali saranno anche visualizzate le soglie di attenzione e allarme relative alla misura.

Per un'esperienza di lettura e visualizzazione dei dati di monitoraggio più realistica, il sistema di monitoraggio dovrà essere integrato in ambiente BIM, includendo la dimensione temporale dei dati registrati, il relativo modello BIM dovrà quindi poter essere integrato nella piattaforma WebGis.

La piattaforma consentirà l'esportazione dei dati sia in formato grafico (.pdf, .jpg, .png, .svg,) che tabellare (.csv, .xls), nonché la stampa diretta.

6.5 VALORI ATTESI DELLE MISURE E AZIONI CORRETTIVE

Nei capitoli successivi si riportano i valori attesi degli spostamenti, che derivano dai calcoli di dimensionamento delle opere. Questi valori vanno confrontati con le misure effettuate in sito durante la realizzazione delle opere.

Dallo studio dei dati, anche confrontando le misure provenienti da diversi strumenti, si ha la rappresentazione di quanto accade nella realtà, in concomitanza con l'esecuzione degli scavi.

Il manifestarsi di eventuali spostamenti anomali può essere dovuto ad una condizione non rispondente alle ipotesi progettuali effettuate, sia in termini del comportamento dell'ammasso roccioso che delle opere costruite. Tale eventualità porta generalmente ad intensificare le frequenze di lettura degli strumenti che hanno rilevato l'anomalia, e nel caso, ad integrare il sistema installando ulteriore strumentazione.

Ove risulti necessario, si applicano inoltre le azioni correttive per rientrare in condizioni di normalità, che consistono nell'applicare la variabilità degli interventi (consolidamenti al fronte, passo delle centine per la sezione cilindrica, prevedere il getto dell'arco rovescio ravvicinato al fronte di scavo, ecc.) come previsto negli elaborati specifici e descritto nelle "Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo".

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	M-INGEGNERIA		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 29 di 48

7 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

7.1 MIRE OTTICHE

Le mire ottiche per il monitoraggio dovranno essere dei target riflettenti con croce di mira delle dimensioni minime di 50x50 mm. I target potranno essere montati su un supporto plastico ancorato alla struttura mediante un tassello o barra metallica filettata inghisata, oppure potranno essere di tipo adesivo ed applicati direttamente sulla struttura da monitorare.

Le misure dovranno essere eseguite con stazioni totali automatiche con precisione delle letture angolari a norma ISO 17123-3 di 1.5 cc e precisione di misura delle distanze a norma ISO 17123-4 di 1 mm + 1 ppm, e provviste di regolare certificato di calibrazione.



Figura 7-1: Esempio di target topografico riflettente su supporto in plastica

Le mire ottiche dovranno essere installate prima dell'esecuzione dei relativi scavi da monitorare e dovrà essere eseguita una lettura di zero subito dopo l'installazione. Sui fabbricati da monitorare l'installazione delle mire dovrà essere effettuata prima dell'inizio dei lavori e in concomitanza con l'esecuzione dello stato di consistenza del fabbricato stesso, mentre sulle opere di contenimento le mire dovranno essere installate una volta ultimata la parte di struttura sulla quale devono essere posizionate, prima dell'ulteriore approfondimento degli scavi. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

7.2 CAPISALDI TOPOGRAFICI

I capisaldi topografici per il monitoraggio dovranno essere costituiti da una vite in acciaio inox, con testa sferica del diametro di 10 mm e della lunghezza di 400 mm, o prolungata tramite una barra metallica filettata, inserita all'interno di un foro del diametro di 100 mm e profondità di 400 mm riempito con boiaccia cementizia. Sulla testa della vite dovrà essere presente un'apposita scalfittura per le operazioni di misurazione. In Figura 7-2 è riportato uno schema dei capisaldi topografici.

Le misure dovranno essere eseguite con strumentazione avente le caratteristiche del punto precedente ed utilizzando una palina topografica dotata di miniprisma, o posizionando dei cavalletti topografici sui punti di lettura.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 30 di 48

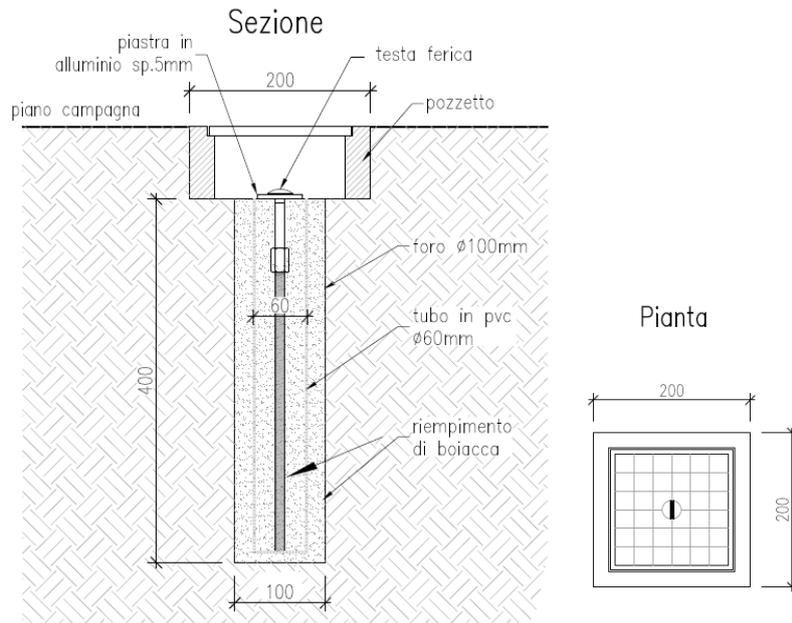


Figura 7-2: Capisaldi topografici per il monitoraggio

I capisaldi topografici e la relativa lettura di zero dovranno essere realizzati prima dell'inizio degli scavi da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla realizzazione del caposaldo, in modo da escludere eventuali assestamenti. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

7.3 CELLE DI CARICO/PRESSIONE

Le celle di carico per il monitoraggio della forza nelle centine dovranno essere posizionate al piede ed in corrispondenza delle giunzioni delle centine. Le celle dovranno essere elettriche con trasduttore di tipo resistivo, dovranno avere un fondo scala di almeno 3000 kN e una sensibilità di almeno 0.06% del fondo scala. Le celle di carico dovranno essere leggibili manualmente con apposita strumentazione di lettura. La lettura di zero dovrà essere eseguita successivamente all'installazione della centina, prima dell'esecuzione di ulteriori avanzamenti.

7.4 PIEZOMETRO A TUBO APERTO

Il piezometro a tubo aperto sarà posizionato appena a tergo delle paratie per il controllo del livello della falda e sarà costituito da:

- una cella filtrante (o tubi fessurati ricoperti di tessuto non tessuto);
- tubi lunghi 3m;
- manicotti;
- chiusino di protezione.

Il foro di sondaggio viene riempito attorno al tubo con sabbia e/o ghiaietto in modo da permettere l'ingresso dell'acqua nel tubo attraverso il filtro.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA - ORSARA AV	<u>Soci</u> WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 31 di 48

L'installazione è prevista in un foro di perforazione realizzato mediante sondaggio a carotaggio continuo o a distruzione. Si consiglia sempre la stabilizzazione delle pareti con una tubazione di rivestimento provvisoria, di diametro interno non inferiore a 85mm, mentre è da evitare l'utilizzo di fanghi. Per la stabilizzazione del fondo foro, in assenza di falde artesiane, si dovrà mantenere il livello dell'acqua dentro la perforazione un poco al di sopra del livello piezometrico nel terreno.

L'installazione dei piezometri e la relativa lettura di zero devono essere effettuati prima dell'inizio dei lavori di scavo da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla completa realizzazione del piezometro, in modo da escludere eventuali assestamenti.

7.5 STRAIN GAUGES

Le barrette estensimetriche dovranno essere di tipo a corda vibrante o resistivo, dovranno essere saldate direttamente sulle centine in corrispondenza delle ali o sulle barre di armatura ed annegate nel getto di calcestruzzo. Il fondo scala dovrà essere di almeno 3000 µε e la sensibilità di almeno lo 0.5% del fondo scala.

7.6 ESTENSIMETRI MULTIBASE

L'installazione degli estensimetri multibase dovrà avvenire in fori appositamente realizzati, la cementazione della strumentazione in foro dovrà essere realizzata secondo le indicazioni del produttore della strumentazione. La lettura di zero dovrà essere effettuata prima dell'inizio dei successivi lavori di scavo. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 12 ore dalla completa installazione della strumentazione, o secondo le indicazioni del produttore della strumentazione, in modo da escludere eventuali assestamenti. Gli strumenti dovranno essere dotati di appositi trasduttori di spostamento elettrici, il range di misurazione dovrà essere di almeno 100 mm con una risoluzione di almeno 0.05 mm.

7.7 ESTENSIMETRO INCREMENTALE

L'estensimetro incrementale per le misure di estrusione del fronte dovrà permettere letture di spostamento, tra gli anelli magnetici di cui è attrezzato il tubo installato al fronte di scavo, fino ad almeno 40 mm di spostamento relativo tra due anelli magnetici con una precisione tra i 0.003 ed i 0.02 mm/m. Le basi di misura dovranno essere posizionate a distanza di un metro lungo il tubo di misura.

La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 12 ore dalla completa installazione (compresa cementazione lungo l'intera lunghezza) del tubo di misura e prima dell'inizio delle successive attività di scavo.

7.8 INCLINOMETRI

Le misure dovranno essere eseguite all'interno di appositi tubi scanalati del diametro interno di 60 mm e cementati lungo l'intera lunghezza. Le misure dovranno essere eseguite ad ogni metro di profondità attraverso una sonda inclinometrica biassiale centrata nella tubazione attraverso una coppia di rotelle di guida. Il range di misura della sonda deve essere di almeno +/- 20° e la sensibilità delle misure di almeno lo 0.05% del fondo scala.

L'installazione degli inclinometri e la relativa lettura di zero devono essere effettuati prima dell'inizio dei lavori di scavo da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla completa realizzazione del tubo inclinometrico, in modo da escludere eventuali assestamenti.

I tubi inclinometrici dovranno essere posizionati come indicato nello specifico elaborato.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 32 di 48

8 MONITORAGGIO DEL FRONTE DI SCAVO

Per il monitoraggio del fronte di scavo in corso d'opera verranno eseguiti rilievi geologico-stratigrafici e dove previsto misure di estrusione con estensimetro incrementale.

I rilievi del fronte di scavo e le misure di estrusione permetteranno di acquisire dati relativi alle reali caratteristiche geologiche e geotecniche del fronte, in base alle quali verrà confermata oppure ridefinita la sezione tipo da applicare nel corso dell'avanzamento.

8.1 RILIEVO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO DEL FRONTE DI SCAVO

Tali rilievi consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologico-strutturali del fronte di scavo (e della porzione visibile dei paramenti e della calotta) durante l'avanzamento. Si distingueranno:

- Rilievi di tipo speditivo.
- Rilievi di dettaglio.

Tipologia di rilievo	Quantità e ubicazione
Rilievo speditivo	Ad ogni avanzamento per ogni tipologia di scavo o come definito con la Direzione Lavori
Rilievo di dettaglio	Ad ogni campo di avanzamento Su richiesta o come definito con la Direzione Lavori

Tabella 8-1. Quantità e ubicazione rilievo geologico-stratigrafico del fronte di scavo

Tali rilievi dovranno essere eseguiti al fronte di tutte le opere le previste.

Nell'ottica di un processo automatizzato di raccolta dei dati, i rilievi al fronte saranno gestiti attraverso l'impiego di una mobile app che permetterà di acquisire foto georeferenziate del fronte 3D, mappare le osservazioni principali direttamente su una fotografia del fronte, il tutto in situ contestualmente al rilievo. Tutti i dati verranno acquisiti e quindi sincronizzati in modalità wireless e inviati alla piattaforma di condivisione dati, dove saranno disponibili per successive analisi ed elaborazioni.

8.1.1 Rilievi di tipo speditivo

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto, anche per mezzo di fotografie e schizzi, fornendo informazioni sulla litologia dell'ammasso roccioso e la sua stratificazione, con una stima del grado di fratturazione e della resistenza a compressione della roccia intatta, l'indicazione dell'eventuale presenza di acqua al fronte e lungo il cavo ed una descrizione generale del comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo.

8.1.2 Rilievi di dettaglio

Con questo tipo di rilievi devono essere descritte nel dettaglio le caratteristiche litologico-strutturali incontrate al fronte. Dovranno essere indicati: nome della formazione, litologia predominante, colore, caratteristiche osservabili alla scala macroscopica, stato d'alterazione, grado di fratturazione e indicazione delle principali famiglie di discontinuità, valutazione della resistenza a compressione della roccia intatta (esecuzione di point load test). Devono inoltre essere riportate informazioni riguardanti le condizioni idrogeologiche (stima delle venute d'acqua al fronte e lungo il cavo della galleria), gli eventuali fenomeni d'instabilità, con indicazione dei cinematismi e una valutazione del volume roccioso coinvolto. Infine, dovrà essere descritta la cadenza delle fasi lavorative (distanza dal fronte del rivestimento di prima fase e dei rivestimenti definitivi, arco rovescio e calotta) ed inserite delle note sulle lavorazioni eseguite o in corso di esecuzione (imprevisti, variazioni operative, ecc.).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 33 di 48

8.1.3 Frequenza dei rilievi

Si prevede l'esecuzione di rilievi di tipo speditivo circa ad ogni avanzamento, i rilievi di dettaglio dovranno essere eseguiti almeno uno per ogni campo di avanzamento.

8.1.4 Documentazione

I dati elaborati per ciascun rilievo speditivo o di dettaglio, eseguito al fronte di scavo, vanno forniti alla Direzione Lavori, secondo un formato concordato. I risultati parziali dei rilievi saranno disponibili già in tempo reale durante l'esecuzione degli stessi, grazie all'utilizzo di apposite applicazioni e disponibili sulla piattaforma di condivisione. L'eventuale completamento dei rilievi verrà eseguito entro la giornata in cui il rilievo stesso è eseguito.

I rilievi dovranno essere materialmente eseguiti da uno o più geologi dotati di specifico addestramento ed esperienza.

La documentazione prodotta comprenderà:

- fotografie del fronte;
- progressiva del fronte a cui è stato eseguito il rilievo;
- tabelle con i dati rilevati;
- Relazione geologica descrittiva del sito di rilievo, inclusiva di tutti gli elementi necessari ad inquadrare e comprendere i risultati del rilievo stesso, delle note esplicative descrittive del rilevatore.

8.2 SONDAGGI IN AVANZAMENTO

Le perforazioni eseguite in corrispondenza del fronte di scavo, necessarie per l'eventuale consolidamento del fronte o per l'installazione di strumentazione quali estrusometri, dovranno essere eseguite con registrazione dei parametri di perforazione (Diagrafia Automatica Continua) in funzione della profondità, quali coppia di rotazione delle aste, velocità di perforazione, velocità di rotazione delle aste, forza di spinta, ecc.

I parametri di perforazione dovranno essere restituiti in appositi grafici in funzione della profondità di perforazione corredati da una nota geologica relativa al materiale di perforazione estratto.

La documentazione prodotta verrà archiviata e condivisa sulla piattaforma di condivisione dati entro le 24 ore dall'esecuzione della registrazione.

8.3 MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE

Con le misure di estrusione del fronte, da eseguire con estensimetro incrementale, è possibile controllare le deformazioni del terreno al fronte durante lo scavo della galleria. Queste misure, che consentono di rilevare gli spostamenti del fronte in asse alla galleria, vengono effettuate all'interno di un tubo in PVC, inserito in un foro di sondaggio orizzontale della lunghezza di 35 m, munito di appositi ancoraggi anulari a distanza di 1 m l'uno dall'altro, resi solidali al terreno circostante tramite un'iniezione di malta espansiva (acqua, cemento, bentonite, opalite). Le misure delle variazioni di distanza tra le coppie di ancoraggi adiacenti vengono effettuate mediante una sonda della lunghezza pari a 1.0 m, la cui precisione varia tra i 0.003 ed i 0.02 mm/m.

Le misure di estrusione del fronte sono previste nei tratti di applicazione della sezione tipologica B1, B* e C2 con l'installazione di un estrusimetro ogni due campi di scavo e per la sezione tipo C2p con l'installazione di un estrusimetro ogni campo. La sovrapposizione tra due estrusimetri incrementali successivi dovrà essere di almeno 15 metri.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 34 di 48

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Estensimetro incrementale al fronte	Ogni due campi per le sezioni tipo B2, B2* e C2 Ogni campo per la sezione tipo C2p e Camerone di sosta e manovra	1 lettura/giorno durante gli scavi
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

Tabella 8-2. Quantità e frequenze delle misure di estrusione

8.3.1 Frequenza dei rilievi

In relazione alla frequenza di lettura dello strumento, attesa la maturazione dell'iniezione, si procederà alla lettura di riferimento (lettura di zero) prima della ripresa dell'avanzamento. Le successive letture vanno effettuate una volta al giorno o comunque al termine di ogni sfondo eseguito.

8.3.2 Documentazione

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei dati concernenti gli spostamenti relativi di ciascuna coppia di ancoraggi adiacenti in funzione della profondità dal fronte (grafico degli spostamenti differenziali) e la sommatoria degli spostamenti differenziali (spostamenti integrati o cumulativi), rispetto alla base più profonda che viene considerata fissa.

I risultati dovranno essere aggiornati e resi disponibili sulla piattaforma di condivisione entro un massimo di 4 ore dall'esecuzione della misura.

8.3.3 Valori di soglia

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi all'estrusione del fronte per le varie sezioni tipo:

Sezione tipo	Estrusione del fronte	
	Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
B2	2	3
B2*	2	3
C2	3	4
C2p	4	5
Camerone di sosta e manovra	4	5

Tabella 8-3. Soglie di attenzione ed allarme per le estrusioni al fronte

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 35 di 48

9 MONITORAGGIO INTERNO ALLA GALLERIA

Per il monitoraggio interno alla galleria sono state previste sia misure di convergenza con sistema ottico del rivestimento di prima fase, sia misure di tensione con estensimetri posizionati sulle centine e nel rivestimento definitivo (eventuali).

9.1 MISURE DI CONVERGENZA CON SISTEMA OTTICO

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale all'asse della galleria. Gli spostamenti tridimensionali verranno misurati in direzione verticale ed orizzontale, in 5 punti per ogni stazione di misura della finestra, posizionati come indicato negli appositi elaborati grafici ed attrezzati con mire ottiche (riflettori) rilevabili mediante strumenti topografici di precisione, quali teodolite a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettono l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con un errore minore ad 1 mm per distanze fino ad 80 m in condizioni di normale visibilità in galleria. I riflettori, costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri, verranno montati su normali bulloni di convergenza della lunghezza di almeno 50 cm cementati nel rivestimento di prima fase, installati ad una distanza minima dal fronte di scavo (entro i 50 cm), allo scopo di registrare per intero i valori deformativi del rivestimento di prima fase, in seguito alla sua messa in opera. La lettura di zero dovrà quindi essere effettuata contestualmente all'installazione delle mire topografiche.

Queste misure permetteranno una verifica delle ipotesi di progetto e della risposta dell'ammasso roccioso allo scavo, consentendo una taratura ed una ottimizzazione degli interventi e delle modalità esecutive da applicare nell'ambito della sezione tipo prevista, in accordo al documento "Linee Guida per l'applicazione delle sezioni tipo".

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza di lettura *
Stazione di misura attrezzata con mire ottiche per la misurazione delle convergenze. Misurazione eseguita con strumenti topografici di precisione.	Stazioni di misura composte da 5 mire ottiche; In particolare, dovrà essere installata: Una stazione di misura ogni 10 metri circa ad ogni fine campo di avanzamento per l'applicazione delle sezioni tipo B2, B2*, C2 e C2p e Camerone di sosta e manovra;	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura/giorno con spostamenti ≥ 1 mm/g o almeno fino al raggiungimento di una distanza della sezione di circa 2 diametri dal fronte di scavo • 1 lettura/settimana con spostamenti compresi tra 0.2 mm/g ed 1 mm/g • 1 lettura/mese con spostamenti < 0.2 mm/g e comunque fino alla posa dell'impermeabilizzazione e realizzazione del rivestimento definitivo
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

Tabella 9-1. Quantità e frequenza delle misure di convergenza

9.1.1 Frequenza delle stazioni e dei rilevamenti

Per la finestra F1, ogni stazione di misura delle convergenze è composta da 5 mire ottiche (riflettori), posizionate in chiave di calotta, sulle reni e sui piedritti.

Per l'applicazione sia delle differenti sezioni tipo della finestra costruttiva, B2, B2*, C2 e C2p, che della sezione del Camerone di sosta e manovra, è prevista una stazione di misura ogni fine campo di avanzamento, ogni 10 m circa.

Le misure verranno effettuate con le seguenti cadenze: giornalmente per sezioni ove si verificano spostamenti delle mire ≥ 1 mm/g. La prima lettura ("zero") viene effettuata subito dopo l'installazione delle mire in corrispondenza del fronte di scavo. Se lo spostamento varia tra 0.2 mm/g ed 1 mm/g le misure verranno eseguite settimanalmente mentre se lo spostamento è inferiore a 0.2 mm/g si effettueranno dei rilievi mensili. Le misure dovranno protrarsi fino alla stabilizzazione della sezione e non dovranno essere interrotte prima della messa in opera dell'impermeabilizzazione e del rivestimento definitivo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGGIO D 36 di 48

9.1.2 Sistema di acquisizione e di restituzione dei dati

La misurazione della posizione dei punti di mira verrà effettuata con un teodolite a registrazione automatica eventualmente collegato con un terminale. La posizione del teodolite prima della misura dovrà essere determinata rispetto ad almeno tre punti fissi predefiniti distanti non più di 80 m dal punto di stazione dello strumento. La misura deve permettere di risalire alle coordinate spaziali delle mire con una tolleranza di 1 mm.

I dati rilevati opportunamente elaborati dovranno essere resti disponibili anche in formato elettronico su foglio di calcolo (in formato leggibile, es.: *.xls).

9.1.3 Documentazione

L'esecuzione e la restituzione delle misure di convergenza richiede l'impiego continuativo di un topografo esperto e di un coadiutore. I dati elaborati per ciascuna stazione di convergenza verranno aggiornati sulla piattaforma di condivisione e resi disponibili alla Direzioni Lavori e al Progettista entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo.

I risultati verranno visualizzati, per ogni sezione di misura, come:

- vettore spostamento di ogni mira in funzione del tempo con indicazioni delle lavorazioni effettuate in galleria;
- vettore spostamento di ogni mira in funzione della distanza dal fronte di scavo con indicazioni delle lavorazioni effettuate in galleria;
- spostamenti nel piano della sezione di misura (deformata) con indicazione del profilo teorico;
- componenti x, y, z di ogni mira in funzione del tempo con indicazioni delle lavorazioni effettuate in galleria;
- componenti x, y, z di ogni mira in funzione della distanza dal fronte di scavo con indicazioni delle lavorazioni effettuate in galleria.

9.1.4 Valori di soglia

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi alla convergenza diametrale per le varie sezioni tipo:

Sezione tipo	Convergenza diametrale	
	Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
B2	4	5
B2*	4	5
C2	5	6
C2p	6	8
Camerone di sosta e manovra	6	8

Tabella 9-2. Soglie di attenzione ed allarme per le convergenze diametrali

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGGIO D 37 di 48

9.2 MISURE DELLA DEFORMAZIONE AL CONTORNO DEL CAVO CON ESTENSIMETRI MULTIBASE

Al contorno del cavo, disposti radialmente in corrispondenza delle reni e della chiave di calotta delle gallerie è prevista l'installazione di estensimetri multibase. Gli estensimetri dovranno essere dotati di 3 basi di misura rispettivamente alle profondità di 4, 8 e 12 metri.

La strumentazione in foro si posiziona in due sezioni lungo la finestra F1 da stabilire in corso d'opera in base alle condizioni effettivamente riscontrate.

L'installazione della strumentazione dovrà necessariamente avvenire il più possibile a ridosso del fronte. Le letture verranno eseguite in modo automatico con frequenza oraria fino all'installazione dell'impermeabilizzazione e alla realizzazione dei rivestimenti definitivi.

Nella seguente tabella sono riassunte le quantità della strumentazione da installare e le frequenze di lettura.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura
Estensimetri multibase	3 estensimetri multibase, a tre basi di misura (a 4, 8 e 12 m), installati per ogni sezione di misura	• 1 lettura/ora (letture automatiche) fino all'installazione del rivestimento definitivo;

Tabella 9-3. Strumentazione installata e frequenze di misura degli estensimetri a barre multibase

9.2.1 Documentazione

I risultati dovranno essere aggiornati in tempo reale e disponibili sulla piattaforma di condivisione dal momento dell'installazione della strumentazione fino all'installazione dell'impermeabilizzazione e del rivestimento definitivo, o come convenuto con la Direzione Lavori, e dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- Il grafico con l'andamento degli spostamenti per ogni base di misura in funzione del tempo e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- Il grafico con l'andamento degli spostamenti per ogni base di misura in funzione della distanza dal fronte della sezione e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;

9.2.2 Valori di soglia

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi ai massimi spostamenti misurati dagli estensimetri:

Sezione tipo	Spostamento totale	
	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
B2	2	4
B2*	5	7
C2	4	6
C2p	4	6
Camerone di sosta e manovra	5	8

Tabella 9-4. Soglie di attenzione ed allarme per gli spostamenti totali del cavo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 38 di 48

9.3 MONITORAGGIO DELLE TENSIONI DEI RIVESTIMENTI

In fase di scavo è prevista la misura delle tensioni sul rivestimento provvisorio e delle armature del rivestimento definitivo fino alla fine dei lavori.

9.3.1 Misure del comportamento tenso-deformativo dei rivestimenti con strain gauges

Lo stato tenso-deformativo dei rivestimenti e la sua evoluzione nel tempo dovrà essere misurato con strain gauges (di tipo resistivo o a corda vibrante) collegati ad una centralina di misura. Le misurazioni dovranno essere eseguite in automatico secondo le frequenze indicate nella seguente tabella o come definito dalla Direzione Lavori.

Nel tratto della finestra costruttiva F1, le sezioni strumentate dovranno essere costituite da 5 coppie di strumenti posizionati sulle centine in corrispondenza della chiave di calotta, delle reni e dei piedritti, e di 8 coppie di strumenti posizionati sulle armature del rivestimento definitivo in chiave di calotta, reni, piedritti e arco rovescio.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Strain gauges a corda vibrante sulle centine	5 coppie per sezione di misura nella finestra F1	letture automatiche, 1lett/ora negli scavi fino alla posa del rivestimento definitivo
Strain gauges di tipo resistivo sulle armature del rivestimento definitivo	8 coppie per sezione di misura nella finestra F1	letture automatiche 1lett/giorno fino al termine dei lavori. In assenza di variazioni la frequenza verrà opportunamente diminuita
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

Tabella 9-5. Quantità e frequenze estensimetri a corda vibrante

9.3.1.1 DOCUMENTAZIONE

I risultati dovranno essere aggiornati in tempo reale e disponibili sulla piattaforma di condivisione dal momento dell'installazione della strumentazione fino all'installazione dell'impermeabilizzazione e del rivestimento definitivo, o come convenuto con la Direzione Lavori, e dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- Il grafico con l'andamento delle tensioni nei rivestimenti in funzione del tempo e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- Il grafico con l'andamento delle tensioni nei rivestimenti in funzione della distanza dal fronte della sezione e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;

9.3.1.2 VALORI DI SOGLIA

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi alle deformazioni misurate sulle centine e sulle armature del rivestimento definitivo:

Deformazione centine	
Soglia di attenzione [$\mu\epsilon$]	Soglia di allarme [$\mu\epsilon$]
1250	1600

Tabella 9-6. Soglie di attenzione ed allarme per le deformazioni delle centine

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 39 di 48

Deformazione armature rivestimento definitivo	
Soglia di attenzione [$\mu\epsilon$]	Soglia di allarme [$\mu\epsilon$]
1400	1900

Tabella 9-7. Soglie di attenzione ed allarme per le deformazioni delle armature del rivestimento definitivo

9.3.2 Misure delle sollecitazioni nelle centine del rivestimento di prima fase con celle di pressione e celle di carico

Le sollecitazioni nelle centine del rivestimento di prima fase, e la relativa evoluzione nel tempo, dovranno essere misurate con celle di pressione installate in corrispondenza delle giunzioni delle centine e con celle di carico posizionate al piede delle stesse.

Le misurazioni dovranno essere eseguite in automatico secondo le frequenze indicate nella seguente tabella o come definito dalla Direzione Lavori. Ogni sezione strumentata dovrà essere costituita da 3 celle di pressione posizionate in corrispondenza delle giunzioni delle centine alle reni e da 2 celle di carico posizionate al piede delle centine.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Celle di pressione	3 per ogni sezione di misura in corrispondenza della giunzione delle centine	letture automatiche, 1lett/ora durante gli scavi fino alla posa del rivestimento definitivo
Celle di carico	2 per ogni sezione di misura al piede delle centine	letture automatiche, 1lett/ora durante gli scavi fino alla posa del rivestimento definitivo

* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate

Tabella 9-8. Quantità e frequenze celle di pressione

9.3.2.1 DOCUMENTAZIONE

I risultati dovranno essere aggiornati in tempo reale e disponibili sulla piattaforma di condivisione dal momento dell'installazione della strumentazione fino all'installazione dell'impermeabilizzazione e del rivestimento definitivo, o come convenuto con la Direzione Lavori, e dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- Il grafico con l'andamento delle tensioni e dei carichi misurati in funzione del tempo e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- Il grafico con l'andamento delle tensioni e dei carichi misurati in funzione della distanza dal fronte della sezione e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 40 di 48

9.3.2.2 VALORI DI SOGLIA

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi alle pressioni misurate in corrispondenza delle giunzioni delle centine e ai carichi al piede delle stesse:

Pressione misurata nelle giunzioni delle centine	
Soglia di attenzione [MPa]	Soglia di allarme [MPa]
235	305

Tabella 9-9. Soglie di attenzione ed allarme per la pressione misurata nelle giunzioni delle centine

Carico al piede delle centine	
Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
1280	1650

Tabella 9-10. Soglie di attenzione ed allarme per il carico al piede delle centine

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 41 di 48

10 MONITORAGGIO ESTERNO ALLA GALLERIA

Per il monitoraggio esterno alla galleria e delle opere interferenti sono previste:

- sezioni di misura con capisaldi topografici;
- capisaldi di livellazione e mire ottiche installate sugli edifici prossimi alla galleria da monitorare;
- misure estenso-inclinometriche e piezometriche
- delle misure di monitoraggio dello spostamento della superficie con interferometria radar;

In superficie sono infatti localmente presenti delle preesistenze interferenti con l'opera in esame che possono potenzialmente venire influenzate da eventuali subsidenze generate in seguito agli scavi. L'influenza in superficie dello scavo delle opere rimane comunque limitato.

10.1 MISURE ESTENSO-INCLINOMETRICHE E PIEZOMETRICHE DALLA SUPERFICIE

Per il monitoraggio esterno alla galleria, in corrispondenza del sottoattraversamento della SS 90 "delle Puglie", sono state previste misure dalla superficie costituite da misure estenso-inclinometriche (tipo T-Shape) e piezometriche. La precisione delle misure con sonda inclinometrica non dovrà essere inferiore a 0.05 mm/m ($1/20.000 \sin \alpha$).

La strumentazione in foro si posiziona in corrispondenza del sottoattraversamento della SS 90 "delle Puglie" su una sezione trasversale a lato della sede stradale, e consiste in quanto di seguito riportato:

- per la misura degli spostamenti, nelle tre dimensioni, del terreno ai lati della galleria, si prevede l'installazione di 2 tubazioni estenso-inclinometriche. Le tubazioni verranno installate ad una distanza di circa 2 m a lato della galleria e avranno base posta fino a circa 5 m sotto la galleria. Gli strumenti sono costituiti da linee flessibili strumentate (tipo T-Shape), che s'inseriscono all'interno di tubi precedentemente cementati in foro.
- per il controllo del livello della falda si prevede l'installazione di un piezometro Casagrande, a lato della galleria di linea e tra la galleria ed il cunicolo di disconnessione fumi, che si estende fino alla profondità raggiunta dagli estenso-inclinometri.
- è inoltre prevista l'installazione di un assestometro della lunghezza di 15 metri da posizionarsi in asse alla galleria.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 42 di 48

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Estenso-inclinometri (tipo T-Shape)	2 strumenti, installati ai lati della galleria	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura/giorno dall'inizio degli scavi in corrispondenza dell'imbocco della galleria fino a che il fronte di scavo ha superato la sezione di misura di 20 m; • 1 lettura/settimana per il successivo mese; • 1 lettura/mese per i successivi tre mesi; • 1 lettura/3 mesi fino a fine lavori.
Assestometro verticale	1 strumento, installato in asse alla galleria	letture automatiche, 1lett/ora durante gli scavi fino alla posa del rivestimento definitivo (in seguito ridurre la frequenza se le misure risultano stabili)
Piezometri Casagrande	1 strumento, installato a lato della galleria	• 1 lettura/settimana fino al termine dei lavori

* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate

Tabella 10-1. Quantità e frequenze misure estenso-inclinometriche e piezometriche.

10.1.1 Frequenza delle misure

L'intera strumentazione prevista dovrà essere installata prima dell'inizio delle operazioni di scavo in corrispondenza dell'imbocco.

Per quanto riguarda gli estenso-inclinometri, la prima lettura ("lettura di zero") dovrà essere effettuata non prima di 10-14 giorni dall'installazione della tubazione. La frequenza delle misure successive dovrà essere giornaliera fino a quando il fronte non avrà superato di almeno 20 m la sezione relativa alla strumentazione installata. Una volta superata suddetta distanza, la frequenza potrà variare tra una lettura settimanale fino a letture trimestrali. Le misure si protrarranno fino alla messa in opera del rivestimento definitivo o comunque fino al completo esaurimento delle deformazioni.

Per quanto riguarda l'assestometro verticale, le letture dovranno essere automatizzate con una frequenza di una misura/ora durante gli scavi e si dovranno protrarre (eventualmente con una frequenza inferiore) fino almeno all'installazione del rivestimento definitivo.

Le misure piezometriche andranno effettuate ogni settimana fino al termine dei lavori.

Eventuali variazioni relativamente alla frequenza delle letture potranno essere richieste/concordate dalla Direzione Lavori.

10.1.2 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere, oltre alle informazioni di carattere generale (commessa, cantiere, ubicazione, data e nominativo operatore) e ai tabulati con le letture di campagna e le letture corrette, per ogni misura:

- valore dello scostamento dallo zero delle tre componenti x, y e z;
- grafico degli spostamenti verticali differenziali (componente z) in funzione della profondità;
- grafico della risultante degli spostamenti orizzontali (componenti x e y) per punti in funzione della profondità;
- grafico della sommatoria della risultante degli spostamenti orizzontali in funzione della profondità;
- grafico dell'azimut della risultante degli spostamenti orizzontali per punti in funzione della profondità;

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 43 di 48

- grafico dell'azimut della sommatoria della risultante degli spostamenti orizzontali in funzione della profondità;
- l'andamento del livello piezometrico in funzione del tempo.

10.1.3 Valori di soglia

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi alle deformazioni misurate dagli strumenti posizionati in superficie:

Spostamenti verticali	
Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
1	2

Tabella 10-2. Soglie di attenzione ed allarme per gli spostamenti verticali in superficie

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 44 di 48

10.2 MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DELLA SUPERFICIE

In corrispondenza di alcune sezioni trasversali, e prossime agli edifici interferenti presenti in superficie, è previsto il monitoraggio topografico superficiale su tre sezioni trasversali all'asse della galleria posizionate simmetricamente rispetto all'asse. Il monitoraggio ha lo scopo di valutare i cedimenti a piano campagna dovuti agli scavi e la relativa potenziale influenza sugli edifici esistenti.

I punti di misura si materializzano con capisaldi di livellazione posizionati a terra su pilastri di fondazione (dimensioni di 30x30 cm con altezza di 40 cm). Questi punti verranno rilevati tramite livellazione topografica a cadenza giornaliera a partire dall'inizio degli scavi in corrispondenza dell'imbocco e fino a stabilizzazione. I capisaldi si posizionano trasversalmente all'asse della galleria con un interasse di circa 10 m, e si estendono per una lunghezza di circa 40 m nella porzione al di sopra delle gallerie.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Capisaldi topografici di livellazione per il monitoraggio dei cedimenti a piano campagna	15 capisaldi di livellazione. Punti di misura posti su tre sezioni trasversali all'asse della galleria	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura/giorno dall'inizio degli scavi in corrispondenza dell'imbocco della galleria fino a che il fronte di scavo ha superato la sezione di misura di 20 m; • 1 lettura/settimana per il successivo mese; • 1 lettura/mese per i successivi tre mesi; • 1 lettura/3 mesi fino a fine lavori.
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

Tabella 10-3. Quantità e frequenze misure topografiche superficiali

10.2.1 Documentazione

I risultati delle misure dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- Il grafico dell'andamento dei cedimenti del terreno in funzione della distanza dall'asse della galleria;
- Il grafico con l'andamento dei cedimenti di ogni punto di misura in funzione del tempo;
- Il grafico con l'andamento dei cedimenti di ogni punto di misura in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo;

10.2.2 Valori di soglia dei cedimenti a piano campagna

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti misurati a piano campagna per le varie sezioni tipo previste:

Cedimento a piano campagna	
Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
1	2

Tabella 10-4. Soglie di attenzione ed allarme per i cedimenti a piano campagna

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGGIO D 45 di 48

10.3 MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI INTERFERENTI

Lungo il tracciato della galleria sono presenti 5 edifici interferenti con l'opera. Tali edifici verranno monitorati con la seguente strumentazione:

- Capisaldi di livellazione topografica;
- Mire ottiche di monitoraggio topografico;
- Fessurimetri meccanici tridirezionali.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Capisaldi topografici di livellazione	4 per ogni edificio (4 x 5 = 20) Posizionate in corrispondenza di ogni lato dell'edificio	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura/giorno con il fronte di scavo a distanza di 25 m dalla sezione trasversale in corrispondenza dell'edificio; • 1 lettura/settimana per il successivo mese; • 1 lettura/mese per i successivi tre mesi; • 1 lettura/3 mesi fino a fine lavori.
Mire ottiche topografiche	8 per ogni edificio (8 x 5 = 40) Posizionate in corrispondenza di ogni lato dell'edificio e su ogni piano	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura/giorno con il fronte di scavo a distanza di 25 m dalla sezione trasversale in corrispondenza dell'edificio; • 1 lettura/settimana per il successivo mese; • 1 lettura/mese per i successivi tre mesi; • 1 lettura/3 mesi fino a fine lavori.
Fessurimetri	2 per ogni edificio (2 x 5 = 10) Posizionati in corrispondenza di lesioni	Lecture automatiche (1 misura/giorno)

* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate

Tabella 10-5. Quantità e frequenze misure topografiche superficiali

10.3.1 Documentazione

I risultati delle misure dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- Il grafico dell'andamento dei cedimenti/spostamenti in funzione della posizione del fronte della galleria rispetto alla sezione trasversale in corrispondenza dell'edificio;
- Il grafico con l'andamento dei cedimenti/spostamenti di ogni punto di misura in funzione del tempo;
- Grafico dell'apertura delle fessure in funzione del tempo.

10.3.2 Valori di soglia degli spostamenti

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti misurati a piano campagna per le varie sezioni tipo previste:

Spostamenti	
Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
0.5	1

Tabella 10-6. Soglie di attenzione ed allarme per gli spostamenti misurati sugli edifici

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>46 di 48</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	46 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0200 001	D	46 di 48													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio																		

10.4 MONITORAGGIO DELLA SUPERFICIE CON INTERFEROMETRIA RADAR

In corrispondenza della zona di imbocco della finestra F1 è previsto un monitoraggio della superficie tramite interferometria satellitare e con rilievi laser scanner. In particolare, verrà utilizzata la tecnica di processamento dei dati SqueeSAR, che permette la misurazione degli spostamenti superficiali ed è impiegata per il controllo delle deformazioni potendo garantire una buona affidabilità delle misure, precisione ed applicazione a vaste aree anche difficilmente accessibili.

L'analisi interferometrica sarà effettuata su immagini satellitari acquisite in banda X, dalle costellazioni COSMO-SKYMED e/o TERRASAR X, con restituzione delle elaborazioni dei dati a cadenza mensile.

Tramite le misurazioni sarà quindi possibile determinare eventuali spostamenti in superficie dovuti alla realizzazione degli scavi in sotterraneo.

Ulteriori rilievi laser scanner potranno essere eseguiti in caso dell'insorgenza di particolari necessità riscontrate durante l'esecuzione dei lavori, in particolar modo in corrispondenza dell'imbocco della galleria.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 47 di 48

11 GESTIONE DEI DATI MISURATI

Come descritto al precedente paragrafo 6.4, i dati misurati saranno resi disponibili in tempo reale e georeferenziati su apposita piattaforma di condivisione dati in ambiente WebGis.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolte dovrà consistere nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati.

La procedura di gestione dei dati dovrà avvenire tramite idonea procedura operativa che verrà emessa dall'Esecutore dell'opera ed approvata dalla Direzione Lavori.

12 SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA

Delle contromisure per riportare i parametri di monitoraggio al di sotto dei valori di attenzione dovranno essere intraprese in caso del superamento dei valori di soglia indicati nei precedenti paragrafi.

In particolare, in caso del superamento delle soglie di attenzione, la frequenza di misura della strumentazione dovrà essere incrementata e si dovranno modificare gli interventi di consolidamento e sostegno previsti nei range di variazione della sezione tipo applicata, come descritto nelle "Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo".

In caso di superamento delle soglie di allarme dovrà inoltre essere valutata la possibilità di un cambio di sezione e l'eventuale ulteriore incremento dei consolidamenti già previsti dalle sezioni tipologiche.

In caso di superamento dei valori di allarme dovrà essere predisposta dal progettista una Nota Tecnica di commento dei dati con definizione delle misure correttive ad attuarsi per rientrare nei valori di progetto da consegnare alla Direzione Lavori entro 24 ore dall'avvenimento.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 48 di 48

13 CONCLUSIONI

Il sistema di monitoraggio da prevedere per la realizzazione della finestra F1 è strutturato per controllare il comportamento dell'ammasso roccioso durante gli scavi in sotterraneo e per la misura degli spostamenti in superficie per il monitoraggio degli edifici interferenti.

Il piano delle misure è costituito da:

- Rilievi geologico-strutturali del fronte di scavo in galleria;
- Misure di estrusione del fronte di scavo;
- Misure di convergenza in galleria con sistema ottico;
- Misure dello spostamento e deformazione nell'ammasso roccioso con estensimetri multibase;
- Misura della deformazione/tensione nelle centine in galleria con estensimetri a corda vibrante;
- Misura delle sollecitazioni nelle centine con celle di pressione e celle di carico;
- Misura della deformazione/tensione nelle barre d'armatura dei rivestimenti definitivi con estensimetri di tipo resistivo;
- Misure degli spostamenti della superficie mediante misure topografiche ed interferometria radar;
- Misure e controlli topografici sugli edifici interferenti con l'opera

Il monitoraggio si compone della strumentazione a presidio degli scavi in sotterraneo e per il monitoraggio di opere esistenti all'esterno. Il monitoraggio in corso d'opera in concomitanza con gli scavi in sotterraneo è previsto fino al completamento delle opere definitive. I valori attesi di spostamento derivano dai calcoli di dimensionamento o dalla resistenza dei materiali utilizzati, mentre le azioni correttive consistono nella definizione di misurazioni più frequenti, nell'incremento dei consolidamenti e dei supporti e nella eventuale variazione nella sequenza di scavo.