

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

PZ01 – GALLERIA HIRPINIA: TRATTO IN SCAVO DALL'ALTO

POZZO

MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Relazione di Monitoraggio

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 13/03/2023	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	PZ0100	050	C	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

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    13/03/2023
B	C.08.01 A valle del contraddittorio	E. Molina	22/07/2022	A. Lucia	22/07/2022	M. Tanzini	22/07/2022	
C	C.08.04 A valle del contraddittorio	E. Molina	13/03/2023	M. Trezzi	13/03/2023	M. Tanzini	13/03/2023	

File: IF3A02EZZRHPZ0100050C

n. Elab.: -



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>PZ0100 050</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>3 di 23</b>

7.2.2	VALORI DI SOGLIA DEI CEDIMENTI A PIANO CAMPAGNA .....	21
7.3	MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI INTERFERENTI.....	21
7.3.1	DOCUMENTAZIONE .....	22
7.3.2	VALORI DI SOGLIA DEGLI SPOSTAMENTI.....	22
8	GESTIONE DEI DATI MISURATI .....	23
9	SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA .....	23
10	CONCLUSIONI .....	23

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C FOGLIO 4 di 23

## 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 del pozzo di lancio delle TBM in prossimità dell'imbocco lato Napoli.

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.

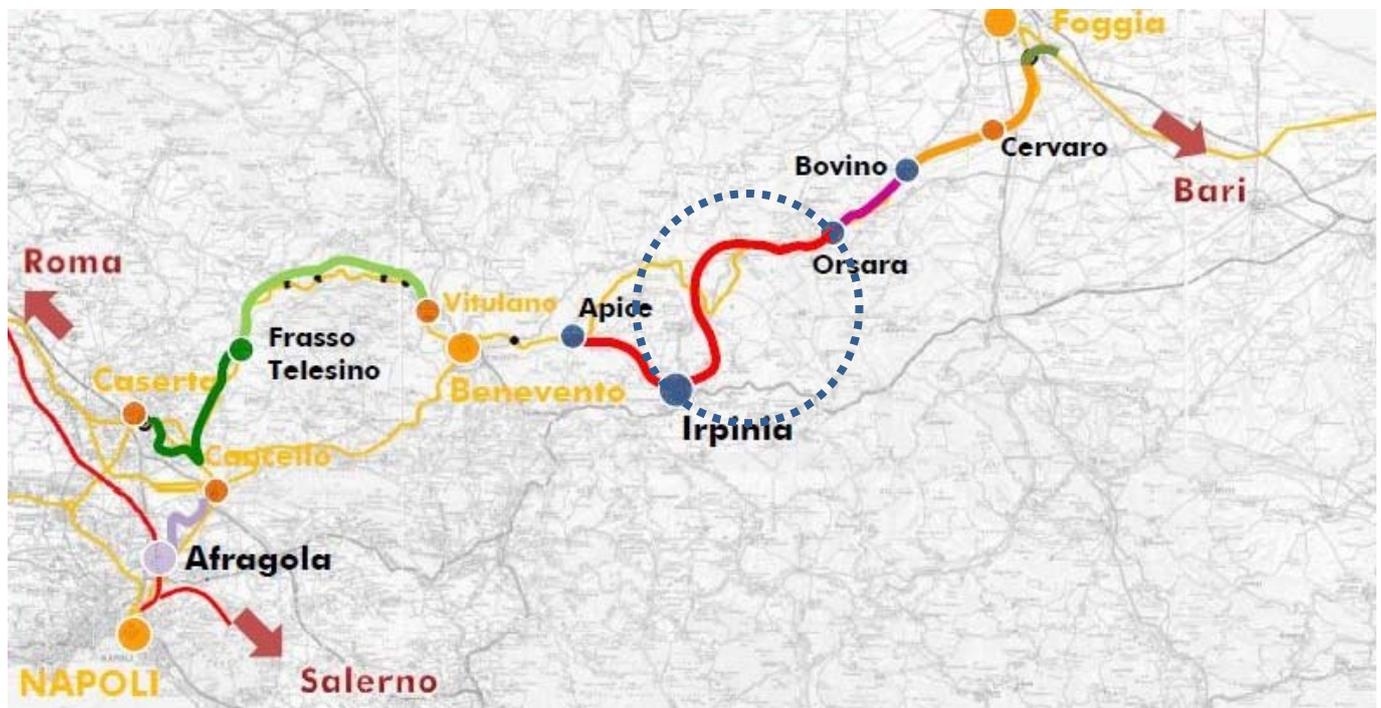


Figura 1-1. Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

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: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 5 di 23

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<sup>a</sup> 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 imbocca 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<sup>a</sup> fase.

## 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

APPALTATORE: Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 6 di 23

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.

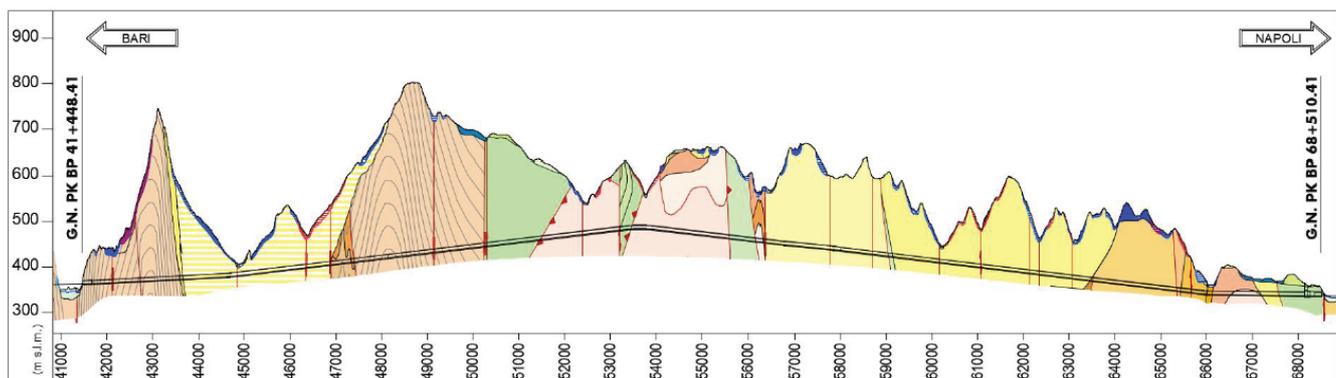


Figura 1-2. Profilo galleria Hirpinia.

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 m<sup>2</sup>, 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 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>. 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 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.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>PZ0100 050</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>7 di 23</b>

## 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).

### 2.4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

- |  |                      |
|--|----------------------|
| - Installazione strumentazione - Tav 1/2 | IF3A02EZZDZPZ0100050 |
| - Installazione strumentazione - Tav 2/2 | IF3A02EZZDZPZ0100060 |
| - Relazione tecnica generale             | IF3A02EZZRGPZ0100001 |

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">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;">PZ0100 050</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">8 di 23</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	PZ0100 050	C	8 di 23
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ RH	PZ0100 050	C	8 di 23												
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>																	

- Relazione tecnica e di calcolo strutture pozzo	IF3A02EZZRHPZ0100001
- Tabella materiali	IF3A02EZZSPPZ0100001
- Planimetria	IF3A02EZZLZPZ0100001
- Planimetria - travi 1° ordine	IF3A02EZZPAPZ0100001
- Planimetria - travi 2° ordine	IF3A02EZZPAPZ0100002
- Planimetria - travi 3° ordine	IF3A02EZZPAPZ0100003
- Sezione Longitudinale A-A	IF3A02EZZWAPZ0100001
- Sezione Longitudinale B-B	IF3A02EZZWAPZ0100002
- Sezioni Trasversali C-C e D-D	IF3A02EZZWAPZ0100003
- Sviluppata paratia e planimetria di tracciamento paratia - Nord	IF3A02EZZPAPZ0100004
- Sviluppata paratia e planimetria di tracciamento paratia - Sud	IF3A02EZZPAPZ0100005
- Sviluppata paratia e planimetria di tracciamento paratia - Est-Ovest	IF3A02EZZPAPZ0100006
- Pianta puntoni metallici	IF3A02EZZPAPZ0100007
- Dettagli puntoni metallici	IF3A02EZZPAPZ0100008
- Fasi esecutive tav 1	IF3A02EZZPAPZ0100009
- Fasi esecutive tav 2	IF3A02EZZPAPZ0100010

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ RH</b>	DOCUMENTO <b>PZ0100 050</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>9 di 23</b>

### 3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

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

La configurazione della galleria Hirpinia è a doppia canna singolo binario per la quasi totalità del suo sviluppo, mentre, per esigenze di tracciato è a singola canna e doppio binario in un tratto che precede l'uscita verso Napoli. Il passaggio tra le due configurazioni è realizzato tramite un camerone di diramazione. Il camerone verrà realizzato in parte a foro cieco ed in parte, per una lunghezza di circa 74 m, con scavo dall'alto tramite la realizzazione di un pozzo sostenuto da diaframmi.

In fase esecutiva il pozzo verrà inoltre utilizzato per il lancio delle TBM che realizzeranno le due canne in direzione Bari. Nella configurazione finale il pozzo, oltre ad essere parte del tratto di diramazione dei binari, assolverà inoltre la funzione di elemento per la disconnessione dei fumi tra le due canne. In seguito al ritombamento, rimarrà infatti un'apertura che verrà utilizzata come camino per l'uscita dei fumi in caso di incendio ed evitarne la propagazione nelle porzioni non interessate.

La geometria del pozzo è quindi definita in funzione delle esigenze funzionali richieste in fase esecutiva e definitiva di esercizio. Le seguenti figure illustrano la geometria della struttura.

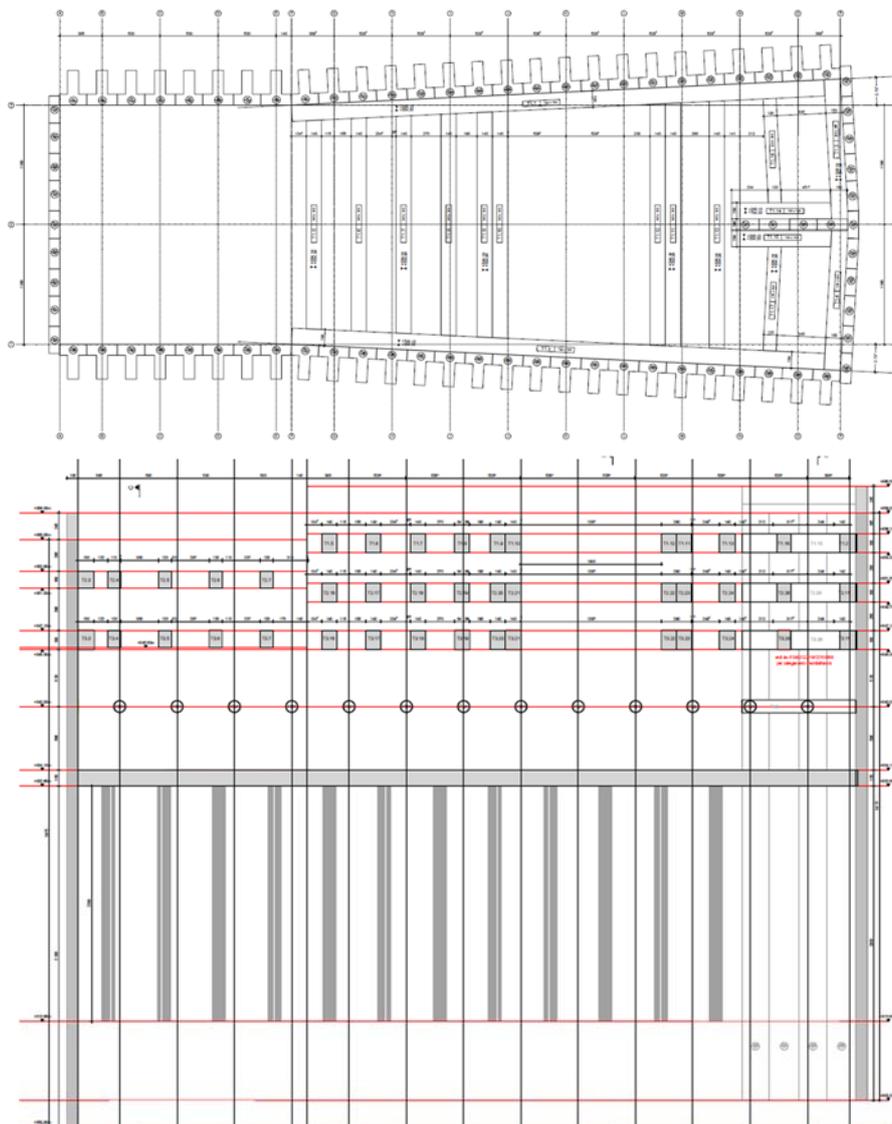


Figura 3-1. Stralcio planimetrico e sezione longitudinale del pozzo

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>							
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A			Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER			PINI	GCF	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio			COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 10 di 23					

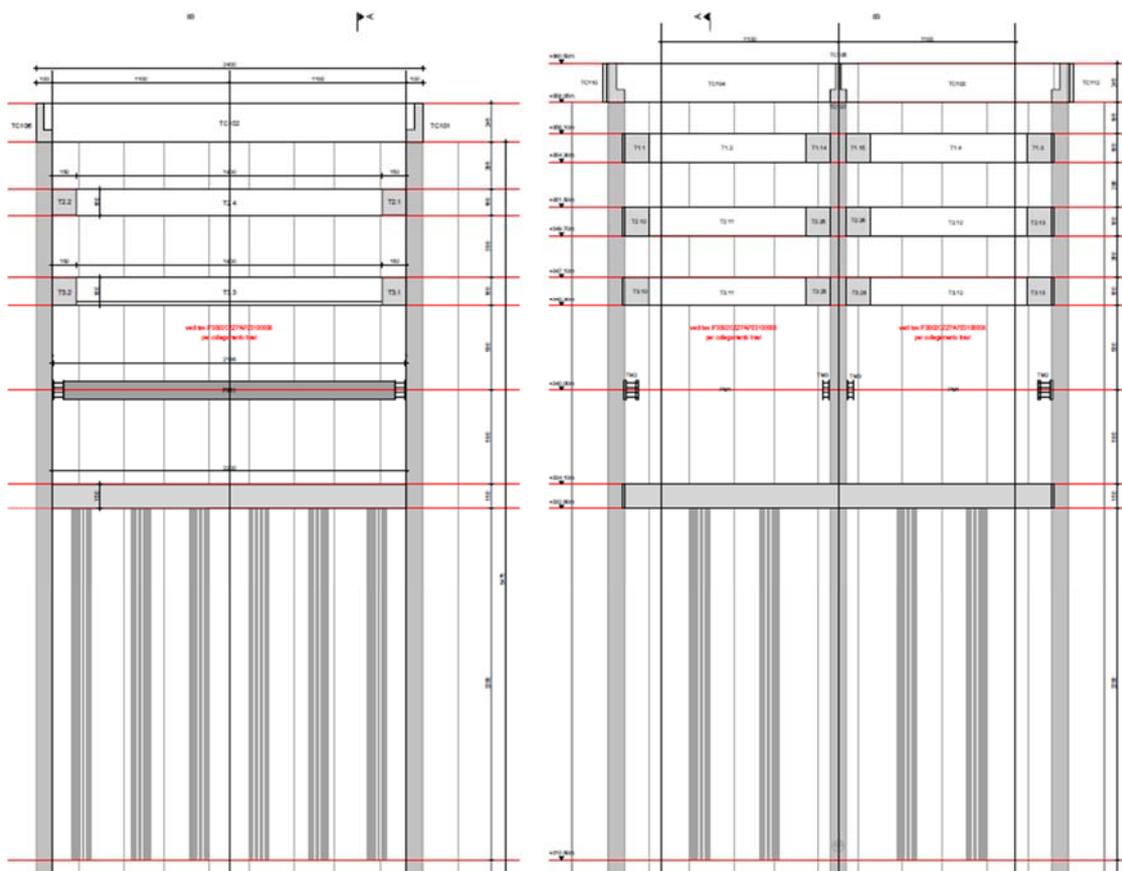


Figura 3-2. Sezioni trasversali del pozzo

Per il pozzo di lancio è prevista una soluzione costruttiva “top-down” del manufatto tramite la realizzazione di diaframmi perimetrali a “T” e centrali realizzati da piano campagna con idrofresa. Durante le fasi di scavo i diaframmi saranno contrastati da 3 livelli di travi/puntone definitivi in calcestruzzo armato ed un livello provvisorio di puntone metallici che saranno rimossi in seguito alla realizzazione del solettone di fondo. In seguito al completamento dello scavo e la realizzazione del solettone di fondo si procederà alla realizzazione dei rivestimenti definitivi interni del pozzo.

Per un maggiore dettaglio fare riferimento all’elaborato “Relazione tecnica generale – IF3A02EZZRGPZ0100001”.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<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>PZ0100 050</td> <td>C</td> <td>11 di 23</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	PZ0100 050	C	11 di 23
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	PZ0100 050	C	11 di 23													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>																		

## 4 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 del terreno 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 del terreno nel quale si inseriscono le opere e delle strutture sia provvisoriale che definitive;
- 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;
- di conseguenza alla verifica della validità delle previsioni progettuali, garantire in fase esecutiva un adeguato livello di sicurezza.

I dati forniti dal sistema di monitoraggio rappresentano, dunque, lo strumento principale per la verifica delle ipotesi progettuali e degli interventi messi in atto per risolvere le problematiche statiche dello scavo.

È perciò molto importante per la riuscita della progettazione e della costruzione dell'opera definire un piano di monitoraggio dove venga curato ogni particolare.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>PZ0100 050</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>12 di 23</b>

## 5 SISTEMA DI MONITORAGGIO

### 5.1 PREMESSA

Il sistema di monitoraggio previsto per la realizzazione delle opere in esame è strutturato per controllare il comportamento del terreno negli scavi 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 dei parametri da monitorare e la strumentazione da installare;
- la precisione strumentale e la frequenza delle misurazioni;
- i tempi relativi alla restituzione dei dati;
- i costi di implementazione dell'intero sistema.

### 5.2 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

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

- Misure topografiche di spostamento con sistema ottico;
- Misura della tensione negli elementi di contrasto con strain gauges;
- Misura delle deformazioni nel terreno con estenso-inclinometri e con pilastrini topografici;
- Monitoraggio degli edifici interferenti con sistemi ottici topografici e fessurimetri;
- Misura del livello della falda con piezometro Casagrande.

### 5.3 FASI DI CONTROLLO E MISURA

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

### 5.4 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 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).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C FOGLIO 13 di 23

#### 5.4.1 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.

#### 5.4.2 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

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>PZ0100 050</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>14 di 23</b>

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.

## 5.5 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 del terreno 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, dovranno essere applicate delle azioni correttive per rientrare in condizioni di normalità (esecuzione di consolidamenti, ulteriori elementi di contrasto, ecc.).

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C FOGLIO 15 di 23

## 6 MONITORAGGIO DEL POZZO

Per il monitoraggio del pozzo sono state previste sia misure di spostamento con sistema ottico dei diaframmi, sia misure di tensione e di carico con estensimetri posizionati in corrispondenza degli elementi di contrasto. Sono inoltre previste misure di deformazione nel terreno tramite estenso-inclinometri e di controllo del livello della falda con piezometro Casagrande.

### 6.1 MISURE DI SPOSTAMENTO CON SISTEMA OTTICO

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti delle mire ottiche posizionate in corrispondenza dei diaframmi. Gli spostamenti tridimensionali verranno misurati nelle tre componenti in direzione verticale ed orizzontali, nei punti 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/tasselli/supporti della lunghezza di almeno 10 cm, eventualmente cementati e resi solidali alla struttura. L'installazione delle mire ottiche dovrà essere effettuata prima della realizzazione delle varie tappe di scavo, allo scopo di registrare per intero i valori deformativi dei diaframmi in seguito all'esecuzione degli scavi. 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 del comportamento terreno/struttura allo scavo, evidenziando prontamente eventuali criticità durante l'esecuzione dei lavori.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza di lettura *
Punti di misura con mire ottiche per la misurazione degli spostamenti. Misurazione eseguita con strumenti topografici di precisione.	75 Mire ottiche installate sul cordolo di testa perimetrale del pozzo e su tre livelli di inferiori	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 lettura/giorno durante gli scavi</li> <li>• 1 lettura/settimana durante altre lavorazioni</li> <li>• 1 lettura/mese fino alla realizzazione del rivestimento interno definitivo</li> </ul>
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

**Tabella 6-1. Quantità e frequenza delle misure di convergenza**

#### 6.1.1 Frequenza delle stazioni e dei rilevamenti

Le mire ottiche saranno posizionate sul cordolo di testa perimetrale del pozzo e su 3 livelli inferiori al di sotto dei puntoni in calcestruzzo.

Le misure verranno effettuate con le seguenti cadenze: giornalmente durante l'esecuzione degli scavi. La prima lettura ("zero") viene effettuata subito dopo l'istallazione delle mire. Settimanalmente durante l'esecuzione di altre lavorazioni. Mensilmente fino al completamento della messa in opera del rivestimento definitivo interno al pozzo.

Le frequenze di lettura potranno essere eventualmente incrementate in base all'entità degli spostamenti rilevati ed alla loro variazione giornaliera/settimanale.

#### 6.1.2 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 di circa 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.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI                      GCF</b> <b>ELETTRI-FER                      M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 16 di 23

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

### 6.1.3 Documentazione

L'esecuzione e la restituzione delle misure di spostamento richiede l'impiego continuativo di un topografo esperto e di un coadiutore. I dati elaborati verranno aggiornati sulla piattaforma di condivisione e resi disponibili alla Direzione 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 (x, y, z) di ogni mira in funzione del tempo con indicazioni delle lavorazioni effettuate;
- vettore spostamento (x, y, z) di ogni mira in funzione dell'approfondimento degli scavi con indicazioni delle lavorazioni effettuate;

### 6.1.4 Valori di soglia

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti:

livello	Convergenza diametrale	
	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
Cordolo di testa	15	25
1° livello	20	30
2° livello	20	30
3° livello	20	30

Tabella 6-2. Soglie di attenzione ed allarme per le convergenze diametrali

## 6.2 MONITORAGGIO DELLE SOLLECITAZIONI NEI PUNTONI DEFINITIVI E PROVVISORIALI

In fase di scavo è prevista la misura delle tensioni delle armature dei puntoni definitivi in calcestruzzo armato e dei puntoni provvisoriali in acciaio con strain gauges.

Lo stato tenso-deformativo dei puntoni 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.

Per i puntoni in calcestruzzo dovrà essere installato in mezzeria uno strumento posizionato sulle armature di intradosso della trave. Per i puntoni provvisoriali in acciaio dovrà essere installato uno strumento in mezzeria del puntone.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 17 di 23

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Strain gauges sui puntoni in c.a.	Per ogni puntone uno strumento in mezzeria sulle armature inferiori di intradosso	letture automatiche, 1lett/ora fino alla posa del rivestimento definitivo interno
Strain gauges sui puntoni in acciaio	Per ogni puntone uno strumento in mezzeria saldato sul puntone	letture automatiche, 1lett/ora fino alla posa del rivestimento definitivo interno
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

**Tabella 6-3. Quantità e frequenze estensimetri a corda vibrante**

### 6.2.1.1 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 in funzione del tempo e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate;
- Il grafico con l'andamento delle tensioni in funzione dell'approfondimento dello scavo e con l'indicazione delle lavorazioni effettuate;

### 6.2.1.2 VALORI DI SOGLIA

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

Deformazione puntoni in acciaio	
Soglia di attenzione [ $\mu\epsilon$ ]	Soglia di allarme [ $\mu\epsilon$ ]
1250	1600

**Tabella 6-4. Soglie di attenzione ed allarme per le deformazioni dei puntoni in acciaio**

Deformazione armature puntoni in c.a.	
Soglia di attenzione [ $\mu\epsilon$ ]	Soglia di allarme [ $\mu\epsilon$ ]
1400	1900

**Tabella 6-5. Soglie di attenzione ed allarme per le deformazioni delle armature dei puntoni in c.a.**

### 6.2.1.3 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:

Sollecitazione nei puntoni in acciaio	
Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
13000	15000

**Tabella 6-6. Soglie di attenzione ed allarme per le sollecitazioni nei puntoni in acciaio**

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 18 di 23

		Sollecitazione nei puntoni in c.a.	
		Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
1° livello	(1.4x1.8)	1500	1800
	(2.8x1.8)	5000	5700
	(1.4x1.8 L=9.62)	1900	2200
2° livello	(1.4x1.8)	3400	3800
	(2.8x1.8)	10900	12300
	(1.4x1.8 L=9.62)	4000	4600
3° livello	1.4x1.8)	15900	17900
	(2.8x1.8)	43000	48500
	(1.4x1.8 L=9.62)	17800	20000

**Tabella 6-7. Soglie di attenzione ed allarme per le sollecitazioni nei puntoni in c.a.**

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatario ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER					PINI
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 19 di 23

## 7 MONITORAGGIO ESTERNO

Per il monitoraggio esterno del pozzo e delle opere interferenti sono previste:

- sezioni di misura con capisaldi topografici;
- misure estenso-inclinometriche;
- misure piezometriche per il controllo del livello della falda
- capisaldi di livellazione e mire ottiche installate sugli edifici da monitorare;

In superficie è infatti presente un edificio interferente con l'opera in esame che potrebbe potenzialmente venire influenzato da eventuali subsidenze generate in seguito agli scavi. L'influenza in superficie dello scavo delle opere rimane comunque limitato.

### 7.1 MISURE ESTENSO-INCLINOMETRICHE E PIEZOMETRICHE DALLA SUPERFICIE

Per il monitoraggio esterno del pozzo 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 sen  $\alpha$ ).

La strumentazione in foro si posiziona lungo il perimetro del pozzo o nell'area di cantiere 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 4 tubazioni estenso-inclinometriche. Le tubazioni verranno installate ad una distanza di circa 2 m a lato dei diaframmi del pozzo e avranno una lunghezza di 30 m. 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 4 piezometri Casagrande della lunghezza di 30 m posizionati nell'area di cantiere.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Estenso-inclinometri (tipo T-Shape)	4 strumenti, installati lungo il perimetro del pozzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 lettura/giorno durante l'esecuzione degli scavi;</li> <li>• 1 lettura/settimana durante le altre lavorazioni;</li> <li>• 1 lettura/mese completati gli scavi e fino alla realizzazione dei rivestimenti definitivi interni;</li> </ul>
Piezometri Casagrande	4 strumenti, installati nell'area di cantiere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 lettura/settimana fino al termine dei lavori</li> </ul>

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

Tabella 7-1. Quantità e frequenze misure estenso-inclinometriche e piezometriche.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI                      GCF</b> <b>ELETTRI-FER                      M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 20 di 23

### 7.1.1 Frequenza delle misure

L'intera strumentazione prevista dovrà essere installata successivamente alla locale realizzazione dei diaframmi e prima dell'inizio delle operazioni di scavo.

Per quanto riguarda gli estenso-inclinometri, la prima lettura ("lettura di zero") dovrà essere effettuata non prima di 10-14 giorni dall'istallazione della tubazione. La frequenza delle misure successive dovrà essere giornaliera durante il periodo di esecuzione degli scavi di approfondimento e settimanale durante la realizzazione delle altre lavorazioni, infine mensile una volta terminati gli scavi fino alla realizzazione dei rivestimenti definitivi interni.

Le misure piezometriche andranno effettuate settimanalmente fino al termine dei lavori.

Eventuali variazioni relativamente alla frequenza delle letture potranno essere richieste/concordate dalla Direzione Lavori in base alle effettive condizioni in sito durante l'esecuzione.

### 7.1.2 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 delle basi di misura in funzione del tempo;
- grafico degli spostamenti verticali differenziali (componente z) in funzione della profondità e del tempo;
- grafico della risultante degli spostamenti orizzontali (componenti x e y) per punti in funzione della profondità e del tempo;
- grafico della sommatoria della risultante degli spostamenti orizzontali in funzione della profondità e del tempo;
- grafico dell'azimut della risultante degli spostamenti orizzontali per punti in funzione della profondità e del tempo;
- grafico dell'azimut della sommatoria della risultante degli spostamenti orizzontali in funzione della profondità e del tempo;
- l'andamento del livello piezometrico in funzione del tempo.

### 7.1.3 Valori di soglia

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

Spostamenti massimi	
Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
2	3

**Tabella 7-2. Soglie di attenzione ed allarme per gli spostamenti massimi**

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. FOGGIO C 21 di 23

## 7.2 MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DELLA SUPERFICIE

In corrispondenza di alcune sezioni trasversali, prossime agli edifici interferenti presenti in superficie, è previsto il monitoraggio topografico superficiale su 4 sezioni trasversali all'asse del pozzo. Il monitoraggio ha lo scopo di valutare i cedimenti a piano campagna dovuti agli scavi e valutare anche la 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 di precisione a cadenza settimanale a partire dall'inizio degli scavi e fino alla loro conclusione o stabilizzazione.

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Capisaldi topografici di livellazione per il monitoraggio dei cedimenti a piano campagna	20 capisaldi di livellazione. Punti di misura distribuiti su 4 sezioni trasversali	• 1 lettura/settimana dall'inizio degli scavi fino alla loro conclusione;
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

Tabella 7-3. Quantità e frequenze misure topografiche superficiali

### 7.2.1 Documentazione

I risultati delle misure dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- Il grafico dell'andamento dei cedimenti del terreno lungo la sezione di misura;
- Il grafico con l'andamento dei cedimenti di ogni punto di misura in funzione del tempo;

### 7.2.2 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 7-4. Soglie di attenzione ed allarme per i cedimenti a piano campagna

## 7.3 MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI INTERFERENTI

Nell'area interessata dalla realizzazione del pozzo è presente un edificio interferenti per il quale è necessario predisporre il monitoraggio. L'edificio verrà monitorato con la seguente strumentazione:

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

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO PZ0100 050	REV. C	FOGLIO 22 di 23

Strumento	Quantità e zona d'installazione	Frequenza lettura *
Capisaldi topografici di livellazione	4 capisaldi posizionati in corrispondenza di ogni lato dell'edificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 lettura/giorno con il fronte di scavo a distanza di 25 m dalla sezione trasversale in corrispondenza dell'edificio;</li> <li>• 1 lettura/settimana per il successivo mese;</li> <li>• 1 lettura/mese per i successivi tre mesi;</li> <li>• 1 lettura/3 mesi fino a fine lavori.</li> </ul>
Mire ottiche topografiche	8 mire ottiche posizionate in corrispondenza di ogni lato dell'edificio e su ogni piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 lettura/giorno con il fronte di scavo a distanza di 25 m dalla sezione trasversale in corrispondenza dell'edificio;</li> <li>• 1 lettura/settimana per il successivo mese;</li> <li>• 1 lettura/mese per i successivi tre mesi;</li> <li>• 1 lettura/3 mesi fino a fine lavori.</li> </ul>
Fessurimetri	2 per un edificio Posizionati in corrispondenza di lesioni	Lecture automatiche (1 misura/giorno)
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate		

**Tabella 7-5. Quantità e frequenze misure topografiche superficiali**

### 7.3.1 Documentazione

I risultati delle misure dovranno contenere:

- La restituzione numerica delle letture ed elaborazione dei dati;
- 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.

### 7.3.2 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 7-6. Soglie di attenzione ed allarme per gli spostamenti misurati sugli edifici**

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>M-INGEGNERIA</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di Monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>PZ0100 050</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>23 di 23</b>

## 8 GESTIONE DEI DATI MISURATI

Come descritto al precedente paragrafo 5.4, 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.

## 9 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 dovrà eventualmente modificare la fasistica realizzativa dell'opera.

In caso di superamento delle soglie di allarme dovrà inoltre essere valutata la possibilità di eseguire dei consolidamenti o incrementare gli elementi di contrasto.

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.

## 10 CONCLUSIONI

Il sistema di monitoraggio da prevedere per la realizzazione del pozzo di lancio della TBM è strutturato per controllare il comportamento dell'interazione opera/terreno durante gli scavi e la realizzazione dell'opera e per la misura degli spostamenti in superficie per il monitoraggio degli edifici interferenti.

Il piano delle misure è costituito da:

- Misure topografiche di spostamento con sistema ottico;
- Misura della tensione negli elementi di contrasto con strain gauges;
- Misura delle deformazioni nel terreno con estenso-inclinometri e con pilastri topografici;
- Monitoraggio degli edifici interferenti con sistemi ottici topografici e fessurimetri;
- Misura del livello della falda con piezometro Casagrande.

Il monitoraggio si compone della strumentazione a presidio degli scavi e per il monitoraggio di opere esistenti all'esterno. Il monitoraggio in corso d'opera in concomitanza con gli scavi 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, nella eventuale variazione nella fasistica realizzativa e nella definizione di interventi di consolidamento/contrasto.