

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

PARTE GENERALE

DOCUMENTAZIONE TECNICO ECONOMICA

VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 08/08/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	Ing. Vincenzo Moriello

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

I
F
2
8
0
1
E
Z
Z
R
H
X
X
0
0
0
0
0
0
0
1
0
D
-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	RTP	24/09/2019	T. Finocchietti	24/09/2019	G. Cassani	24/09/2019	G. Cassani
B	Revisione per istruttoria	RTP	10/06/2020	T. Finocchietti	10/06/2020	G. Cassani	10/06/2020	
C	Revisione per istruttoria	RTP	03/08/2020	T. Finocchietti	03/08/2020	G. Cassani	03/08/2020	
D	Revisione per istruttoria	RTP	08/08/2020	T. Finocchietti	08/08/2020	G. Cassani	08/08/2020	

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 2 di 29

Indice

1. INTRODUZIONE	3
2. MOTIVAZIONI TECNICHE ALLA BASE DELLA VARIANTE	4
2.1. COMPATIBILITÀ CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO	4
2.1.1. CENNI ALL’IMPIANTO PROGETTUALE DEL PD	4
2.1.2. INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	4
2.1.3. INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO IDROGEOLOGICO	6
2.2. INTERAZIONE DELLO SCAVO MECCANIZZATO CON IL DEPOSITO DI FRANA AFFERENTE LA GALLERIA GROTTAMINARDA	7
2.2.1. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO DEFINITIVO	7
2.2.2. APPROFONDIMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DEL PROGETTO ESECUTIVO	8
2.2.3. VALUTAZIONE COMPARATIVA SCAVO TRADIZIONALE - SCAVO MECCANIZZATO	17
3. VANTAGGI CONSEGUITI CON LA VARIANTE	19
3.1. VANTAGGI IN TERMINI DI QUADRO ECONOMICO	19
3.2. VANTAGGI IN TERMINI DI PROGRAMMA LAVORI	19
3.3. VANTAGGI SULLA CANTIERIZZAZIONE	20
3.3.1. LOGISTICA GENERALE	20
3.3.2. OTTIMIZZAZIONE AREE DI CANTIERE	21
3.3.3. APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI E STOCCAGGIO CONCI	21
3.3.4. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO	22
3.4. EFFETTI MIGLIORATIVI SULLA SICUREZZA IN FASE DI COSTRUZIONE	22
3.5. EFFETTI MIGLIORATIVI SULLE COMPONENTI AMBIENTALI	22
4. MODIFICHE ALLE OPERE DI IMBOCCO	25
4.1. INQUADRAMENTO GENERALE	25
4.2. IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO BARI	26
4.3. IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO NAPOLI	26
4.4. IMBOCCO GALLERIA MELITO LATO BARI	27
4.5. IMBOCCO GALLERIA MELITO LATO NAPOLI	28
5. RIEPILOGO DELLE VARIAZIONI DEI COSTI	29

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 3 di 29

1. INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le valutazioni qualitative e quantitative alla base della elaborazione della variante migliorativa di progetto esecutivo consistente nello scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito con TBM di tipo EPB, anziché con metodi tradizionali di consolidamento, scavo e rivestimento, come previsto nel progetto definitivo a base di gara.

Le gallerie Grottaminarda e Melito, entrambe a doppio binario, presentano, rispettivamente, uno sviluppo di 1.966,10 m e 4415,24 m. Le coperture variano tra 5 m e 70 m per la Grottaminarda e tra 10 m e 125 m per la Melito.

La costruzione mediante TBM nei tempi prestabiliti delle gallerie Grottaminarda e Melito presuppone l'impiego di una seconda TBM, oltre a quella che realizzerà la galleria Rocchetta, che dovrà essere progettata appositamente per l'attraversamento dello specifico e particolare contesto geologico, idrogeologico e geotecnico, con particolare riferimento alla formazione del Flysch Rosso presente sostanzialmente lungo l'intero sviluppo della galleria Grottaminarda e per circa 2 km della galleria Melito.

Il cantiere di alimentazione di questa seconda TBM sarà ubicato in prossimità dell'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda in un'area che dovrà essere ampliata rispetto a quanto previsto nel progetto a base gara ed allestita a tale uso temporaneo. In questa area di cantiere arriveranno tutti i materiali necessari al funzionamento della TBM ed alla costruzione della galleria (in primis, i conci prefabbricati di rivestimento) e da qui verrà allontanato il marino derivante dallo scavo della galleria. Lo scavo delle due gallerie avverrà in continuità con la traslazione della TBM, opportunamente alleggerita mediante lo smontaggio di alcune sue parti, sul viadotto Melito. All'imbocco lato Napoli della galleria Melito sarà allestito il cantiere di arrivo della TBM, dove questa verrà smontata.

Nella presente relazione si esporranno dapprima le motivazioni tecniche di maggior rilievo che hanno determinato la scelta della variante in esame, con particolare riguardo agli elementi di natura geologica-geomorfologica-idrogeologica e geotecnico-geomeccanica.

Seguirà una disamina degli aspetti migliorativi connessi all'applicazione della tecnica di scavo meccanizzato nello specifico contesto di intervento, conseguiti con riferimento specifico ai seguenti p.ti:

- Quadro economico dell'intervento;
- Programma lavori;
- Cantierizzazione;
- Sicurezza in fase di costruzione;
- Impatto sulle componenti ambientali.

Si illustreranno le modifiche tecniche apportate alle opere di imbocco delle gallerie interessate dalla variante per effetto della variazione della tecnica di scavo nonché a seguito dell'approfondimento conoscitivo degli ambiti di intervento a livello geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico.

In conclusione del documento è esposto un riepilogo delle variazioni dei costi delle singole voci rispetto al Progetto Definitivo derivanti dai COMPUTI METRICI DI PERIZIA DIFFERENZIALE dei singoli articoli facenti parte della documentazione progettuale.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 4 di 29

2. MOTIVAZIONI TECNICHE ALLA BASE DELLA VARIANTE

2.1. COMPATIBILITÀ CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

2.1.1. CENNI ALL'IMPIANTO PROGETTUALE DEL PD

Le gallerie Grottaminarda e Melito, entrambe a doppio binario, presentano, rispettivamente, uno sviluppo di 1990 m e 4510 m, con un'area di scavo fino a 140 m². Lo scavo delle tratte in naturale si estende per circa 1.966,10 m nel caso della Grottaminarda e per 4415,24 m nel caso della Melito. Le coperture variano tra 5 m e 70 m per la Grottaminarda e tra 10 m e 125 m per la Melito.

Lo scavo della galleria Grottaminarda interessa le arenarie alternate ad argille marnose afferenti alle Molasse di Anzano, le argille marnose policrome costituenti la formazione del Flysch Rosso, le ghiaie e le sabbie del Flysch Numidico. La galleria Melito attraversa, analogamente alla Grottaminarda, le unità argillo/marnose del Flysch Rosso, le arenarie e le marne della formazione del Vallone Ponticello, il membro calcareo del Flysch Rosso e, infine, le marne e le argille marnose della Formazione della Baronìa. I battenti piezometrici teorici massimi si attestano sui 40 m lungo il tracciato della Grottaminarda e sui 100 m lungo la Melito. Le caratteristiche idrauliche medie degli ammassi interagenti con lo scavo delle gallerie determinano un rischio da basso a nullo con riferimento alla manifestazione di fenomeni idrici importanti (ammasso con permeabilità di tipo secondario, generalmente impervio).

Per effetto della modesta qualità fisico meccanica delle formazioni attraversate (Flysch Rosso in primis), nonché dello stato tensionale presente nell'ammasso e della delicatezza di alcuni locali contesti in termini di rischio geomorfologico, il quadro previsionale del PD in termini di sezioni tipo di scavo e consolidamento vede la predominanza di interventi di pre-consolidamento/presostegno e sostegno del cavo di significativo impegno, specie in quanto a produttività e sicurezza delle lavorazioni in sotterraneo.

Lo scavo della galleria Grottaminarda si caratterizza, in particolare, per l'applicazione prevalente della sezione tipo C2p con installazione di puntone metallico in arco rovescio per la costituzione di un rivestimento provvisorio full-round già nelle immediate vicinanze del fronte di scavo (intervento di presidio che si aggiunge al pre-consolidamento del fronte di scavo e dei settori di contorno calotta e piede centine con elementi in VTR cementati con miscele espansive). Circa l'80% della galleria risulta scavata con il ricorso ai suddetti consolidamenti e, nell'ambito di tale quota, il ricorso alla sezione puntonata avviene nel 50 % dei casi.

La galleria Melito presenta condizione analoga con particolare riferimento alla tratta scavata nella formazione del Flysch Rosso (con incidenza sullo sviluppo totale nell'ordine del 30-35%).

2.1.2. INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

La formazione del Flysch Rosso è costituita essenzialmente da argille scagliose con una struttura articolata caratterizzata da particolarità di vario genere, più specificamente consistenti nella presenza frequente di corpi argillosi ed elementi lapidei che conferiscono all'ammasso disomogeneità ed anisotropia di comportamento.

La parte pelitica della formazione del Flysch Rosso, se soggetta a fenomeni di detensionamento, tende ad assorbire acqua e a rammollire, con conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità. La matrice pelitica mostra un comportamento reologico con tendenza a sviluppare deformazioni viscoso anche differite nel tempo.

Ne consegue che lo scavo di gallerie nella suddetta formazione, specie nella sua *facies* pelitica, è caratterizzata da condizioni molto impegnative sia in termini di sicurezza che di necessità di consolidamenti e di dimensionamento dei rivestimenti provvisori e definitivi.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 5 di 29

L'impiego dello scavo meccanizzato mediante TBM di tipo EPB ha, in un tale contesto geologico e geotecnico, rispetto ad un sistema meccanizzato tradizionale di consolidamento, scavo e rivestimento, il vantaggio di ridurre in maniera significativa il detensionamento nell'ammasso sia per effetto della contropressione esercitata al fronte di scavo che dell'immediata posa in opera del rivestimento definitivo in anelli di conci prefabbricati con contestuale riempimento del vuoto anulare tra estradosso del rivestimento e sagoma di scavo effettuato mediante miscela bicomponente a rapido indurimento.

A questo proposito occorre segnalare come l'approfondimento conoscitivo del contesto geologico/geomeccanico successivo al completamento della Campagna Geognostica di PE abbia fornito un quadro previsionale che, specialmente nel caso della Galleria Melito, vede l'introduzione di settori di significativo sviluppo caratterizzati da una risposta meccanica dell'ammasso allo scavo più penalizzante nei confronti dell'avanzamento con metodo tradizionale di quanto non fosse previsto in PD.

Nello specifico si tratta della tratta compresa fra le pk 6+600 e 7+300, per un totale di circa 700 m di sviluppo, laddove il profilo geologico di previsione del Progetto Definitivo collocava il membro calcareo del Flysch Rosso (FYR2) e corrispondentemente risultavano essere applicate sezioni tipo leggere quali A2 (50%), B1 (30%) e B2(20%) mentre, dalle più recenti elaborazioni condotte in sede di PE, è atteso un passaggio nella medesima formazione di estensione nell'ordine dei 50 m - 100 m peraltro a marcato disturbo tettonico. La restante parte della tratta corrispondente risulta, da previsione, essere caratterizzata dalla presenza della litofacies ruditica a matrice argilloso-marnosa del Flysch Rosso (FYRcc), dalle argille marnose e siltiti argillose della litofacies pelitica della Formazione della Baronìa (BNA2) e dalle marne / arenarie della Formazione del Vallone Ponticello. In tale contesto l'avanzamento con metodo tradizionale prevedrebbe il ricorso anche a sezioni tipo C2p / C2 con applicazione localmente prevalente sulle sezioni B2 / B1, determinando lavorazioni in generale più onerose: lo scavo meccanizzato, acquisisce, in questi termini, una competitività superiore in termini esecutivi, con riduzione dei termini temporali di esecuzione e dei rischi in fase di realizzazione dell'opera.

In termini geotecnico-geomeccanici, si segnala come gli approfondimenti condotti in sede di Progettazione Esecutiva sulla scorta delle risultanze raccolte dall'ampia campagna di prove in situ e in laboratorio hanno restituito uno scenario specifico per quanto concerne la formazione del Flysch rosso che, in linea generale, vede un'incidenza preponderante delle facies argilloso-pelitiche (FYR). Laddove si prevedono passaggi caratterizzati dai cosiddetti depositi caotici (elementi litoidi in matrice), predominano le litofacies argilloso-marnose (FYRca) in cui la matrice rappresenta il 90% del deposito e le litofacies argilloso-marnose (FYRcb) in cui la matrice costituisce il 60-80% del deposito. In tali situazioni, gli studi elaborati per la caratterizzazione dell'ammasso, hanno considerato come la risposta del materiale nel suo complesso, in termini di resistenza e di deformabilità, sia integralmente condizionata dalle proprietà della matrice argillosa. Le evidenze restituite dalle prove di laboratorio condotte sulle differenti tipologie di matrice individuate nell'ambito della campagna indagini integrativa indicano come le caratteristiche meccaniche – nello specifico i parametri di resistenza in termini di coesione efficace ed angolo di attrito, sia nelle condizioni di picco che in condizioni residue, si collochino, in taluni casi, su valori sensibilmente inferiori a quelli identificati nella caratterizzazione geotecnica condotta in sede di PD avente valenza generale per la facies pelitica del Flysch rosso (si rimanda per maggiori dettagli al documento IF2801EZZRBOC0201002A Relazione di caratterizzazione geotecnica / geomeccanica del Flysch Rosso interagente con le Gallerie Grottaminarda e Melito). Gli elementi sopra descritti costituiscono fattori penalizzanti nei confronti di un'eventuale operazione di scavo con tecniche tradizionali, potendo richiedere l'applicazione di interventi di consolidamento e sostegno ad intensità superiore rispetto a quella preventivata in sede di PD.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 6 di 29

2.1.3. INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO IDROGEOLOGICO

Lo scavo con TBM di tipo EPB consente nello specifico contesto di minimizzare il disturbo sugli acquiferi interessati dalla realizzazione delle gallerie, per i motivi di seguito elencati:

- possibilità di avanzare con la costruzione della galleria applicando una contropressione al fronte che, bilanciando la spinta litostatica ed idraulica, ne annulla il gradiente evitando l'innescio di moti di filtrazione;
- possibilità di intasare il vuoto anulare tra l'estradosso del rivestimento delle gallerie e la sagoma di scavo con una miscela impermeabile;
- possibilità di avere un'elevata impermeabilità del rivestimento sia per effetto delle caratteristiche intrinseche del calcestruzzo utilizzato che delle guarnizioni di tenuta tra conci adiacenti.

Va segnalato, inoltre, che la velocità di avanzamento dello scavo con fresa rispetto a quella, significativamente inferiore che caratterizza lo scavo con metodo tradizionale, specie nelle condizioni locali delle gallerie Grottaminarda e Melito che richiederebbero il ricorso frequente a fermi nell'attività per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del fronte di scavo, se rapportata alla modesta permeabilità delle formazioni attraversate, pone le condizioni perché si possano escludere fenomeni di attivazione di moti di filtrazione verso il fronte di scavo che abbiano una rilevanza in termini ingegneristici.

Sulla scorta degli studi e approfondimenti idrogeologici di PE e delle analisi effettuate, nelle more dei naturali sviluppi che seguiranno, in corso d'opera, a seguito delle evidenze raccolte in fase di avanzamento della macchina, è stato elaborato uno scenario operativo/esecutivo che, nel caso della Galleria Grottaminarda, esclude effetti perturbativi apprezzabili indotti dallo scavo sul regime idrogeologico, sia in fase di avanzamento della TBM, sia in fase di esercizio dell'opera, essendo previste:

- una modalità di avanzamento al chiuso con applicazione di pressioni di terra in camera di scavo proporzionate per il contenimento degli effetti deformativi e del regime di pressioni interstiziali presente entro l'ammasso;
- una sezione corrente caratterizzata da impermeabilizzazione full round tramite conci dotati di guarnizione elastomerica installata lungo le facce perimetrali;
- una sezione corrente che in condizioni standard di allestimento risulta priva di elementi drenanti la fascia di ammasso al contorno della galleria.

E' previsto dunque che l'attività di scavo non introduca perturbazioni sul regime idrogeologico naturale.

In funzione delle evidenze idriche che potranno essere raccolte in fase di scavo e della sensibilità idrogeologica del contesto locale attraversato, sarà possibile adeguare modalità e pressioni di avanzamento in camera anche laddove le condizioni geomeccaniche dell'ammasso, in relazione alle coperture coinvolte, consentirebbero di operare con avanzamento in modalità semi-closed. Tale situazione è in particolare attesa lungo lo sviluppo della galleria Melito, alle maggiori coperture e nei passaggi caratterizzati dalla presenza di marne calcaree e siltiti della formazione della Baronia. Nelle condizioni succitate l'adeguamento della modalità di scavo alle reali condizioni presenti in galleria potrà consentire di mitigare l'effetto drenante della galleria in fase di scavo.

In fase di esercizio la galleria Grottaminarda sarà quindi non drenante su tutta l'estensione, fatta eccezione per la tratta di sotto-atteveramento del settore centrale del corpo di frana tra le pk 3+990 a 4+160, per la quale, allo stato attuale, è previsto di confermare la scelta tecnica già adottata nel Progetto Definitivo, ovvero di effettuazione di un drenaggio dell'ammasso al contorno della galleria. Tale drenaggio sarà operato mediante predisposizione di una batteria di aste drenanti della lunghezza di 40 m lato binario pari e 26 lato binario dispari costituite da tubazioni in PVC D77 rivestite con calza di geotessuto, installate, su entrambi i lati della galleria ogni 10.80 m. Le aste saranno installate in perforazioni inclinate di 30° sull'orizzontale, così da raggiungere la porzione basale del corpo di frana, andando a drenare l'ammasso nell'intorno della superficie di scorrimento. Le aste scaricheranno in pozzetti posti sotto marciapiede e collegati tra loro da tubazione di collettamento acque verso l'imbocco lato Napoli della galleria. Scopo di tale intervento drenante è il miglioramento della condizione di equilibrio dell'ammasso al contorno della galleria posto alla base del corpo di frana e, in ultima analisi, del corpo di frana medesimo per effetto della riduzione del campo di pressioni interstiziali a livello della potenziale superficie di scivolamento.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 7 di 29

Similmente, nel caso della galleria Melito, è previsto che l'attività di scavo non introduca perturbazioni sul regime idrogeologico naturale. Come sopra accennato, le modalità di scavo potranno essere adeguate al contesto idrogeologico attraversato laddove le necessità statiche dello scavo non richiederebbero l'applicazione di una contropressione di terra su tutto il fronte (modalità closed), allo scopo di limitare gli effetti perturbativi sugli acquiferi.

In fase di esercizio la galleria Melito sarà non drenante su tutta l'estensione, fatta eccezione per le due tratte di estesa ca 200 m comprese fra le pk: 7+800 – 7+825 e 6+675 - 6+475. Trattasi di settori laddove, allo stato attuale delle conoscenze, sono attesi carichi idrostatici teorici non compatibili con le capacità statiche dei rivestimenti definitivi.

Tale drenaggio sarà operato mediante predisposizione di una batteria simmetrica (lato binario pari / dispari) di aste drenanti della lunghezza di 12 m costituite da tubazioni in PVC D77 rivestite con calza di geotessuto, installate ogni 7.2 m. Le aste scaricheranno in pozzetti posti sotto marciapiede e collegati tra loro da tubazione di collettamento acque verso l'imbocco lato Napoli della galleria.

2.2. INTERAZIONE DELLO SCAVO MECCANIZZATO CON IL DEPOSITO DI FRANA AFFERENTE LA GALLERIA GROTTAMINARDA

2.2.1. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO DEFINITIVO

Tra le progressive 3+925 e 4+250 circa il tracciato della galleria Grottaminarda risulta interferente con un esteso corpo di frana che si sviluppa dal fondovalle del Fiume Ufita fino alla quota di circa 400 metri s.l.m.. Stando all'attuale stato delle conoscenze, lo spessore della coltre di frana, nel PD, è stimato come variabile da 6 a 19 m lungo lo sviluppo longitudinale della galleria; risultando pertanto ad una quota superiore di almeno 10-12 metri circa rispetto alla calotta della galleria in progetto. Il corpo di frana sembra caratterizzato da un sostanziale stato di quiescenza della porzione mediana e basale, mentre esistono indizi di recenti ri-attivazioni nella porzione sommitale.

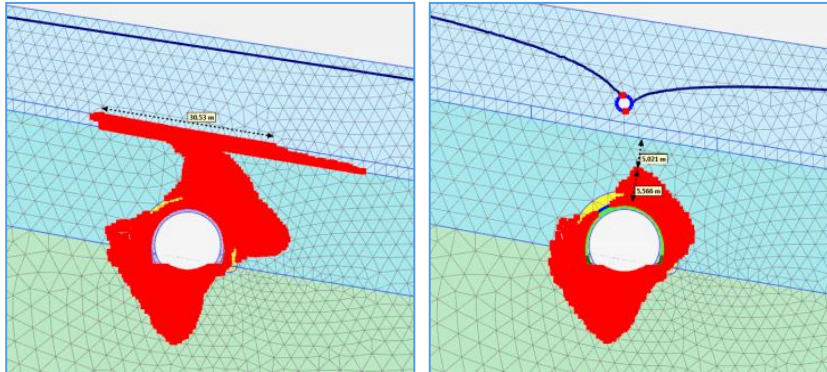
Non sono stati identificati indizi morfologici di uno stato di attività della porzione mediana e basale della frana, ipotizzandone pertanto una condizione di sostanziale quiescenza. Sono stati al contrario riscontrati indizi di recenti e locali riattivazioni nella porzione sommitale.

A questo proposito gli inclinometri installati nella campagna di indagine del 2017 (inclinometri G1 e BH3), alla data di redazione del PD fornito a base di gara, non hanno segnalato alcun movimento profondo, ma solo movimenti superficiali (profondità massime di circa 2 ÷ 4 metri dal piano campagna), legati alla presenza di una coltre di alterazione, confermando sostanzialmente lo stato di quiescenza del corpo di frana.

Pur se lo scavo della galleria di linea non dovrebbe interferire direttamente con il corpo di frana quiescente, il progetto a base di gara, così come quello di offerta, prevede la stabilizzazione temporanea del versante mediante la realizzazione di un cunicolo drenante all'interno del corpo di frana prima dello scavo della galleria, da mantenere attivo fino al completamento delle opere ferroviarie. Si prevede di realizzare il cunicolo con rivestimento in conci prefabbricati in calcestruzzo armato di spessore pari a 25 cm, di diametro esterno pari a 2500 mm e diametro interno pari a 2000 mm, da realizzare con la tecnica del microtunneling previa costruzione di due pozzi verticali circolari del diametro pari a 10 metri per la partenza e l'estrazione della fresa. Nel cunicolo sono previsti drenaggi radiali mediante tubi microfessurati in PVC di lunghezza variabile tra 8 e 15 m.

Le analisi di PD hanno restituito come in presenza del cunicolo drenante le plasticizzazioni indotte dallo scavo non coinvolgono direttamente il corpo di frana e come gli spostamenti orizzontali indotti nel pendio nel tratto a monte della galleria si riducano del 40% rispetto alla condizione in assenza di cunicolo. Il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità del corpo di frana aumenta del 4% rispetto alla condizione indisturbata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 8 di 29



Plasticizzazioni indotte dallo scavo della galleria senza (sinistra) e con (destra) l'intervento del cunicolo drenante.

Inoltre, nel tratto di sotto-ataversamento della frana, per una estensione di circa 150 m lungo l'asse del tracciato, si prevede di realizzare un intervento di drenaggio definitivo al contorno della galleria di linea, mediante la posa in opera di una membrana drenante tra il contorno di scavo e l'estradosso del rivestimento definitivo con lo scopo di mantenere attivi nel tempo gli effetti benefici della riduzione delle pressioni interstiziali nel volume significativo della galleria. È prevista altresì la realizzazione di un'armatura passante nei conci del rivestimento definitivo della galleria.

2.2.2. APPROFONDIMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DEL PROGETTO ESECUTIVO

La zona di frana di Grottaminarda è una porzione di versante nella quale diverse tipologie di movimenti gravitativi concorrono a formare una estesa zona di instabilità attiva; in planimetria, il settore in frana si colloca indicativamente tra la pk 3+925 e la pk 4+250. Per una descrizione delle caratteristiche litologiche della frana si rimanda alla Relazione Geologica Generale.

A. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La zona di frana si sviluppa tra la dorsale di Colle Saudone, il fondovalle del Fiume Ufita e il Vallone dei Fossi -Tale area è caratterizzata dalla presenza di un esteso corpo franoso, geometricamente articolato e di circa 350.000 m² di estensione, che si sviluppa dalla parte alta del rilievo fino al fondovalle del Fiume Ufita, a valle della confluenza dei due corsi d'acqua suddetti. Nella zona di monte, il movimento franoso è caratterizzato dalla presenza di una evidente nicchia di distacco con scarpata di altezza variabile tra 5 e 10 m circa. Il bordo destro del corpo d'accumulo è delimitato per l'intera estensione dall'incisione del Vallone dei Fossi. Sulla destra idrografica del Vallone dei Fossi è possibile riconoscere un altro corpo franoso di dimensioni circa comparabili con quello posto in sinistra, però con caratteristiche morfologiche indicative di un movimento antico attualmente stabilizzato, così come descritto nel sottoparagrafo precedente.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 9 di 29

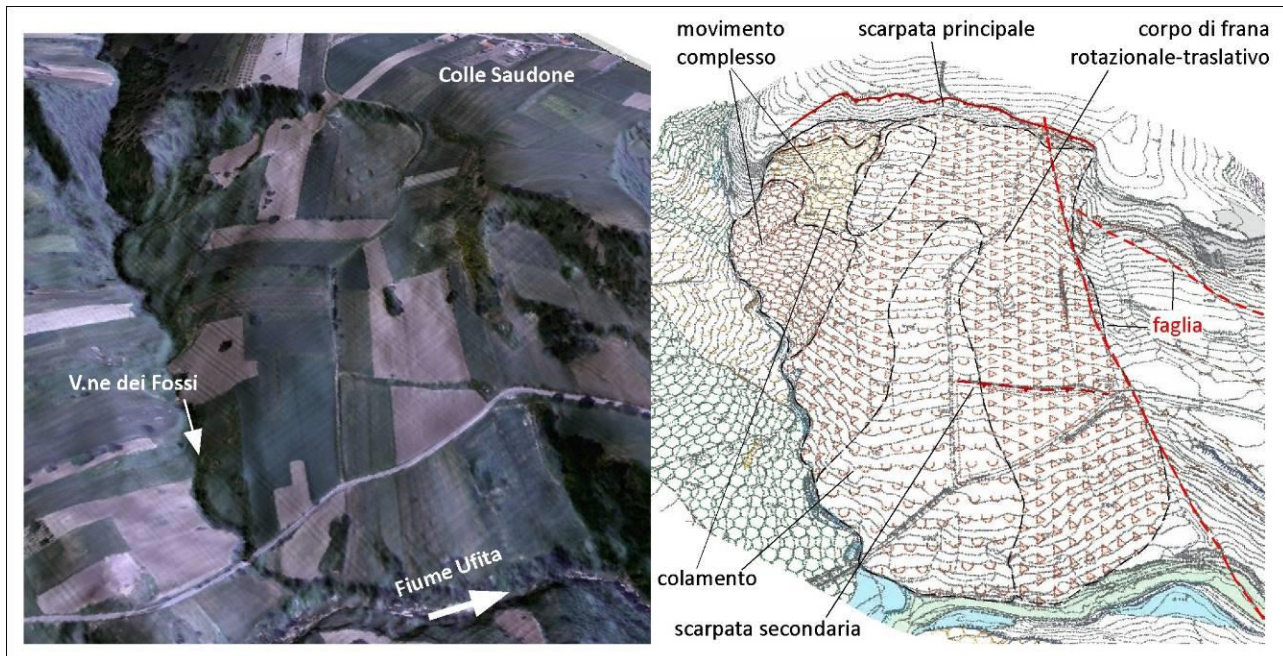


Figura 1. Vista prospettica della zona di frana di Grottaminarda con ortofoto (sinistra) e stralcio della carta geomorfologica (destra) proiettate su modello digitale di terreno; in verde: corpi di frana stabilizzati, in giallo: corpi di frana quiescenti, in rosso: corpi di frana attivi.

Il corpo principale della zona di frana di Grottaminarda è formato da un deposito di natura prevalentemente limoso-argillosa e contenente clasti e blocchi di varia pezzatura di calcari e calcareniti. Nella parte alta, l'elemento morfologico più pronunciato è rappresentato dalla nicchia di distacco, entro cui si imposta una scarpata sommitale piuttosto acclive. Alla base della scarpata è possibile riconoscere chiaramente l'inizio del corpo di accumulo, in corrispondenza del quale si assiste ad una riduzione di pendenza del versante. Sul lato sinistro della nicchia la scarpata causa il locale denudamento del substrato sottostante, in questo settore costituito da calcari e da breccie tettoniche cementate associate a zone di faglia normali.

Le caratteristiche morfologiche indicano che il movimento gravitativo all'origine dell'accumulo è di tipo rotazionale-traslativo. In particolare, gli elementi che fanno propendere per questa classificazione sono rappresentati: i) da una nicchia di distacco caratterizzata da una forma arcuata e concava verso la frana; ii) dalla superficie del corpo di accumulo che è caratterizzata da una forma lobata ribassata; iii) da una topografia del corpo d'accumulo arcuata in senso trasversale al pendio e iv) da una pendenza relativamente inferiore rispetto alle aree circostanti.

All'interno del corpo di accumulo è assente un reticolo idrografico, mentre al piede il Fiume Ufita risulta localmente deviato. La parte medio-bassa del deposito di frana presenta una morfologia più matura rispetto alla parte alta, con forme più spianate.

Le superfici di denudamento fresche in corrispondenza di alcune parti della scarpata e i cambi di pendenza marcati visibili lungo la nicchia, suggeriscono che la frana sia in attività. Tuttavia dagli elementi morfologici disponibili non è chiaro se la deformazione coinvolga l'intero corpo di frana o la sola porzione di monte, nella quale si osservano gli indizi di attività più chiari. Un'altra evidenza dell'attività gravitativa nella parte alta del corpo di accumulo è rappresentata dalla presenza di crepe di tensione sviluppate nella cotica erbosa in direzione trasversale al pendio. Evidenze di rotture di questo tipo sono frequenti anche in pendii non interessati da movimenti franosi, poiché legate a fenomeni di disseccamento dei suoli argillosi. Tuttavia, mentre in genere nel caso dei semplici fenomeni di disseccamento queste crepe hanno una distribuzione caotica, nel caso delle porzioni di monte del corpo d'accumulo esse sono continue, più larghe e profonde e subperpendicolari alla linea di maggior pendenza del versante (Figura 4).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 10 di 29

Nella parte intermedia della frana si riconosce invece la presenza di una scarpata secondaria stabilizzata che taglia diagonalmente il corpo di accumulo e alla cui sommità è posto un tratturo (Figura 2 frecce blu). Questa scarpata è interpretabile come un elemento legato a una delle significative attivazioni locali indotte dalla polifasicità del fenomeno gravitativo

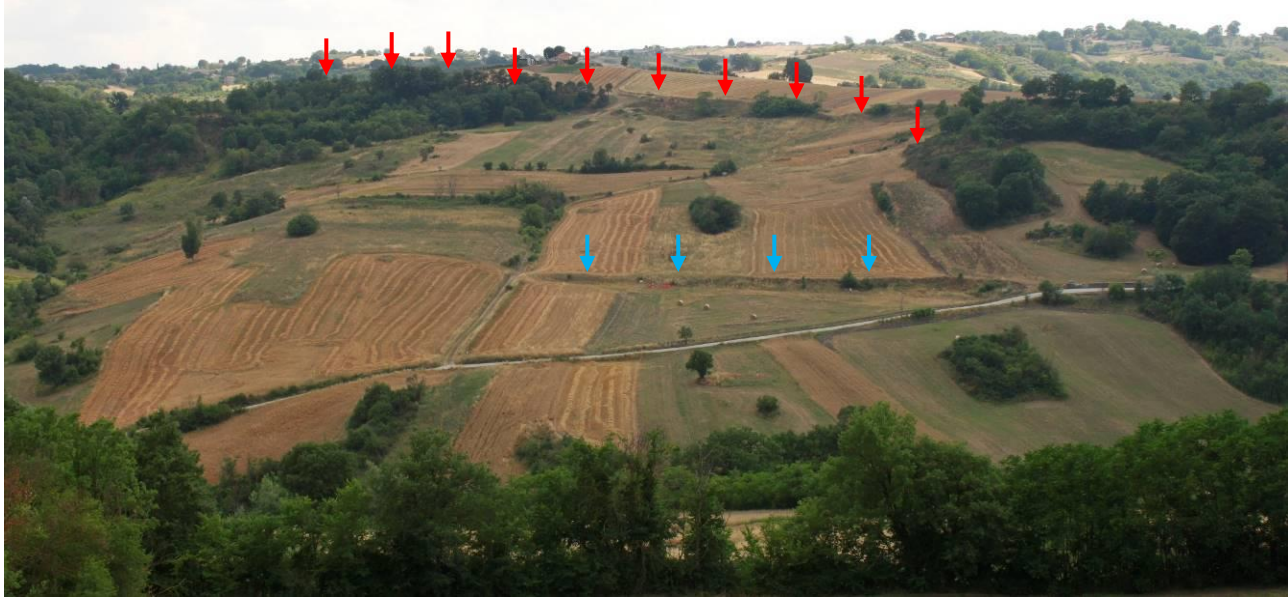


Figura 2. Foto con vista frontale della frana di Grottaminarda. Le frecce rosse indicano la posizione della scarpata principale, le frecce blu quella di una scarpata interna al corpo di frana.

Il corpo di accumulo principale è interessato da alcuni movimenti franosi secondari più superficiali e di minore estensione areale. Tali fenomeni sono classificabili come colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra, con stato in parte attivo e in parte quiescente. Le frane secondarie sono caratterizzate da spessori delle masse in deformazione stimabili tra i 2 e 5 m circa, con tassi di deformazione che sembrerebbero essere piuttosto bassi, indicativamente dell'ordine di alcuni centimetri l'anno, come si deduce dall'assenza di diffuse rotture nel suolo. In posizione centrale rispetto al corpo di frana di tipo rotazionale-traslativo si riconosce un corpo in colamento che tende ad allargarsi verso il basso andando ad interessare la base del pendio in corrispondenza dell'area in cui si verifica l'intersezione tra il Vallone dei Fossi e il Fiume Ufita. Verso la parte alta, il corpo franoso principale ha subito una rimobilizzazione con componente cinematica diretta verso il Vallone dei Fossi da parte di un movimento recente ed uno attuale, aventi entrambi dinamica complessa. Tali movimenti hanno determinato lo sviluppo di scarpatine multiple e di ridotta dislocazione ad andamento listrico.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 11 di 29



Figura 3. Foto con vista laterale del fianco sinistro della nicchia del corpo principale di frana (le frecce rosse indicano la posizione della scarpata principale lungo cui si assiste al denudamento del substrato calcareo).

Dalla ricostruzione geologico-strutturale di questo settore è emerso che uno dei fattori predisponenti allo sviluppo del fenomeno franoso è rappresentato dall'incrocio di due sistemi di faglie ad alto angolo , uno a direzione NE-SW e l'altro a direzione NNW-SSE e riportate nella cartografia geologica-geomorfologica. Il secondo sistema, descritto nel paragrafo precedente, è quello che interseca il tracciato tra la pk 4+325 e 4+650. È probabile che l'incrocio tra i due sistemi, che avviene in corrispondenza della zona di frana, sia all'origine di una zona di debolezza strutturale che ha favorito l'innesco del fenomeno gravitativo, ulteriormente richiamato dalla progressiva erosione al piede ad opera del Fiume Ufita.



Figura 4. Rotture nella cotica erbosa nel settore della nicchia di distacco della Frana di Grottaminarda

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 12 di 29

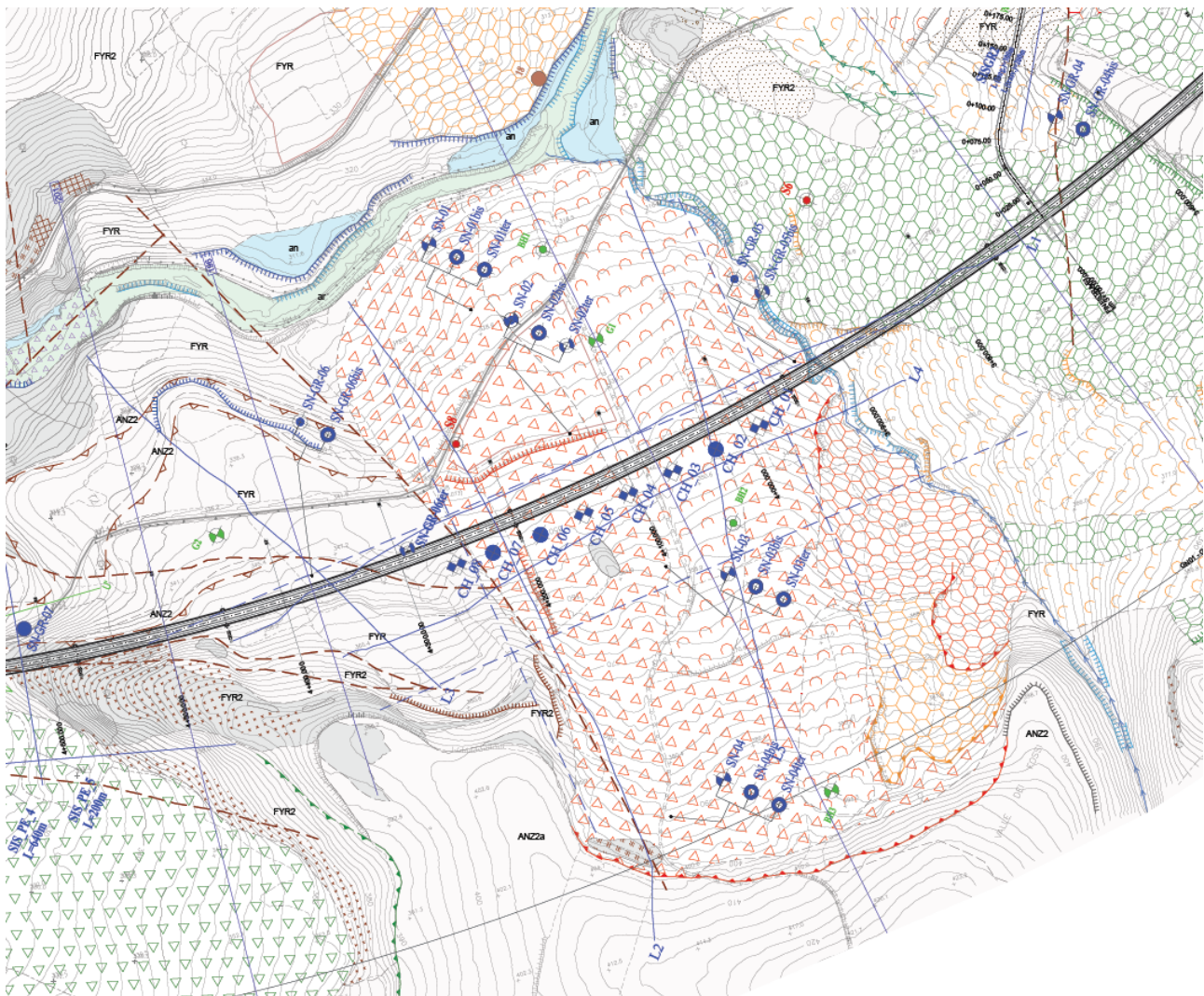


Figura 5. Stralcio non in scala della carta geomorfologica della zona di frana di Grottaminarda.

B. Dati litologici e geofisici

Le informazioni derivanti dalle numerose stratigrafie di sondaggio realizzate nell'area interessata dal fenomeno sono state analizzate per tentare di ricostruire la geometria del corpo d'accumulo e la posizione della superficie d'appoggio. Per il dettaglio dei sondaggi realizzati in questo settore si rimanda alla Relazione Geologica Generale.

La ricostruzione del corpo d'accumulo in profondità è tuttavia problematica sulla base dell'esame delle carote, in quanto dal punto di vista stratigrafico-strutturale non vi sono chiare evidenze circa la presenza di superfici di separazione tra un corpo sovrastante in frana e un substrato sottostante esente da movimenti. Ciò è dovuto al fatto che depositi del corpo di frana non presentano caratteristiche litologico-tessiturali peculiari e chiaramente distinguibili da quelle del substrato non coinvolto nel fenomeno. In questo settore di tracciato il substrato è infatti costituito da depositi di tipo caotico del Flysch Rosso, con litofacies che sono state distinte sulla base delle percentuali relative di materiale pelitico e clasti/blocchi di materiale litoide (FYRca, FYRcb, FYRcc). Tale formazione, di natura estremamente eterogenea, implica la presenza di materiale litoide a spigoli vivi di varia pezzatura, talora poligenico e avvolto da una matrice fine argilloso-marnosa, spesso senza una tessitura ben definita. Pertanto già in origine il substrato presenta caratteristiche litologico-tessiturali non del tutto distinguibili da quelle che potrebbero essere generate da un processo franoso.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 13 di 29

Mentre in alcuni sondaggi sono individuabili degli orizzonti che presentano delle caratteristiche potenzialmente compatibili con superfici di scorrimento, in altri sondaggi tali caratteristiche sono assenti. Ad esempio, tra i sondaggi in cui sono evidenziabili delle caratteristiche compatibili con dei piani di scorrimento vi è il sondaggio CH2, nel quale, tra 21.5 m e 22 m, si può osservare una riduzione consistente di granulometria per fratturazione di originari blocchi decimetrici di calcari. Nel sondaggio G1 attorno a 22 m si osserva una netta variazione cromatica nelle argille-limose, che nella parte superiore sono di colore tendenzialmente brunastro-grigio, mentre nella parte inferiore sono di colore verde oliva e grigio azzurro; sia sopra sia sotto sono presenti clasti di calcari calcilitici. Invece, né nel sondaggio CH6, caratterizzato in prevalenza da argille marnose grigio-verdi, né nel sondaggio SN_03, caratterizzato dai depositi della litofacies del caotico del Flysch Rosso di “tipo c”, si osserva alcuna variazione tessiturale o cromatica significativa lungo la verticale. Anche nel sondaggio CH7 non si denotano variazioni lungo la verticale chiaramente riconducibili alla presenza di un corpo franoso, eccezion fatta tra 6 e 10 m, ove si osservano orizzonti sabbioso-limosi con alcune vene di calcite e tracce di alterazione dovute forse a circolazioni di acqua più attive.

Un tentativo di individuazione della superficie di frana è stato fatto anche utilizzando i risultati delle indagini geofisiche. Le varie tipologie di indagini disponibili forniscono le indicazioni che seguono.

- **Sismica a rifrazione.** Sia gli stendimenti sismici paralleli al tracciato dell'opera (Linee 1 e 2), sia quelli trasversali (Linee 3, 4 e 5) mostrano una distribuzione caotica delle velocità sismiche senza evidenza zone con basse velocità omogenee riferibili ad orizzonti di debolezza strutturale; le differenze relative di velocità sono poco marcate. Anche dal confronto tra linee sismiche tra loro parallele emerge come le zone di locale aumento/riduzione delle velocità siano collocate a differenti profondità e non siano spazialmente correlabili. Le variazioni di velocità sembrano pertanto riconducibili alle variazioni litologiche proprie della formazione del Flysch Rosso che in questa zona presenta una notevole variabilità composizionale, da litofacies francamente argilloso-marnose a litofacies di depositi caotici con elevati contenuti di elementi lapidei.
- **Tomografia elettrica.** Sia sugli stendimenti paralleli al tracciato dell'opera (Linee 1 e 2), sia su quelli trasversali (Linee 3, 4 e 5), le tomografie evidenziano una distribuzione irregolare della resistività elettrica, anche in questo caso con variazioni di resistività distribuite in modo caotico. Sulla Linea 1 e sulla Linea 2, l'elemento più significativo riguarda la presenza, nella porzione centrale del profilo tomografico (tra i sondaggi CH2 e CH5), di una zona a resistività elettrica relativamente bassa. Tale anomalia potrebbe essere riconducibile alla presenza di un accumulo di acqua, dovuta ad esempio ad una falda sospesa, oppure ad una zona relativamente più ricca di materiale argilloso elettricamente più conduttivo. L'ipotesi di un accumulo d'acqua sembra tuttavia improbabile visto che la stratigrafia dei sondaggi realizzati in questa zona indica la presenza nella matrice di prevalenti argille o argille-marnose costituenti materiali pertanto poco inclini ad ospitare una falda. L'ipotesi di un condizionamento dei valori locali di resistività da parte di materiale maggiormente argilloso sembra essere quindi più verosimile.
- **Tomografia *cross-hole*.** L'indagine evidenzia velocità delle onde relativamente basse ($V_p < 1'700$ m/s) e con variazioni laterali piuttosto accentuate entro i primi 10-15 m di sottosuolo. Inferiormente a tale strato sono presenti valori di velocità superiori a 1'700 m/s. La zona a maggiore velocità indica una porzione di terreno caratterizzata presumibilmente da maggiore compattazione dei materiali, mentre quella a minore velocità è probabilmente quella che risente dei movimenti gravitativi.

Pertanto, non emergendo riflettori netti dalle indagini geofisiche, non è possibile delimitare spazialmente in maniera certa l'estensione in profondità dei depositi di frana né è possibile ricostruire delle superfici riferibili ai piani di scivolamento della frana. Qualitativamente, dalle tomografie *cross-hole* è possibile individuare nei primi 10-15 m una zona con velocità relativamente più basse potenzialmente riconducibili al fenomeno franoso.

C. DATI DI MONITORAGGIO

Allo scopo di ricostruire in maniera dettagliata la dinamica dei movimenti gravitativi è stata approntata in fase di PE una campagna di monitoraggio con misura di:

- movimenti in superficie: tale campagna è basata sulla tecnica dell'interferometria SAR terrestre (TSAR). Sul versante della frana di Grottaminarda sono stati installati 20 *corner reflector* che vengono utilizzati come “bersagli” per

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 14 di 29

misurare gli spostamenti differenziali e quindi per individuare i diversi cinematismi). Inoltre, ad integrazione di questo sistema è attivo un monitoraggio topografico effettuato per mezzo di stazione totale robotizzata (tipo Leica TCA2003, elaborati con programma di calcolo GEOMOS NOW, di Leica Geosystems).

- movimenti in profondità: tale campagna è basata sul monitoraggio degli spostamenti in una serie di inclinometri e di sistemi inclinometrici di tipo *Vertical Array* basati su tecnologia MUMS (Modular Underground Monitoring System) ad acquisizione automatizzata, progettati per la misura dei movimenti orizzontali o verticali del terreno.

Ad oggi il sistema di monitoraggio così integrato copre, dal momento della sua installazione, un arco temporale di circa 6-7 mesi.

Monitoraggi topografici

Per quanto riguarda il monitoraggio topografico, le misure eseguite nel periodo dal 20 febbraio 2020 al 1° giugno 2020 dalla stazione totale posizionata sul versante opposto alla frana su 20 target mostrano, in generale (con riferimento ai movimenti denominati nei report “monte-valle” ovvero lungo la linea di misura), un avvicinamento dei target alla stazione di misura dell’entità di alcuni cm. I grafici dell’andamento temporale di tali misure mostrano alcune anomalie, rappresentate da evidenti scalini a ritroso nella tendenza delle misure. Escludendo i dati di dubbia interpretazione è stato possibile prendere in considerazione un periodo di poco più di 1 mese per il quale si è maggiormente confidenti in merito all’attendibilità dei dati. In questo periodo si osservano dai grafici delle misure “monte-valle” evidenze prevalentemente in avvicinamento comprese tra 0 e 15 mm circa, con alcuni casi in allontanamento fino ad un massimo di 15 mm.

Per quanto attiene invece al monitoraggio interferometrico terrestre, eseguito da sensore fisso posizionato nei pressi della stazione totale del monitoraggio topografico, su 20 *Corner Reflector* (CR) posizionati nell’area di frana, si dispone al momento attuale di una serie temporale di misure che vanno dall’ 11/12/19 al 22/05/20. Nelle conclusioni dell’ultimo report (quarto monitoraggio interferometrico) si mettono in evidenza solo alcuni movimenti in avvicinamento al sensore per i *Corner Reflector* della parte alta del versante monitorato (relativo al settore della nicchia di distacco), con entità massima di 4-5 mm. Analizzando i grafici riportati nel report si osserva che anche nelle porzioni medio-basse del versante vi sono avvicinamenti al sensore di entità millimetrica (2-3 mm) per i punti CR12 e CR1. Vi sono poi tutta una serie di altri CR che invece mostrano, in maniera anomala rispetto ad un contesto di possibile deformazione gravitativa superficiale, allontanamento dal sensore, ancorché limitato ad alcuni millimetri (CR2 e CR8 hanno entità rispettivamente di -5 e -6 mm). Queste anomalie possono essere ragionevolmente dovute a possibili interferenze dei CR con fenomeni superficiali localizzati, come ad esempio gli effetti dovuti ai cicli di imbibizione e disseccamento del terreno che caratterizzano questo settore e che provocano lo sviluppo di fratture nel terreno associate con movimenti fino a qualche cm.

In conclusione, tenendo conto delle incertezze sopra richiamate, riguardanti i dati restituiti del sistema di monitoraggio topografico, rimane il fatto che il sistema di monitoraggio TSAR sembra confermare quanto già appurato attraverso il rilevamento geologico, ovvero che la parte alta del versante sembra essere quella maggiormente attiva (con movimenti di ca. 4-5 mm), mentre quella medio-bassa sembra essere relativamente meno attiva (con movimenti di ca. 2-3 mm).

Monitoraggi inclinometrici

Inclinometri tradizionali

Per due inclinometri tradizionali, G1 e BH03, installati in fase di progetto definitivo nel 2017, si dispone di misure inclinometriche realizzate a partire dal 2017 e attualizzate fino a giugno 2020. A tali inclinometri sono stati integrati più recentemente altri due strumenti, SN-GR-05bis e SN-GR-06ter, ubicati ai margini laterali dell’area di frana (lettura di zero eseguita a dicembre 2019), per i quali tuttavia non è ancora disponibile una serie di misure significativamente estesa.

L’inclinometro G1, posizionato nel settore medio-basso della frana, conferma la tendenza già visibile nelle serie di misure precedenti al 2019, ovvero la presenza di una evidente superficie di movimento localizzata a circa 22 m di profondità, in corrispondenza della quale nel periodo dell’ultima lettura (giugno 2020) si evidenzia uno spostamento locale di circa 17.5 mm rispetto alla precedente lettura di zero (giugno 2019). La direzione di movimento (azimut) è

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 15 di 29

N35°E, e presenta quindi una buona corrispondenza con la direzione di massima pendenza del versante in frana. Nel primo metro di profondità si evidenziano, nello stesso periodo, movimenti di *creep* dell'ordine di alcuni millimetri.

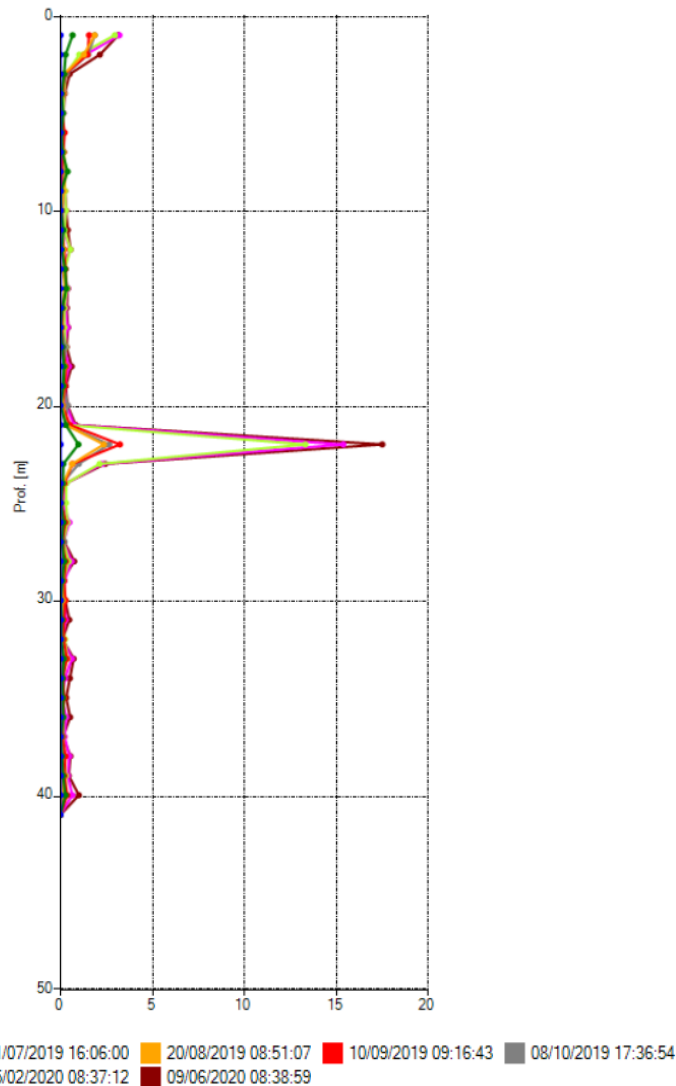


Figura 6. Risultante per punti dell'inclinometro G1 (serie relativa al periodo giugno 2019 - giugno 2020).

L'inclinometro BH3, ubicato nella parte sommitale della frana, nello stesso periodo, mette in evidenza una sostanziale situazione di stabilità, mostrando un fenomeno di *creep* molto evidente solo nel primo metro di profondità, con un'entità massima di circa 30 mm. Tra 15 e 20 m di profondità si osservano deboli deformazioni locali di circa 1-2 mm che non definiscono una superficie di reale movimento ma potrebbero essere legate ad una anomalia di realizzazione dello strumento.

Come detto, invece, gli inclinometri SN-GR-05bis e SN-GR-06ter, per cui attualmente sono disponibili solo due misure (maggio e giugno 2020), non forniscono ancora informazioni significative ai fini dell'evidenziazione di superfici di movimento.

Vertical array

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 16 di 29

Sono stati analizzati i dati relativi alle quattro verticali di monitoraggio automatizzato, tipo *Vertical Array* costituite da sensori MUMS, installate nei sondaggi SN-01, SN-02, SN-03 ed SN-04). Per questo sistema di monitoraggio, che ha iniziato il suo funzionamento a fine gennaio 2020, il periodo precedente a marzo è stato completamente scartato in quanto erano ancora in atto all'interno dei fori degli assestamenti molto significativi che hanno precluso l'ottenimento di misure affidabili (questo a seguito di un confronto con i fornitori del sistema, ASE Ltd), mentre è stato considerato il periodo compreso tra marzo e giugno. Prima di entrare nel merito delle misure ottenute, va specificato che i dati registrati dai sensori MUMS non sono valori di spostamento così come quelli ottenuti dai tradizionali inclinometri. Infatti, i sensori rilevano attraverso dei giroscopi degli spostamenti angolari. Inoltre, un altro aspetto da considerare è che sulle varie verticali di installazione i singoli sensori MUMS non sono sempre stati posizionati a uguale passo di distanza, bensì sono stati installati con le seguenti interdistanze variabili:

- 0.5 m, fino a 25 m in SN-01, fino a 25 m in SN-02, fino a 15 m in SN-03, fino a 10 m in SN-04;
- 1 m, da 25 m a 30 m in SN-01, da 25 m a 35 m in SN-02, da 15 m a 25 m in SN-03, da 10 m a 15 m in SN-04;
- 2 m, da 30 m a 68 m in SN-01, da 35 m a 79 m in SN-02, da 25 a 79 m in SN-03, da 15 m a 29 m in SN-04.

Trattandosi di misure angolari ottenute da sensori posti a interdistanze variabili, ne consegue che le misure ricavate in maniera automatizzata e leggibili sulla piattaforma fornita da ASE non sono direttamente utilizzabili per ottenere un riscontro in termini assoluti degli spostamenti sulle singole verticali. Pertanto, è stato richiesto ad ASE Ltd di fornire delle misure normalizzate ricalcolando gli spostamenti su interdistanze costanti di 0.5 m sulle varie verticali. Questa operazione ha consentito di ottenere misure all'incirca confrontabili con quelle che si otterrebbero da un inclinometro tradizionale. Questa operazione di normalizzazione è stata svolta sulla serie di dati relativi al periodo tra marzo e maggio 2020 e tra maggio e giugno 2020.

Il periodo di monitoraggio compreso tra maggio e giugno 2020, benché temporalmente ristretto, ad oggi rappresenta di fatto quello maggiormente rappresentativo per poter definire la profondità di una zona di scorrimento della frana. Si reputa che le seguenti profondità possano essere utilizzate per tracciare la base della superficie della frana Grottaminarda:

- SN-01, SN-02 e SN-03 - 22 m di profondità
- SN-04 - 10 m di profondità.

Il dato di profondità di 22 m rilevato da SN-01, SN-02 e SN-03 è identico a quello rilevato dall'inclinometro G1. Per quest'ultimo, peraltro è acclarato che a tale profondità il movimento abbia direzione di 35°, che è pienamente conforme con la direzione di massima pendenza del versante. L'involuppo dei movimenti alle profondità sopra descritte dà luogo alla rappresentazione del corpo di frana illustrata nella sezione geologica (n.184) rappresentata in Figura 7.

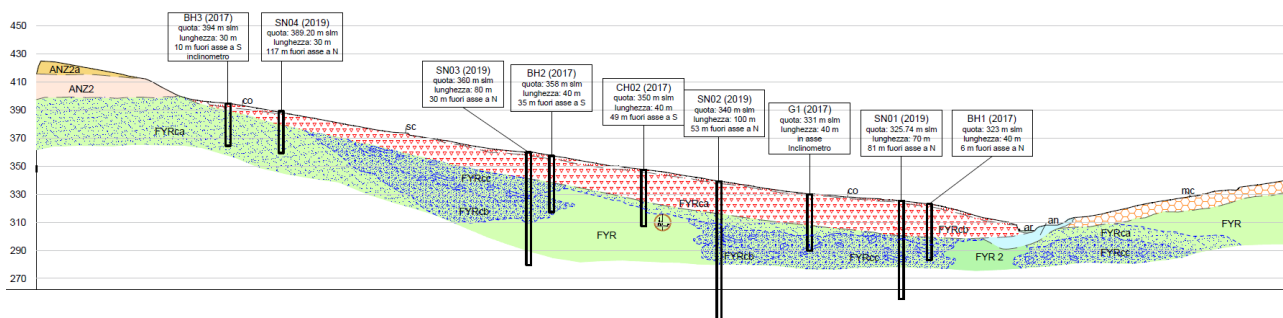


Figura 7. Stralcio non in scala della sezione geologica realizzata sulla zona di frana di Grottaminarda alla pk 4+075 (sezione n. 184).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 17 di 29

Interferenze del movimento franoso con l'opera e verifiche future

Il corpo di frana ricostruito e rappresentato in Figura 7 non pare interferire direttamente con la galleria. Infatti, tra la calotta della galleria e la base della frana sussiste un franco pari a ca. 6 m. Tuttavia, un aspetto importante da sottolineare riguarda il fatto che sia, gli inclinometri tradizionali sia i sistemi basati su *Vertical Array*, necessitano di tempistiche piuttosto lunghe, dell'ordine di diversi mesi, prima che gli effetti di assestamento siano completamente superati e che quindi le misure siano rappresentative dei processi gravitativi di versante in corso. Attualmente, si può affermare che solo l'inclinometro G1, installato nel 2017, stia fornendo delle misure di movimento inequivocabili, mentre per gli altri sensori MUMS, installati a inizio 2020, sussistono ancora probabili assestamenti. Pertanto, risulta chiaro come sia più che mai opportuno proseguire senza interruzioni con il monitoraggio sia degli inclinometri sia dei *Vertical Array*, per verificare che il modello della frana qui ricostruito risulti verificato anche successivamente e preliminarmente all'inizio della fase costruttiva.

2.2.3. VALUTAZIONE COMPARATIVA SCAVO TRADIZIONALE - SCAVO MECCANIZZATO

La realizzazione della galleria Grottaminarda mediante TBM di tipo EPB consente, per le ragioni già precedentemente descritte, di contenere in modo significativo il detensionamento dell'ammasso all'intorno del cavo e, come conseguenza, la propagazione degli effetti tenso-deformativi verso la superficie di scorrimento della frana. Quest'ultima dinamica, più evidente nel caso di scavo in tradizionale previsto nel progetto definitivo (per via dei maggiori volumi persi associati alle operazioni di scavo), rendeva necessaria l'introduzione del cunicolo drenante quale opera funzionale al ripristino delle condizioni di sicurezza del pendio rispetto alla situazione indisturbata (in assenza della perturbazione dovuta allo scavo della galleria). Gli esiti delle analisi condotte mostrano come l'impiego della TBM di tipo EPB limiti per sua natura il disturbo e l'alterazione del regime tenso-deformativo preesistente nel corpo di frana entro livelli significativamente inferiori a quelli attesi nello scenario di progetto definitivo (galleria scavata con metodo tradizionale) anche in assenza del cunicolo di drenaggio preventivo del corpo franoso che, pertanto, si configura come opera non più necessaria.

Come indicato al precedente capitolo 2.1.3, in conformità alle scelte progettuali operate nel progetto definitivo, la galleria Grottaminarda, a costruzione ultimata e durante l'esercizio della linea, sarà dotata delle predisposizioni necessarie all'attivazione di un sistema di drenaggio dell'ammasso al contorno della galleria.

Nell'ottica di valutare i possibili effetti indotti dallo scavo della galleria Grottaminarda sul corpo di frana, sono state svolte analisi numeriche che simulano il processo di scavo nella configurazione di Progetto Esecutivo (scavo con metodo meccanizzato).

La modellazione è stata condotta nel duplice scenario operativo di avanzamento:

- Volume perso 0.3% (scenario limite inferiore)
- Volume perso 0.6% (scenario limite superiore)

Per ciascuna condizione di analisi sono state verificate le condizioni di stabilità del versante in fase di scavo e nel medio-lungo termine (fase di esercizio), in quest'ultima condizione modellando il sistema di drenaggio e valutando il conseguente effetto in termini di abbattimento delle pressioni interstiziali. Gli esiti delle suddette analisi sono stati valutati in relazione alle condizioni di stabilità ante operam del versante, simulando la superficie di scivolamento restituita dal più recente aggiornamento dello studio geomorfologico.

Fra gli obiettivi principali delle attività condotte si considerano:

- valutazione qualitativa dei fenomeni di plasticizzazione dei terreni prodotti durante lo scavo della galleria al contorno del cavo e loro propagazione verso i depositi franosi;
- valutazione entità degli spostamenti indotti dallo scavo della galleria, con specifica considerazione degli spostamenti mobilitati nel corpo di frana.

Gli esiti delle analisi mostrano come l'impiego della TBM di tipo EPB limiti per sua natura il disturbo e l'alterazione del regime tenso-deformativo preesistente nel corpo di frana entro livelli significativamente inferiori a quelli attesi

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">XX0000 010</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">18 di 29</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RH	XX0000 010	D	18 di 29
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RH	XX0000 010	D	18 di 29													
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)																		

nello scenario di progetto definitivo con galleria scavata con metodo tradizionale, anche in assenza del cunicolo di drenaggio preventivo del corpo franoso che, pertanto, si configura come opera non più necessaria.

In entrambi gli scenari di previsione (condizioni operative di scavo) gli spostamenti orizzontali indotti dallo scavo della galleria sulla superficie di potenziale scorrimento del corpo di frana sono dell'ordine del centimetro. In particolare lo scenario con scavo meccanizzato e volume perso 0.6% restituisce fenomeni del tutto locali di plasticizzazione all'interfaccia tra i depositi franosi e il substrato, e l'assenza di propagazione di tali fenomeni lungo la superficie medesima nella direzione monte-valle.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 19 di 29

3. VANTAGGI CONSEGUITI CON LA VARIANTE

3.1. VANTAGGI IN TERMINI DI QUADRO ECONOMICO

La valorizzazione differenziale della soluzione proposta di realizzazione delle gallerie Melito e Grottaminarda con TBM rispetto allo scavo con metodi tradizionali di consolidamento, scavo e rivestimento porta ad una riduzione del valore delle opere.

Pertanto, la modifica introdotta riduce il costo di costruzione per la Stazione Appaltante di un importo pari a - 4.995.938,32 €, come illustrato analiticamente nei quadri di raffronto PD / PE della perizia differenziale.

Con riferimento alla suddetta riduzione di costo, si segnala come essa sia determinata sulla base costituita dall'importo lavori associato all'applicazione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento individuate per la galleria Grottaminarda e Melito dal quadro previsionale di Progetto Definitivo. L'approfondimento conoscitivo del contesto geologico/geomeccanico successivo al completamento della Campagna Geognostica di PE ha fornito, a questo proposito, un quadro previsionale che, specialmente nel caso della Galleria Melito, introduce settori di significativo sviluppo caratterizzati da una risposta meccanica dell'ammasso allo scavo più penalizzante nei confronti dell'avanzamento con metodo tradizionale di quanto non fosse previsto in PD. Nello specifico si tratta della tratta compresa fra le pk 6+600 e 7+300, per un totale di circa 700 m di sviluppo, laddove il profilo geologico di previsione del Progetto Definitivo collocava il membro calcareo del Flysch Rosso (FYR2) e corrispondentemente risultavano essere applicate sezioni tipo leggere quali A2 (50%), B1 (30%) e B2(20%) mentre, dalle più recenti elaborazioni condotte in sede di PE, è atteso un passaggio nella medesima formazione di estensione nell'ordine dei 50 m - 100 m peraltro a marcato disturbo tettonico. La restante parte della tratta corrispondente risulta, da previsione, essere caratterizzata dalla presenza della litofacies ruditica a matrice argilloso-marnosa del Flysch Rosso (FYRcc), dalle argille marnose e siltiti argillose della litofacies pelitica della Formazione della Baronina (BNA2) e dalle marne / arenarie della Formazione del Vallone Ponticello. In tale contesto l'avanzamento con metodo tradizionale prevedrebbe il ricorso anche a sezioni tipo C2p / C2 con applicazione localmente prevalente sulle sezioni B2 / B1, determinando lavorazioni più onerose in termini economici e temporali.

3.2. VANTAGGI IN TERMINI DI PROGRAMMA LAVORI

In generale, l'introduzione dello scavo meccanizzato permette di incrementare la produzione circa di un ordine di grandezza; questo vantaggio è ancora più evidente per scavi in ammassi difficili, quali il Flysch rosso, nei quali lo scavo in tradizionale deve ricorrere a consolidamenti massivi al fronte ed al contorno, sfondi e passo centine ridotti, posa in opera del puntone in arco rovescio e/o getto dell'arco rovescio a ridosso del fronte. Per tale ragione lo scavo delle gallerie di linea Grottaminarda e Melito con TBM, scavando da un solo fronte, risulta più veloce rispetto allo scavo in tradizionale ancorché condotto da più fronti, come da programma lavori del Progetto Definitivo. L'entità della riduzione è stata stimata in 30 giorni.

Riguardo ai termini di riduzione temporale della fase di scavo rispetto all'avanzamento con metodo tradizionale si richiama quanto menzionato nel precedente capitolo riguardo alla significativa, minore, estensione della tratta da scavarsi nella facies calcarea del Flysch Rosso lungo la galleria Melito, secondo quanto emerge dal raffronto dei profili geologici di previsione del PD e del PE.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 20 di 29

3.3. VANTAGGI SULLA CANTIERIZZAZIONE

L'adozione dello scavo meccanizzato per le gallerie Grottaminarda e Melito consente di raggiungere alcuni importanti vantaggi in termini di:

- ottimizzazione del programma dei lavori;
- diminuzione complessiva dei viaggi necessari per il trasporto dei materiali di costruzione nei vari siti;
- controllo della qualità complessiva delle opere realizzate, grazie alla possibilità di produrre gli elementi strutturali in impianti di prefabbricazione specializzati;
- incremento della sicurezza sui cantieri, attraverso la diminuzione del numero di lavorazioni e operazioni previste per la realizzazione delle opere.

La tecnologia individuata consentirà di scavare le gallerie Grottaminarda e Melito in sequenza a partire da un unico cantiere posto all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda, e successiva traslazione della TBM e backup attraverso il viadotto Ufita Melito per poter eseguire lo scavo della Melito; saranno di conseguenza rimodulate le aree di cantiere, riducendo di molto l'impatto dei cantieri intermedi originariamente dedicati allo scavo delle due gallerie di linea (Grottaminarda lato Napoli; Melito lato Napoli, lato Bari e finestra carrabile). L'area del cantiere di alimentazione TBM sarà invece essere ampliata senza interessare aree vincolate garantendo al contempo la riduzione complessiva delle aree di cantiere pari al 10% di quella originaria, come richiesto nel disciplinare di gara. Le aree di deposito terre temporaneo rimangono immutate.

Il cantiere di alimentazione della TBM ubicato in prossimità dell'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda raccoglierà tutti i materiali necessari al funzionamento della TBM ed alla costruzione della galleria (in primis, i conci prefabbricati di rivestimento) e da qui verrà allontanato il marino risultante dallo scavo della galleria. Lo scavo delle due gallerie avverrà in continuità con la traslazione della TBM, opportunamente alleggerita mediante lo smontaggio di alcune sue parti, sul viadotto Melito. All'imbocco lato Napoli della galleria Melito sarà allestito il cantiere di arrivo della TBM, dove questa verrà smontata.

3.3.1. LOGISTICA GENERALE

Uno degli aspetti migliorativi conseguente l'adozione dello scavo meccanizzato per le gallerie Grottaminarda e Melito consiste nel fatto che entrambe le gallerie verranno scavate, in sequenza, a partire da un unico cantiere ubicato all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda. Nel progetto definitivo, invece, la realizzazione delle gallerie nei tempi a disposizione era previsto dai due imbocchi per la galleria Grottaminarda e dai due imbocchi e dalla finestra carrabile intermedia per la galleria Melito. Ebbene, con l'adozione della tecnica dello scavo meccanizzato viene notevolmente ridotto il numero dei fronti di attacco delle gallerie e, quindi, dei relativi cantieri di lavoro.

Il passaggio dal termine della galleria Grottaminarda all'inizio della galleria Melito comporta l'attraversamento dell'incisione ivi presente che avverrà transitando sul Ufita Melito (VI02).

La galleria Rocchetta verrà invece realizzata, come da progetto definitivo e di offerta, dall'imbocco lato Napoli verso l'imbocco lato Bari.

Considerata la lunghezza delle tre gallerie, gli scavi nelle due direzioni si equivalgono e risultano ben bilanciati per quanto riguarda lunghezze e volumi complessivi di marino: la galleria Rocchetta, infatti, sviluppa circa 6550 m, mentre la somma delle lunghezze di scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito è pari a circa 6400 m.

Il cantiere di alimentazione della TBM che scaverà le gallerie Melito e Grottaminarda situato all'imbocco lato Bari di quest'ultima galleria, dovrà essere potenziato rispetto alla configurazione di progetto definitivo per poter supportare le nuove funzioni cui sarà destinato e, in particolare, per poter sorreggere la gestione dei volumi di marino provenienti dalle due gallerie e dei materiali da costruzione che vi confluiranno (conci prefabbricati, malte, additivi per lo scavo, etc.), nonché i flussi veicolari necessari per trasportare il marino ai siti di destinazione finale.

Pertanto, la "pressione" che generano i cantieri sul territorio tenderà quindi a concentrarsi nelle due aree di imbocco (imbocco lato Napoli galleria Rocchetta ed imbocco lato Bari galleria Grottaminarda) e diminuirà

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 21 di 29

notevolmente in corrispondenza degli imbocchi intermedi. In coerenza con quanto previsto dal progetto definitivo e prescritto dall'Ordinanza n. 35 (cfr. punto 41), è necessario introdurre percorsi di cantiere alternativi che evitano l'utilizzo della viabilità minore in fase di cantiere e l'attraversamento dei centri abitati quali ad esempio il centro storico di Melito Vecchio.

Sul lato galleria Rocchetta la proposta avanzata non modifica il quadro previsionale di progetto esecutivo mentre sul lato di attacco della galleria Grottaminarda si concentrerà il peso del cantiere logistico necessario per lo scavo delle due gallerie.

Ad ogni modo l'infrastruttura viaria per l'accesso all'imbocco Grottaminarda lato Bari è favorevole all'installazione di un cantiere di imbocco TBM. Il cantiere infatti si trova in prossimità di viabilità primaria (SS 90, Autostrada A16,) del tutto adeguata a garantire la movimentazione di materiali non solo con mezzi di trasporto ordinari, ma anche eccezionali quali ad esempio la TBM stessa.

Peraltro, la nuova viabilità prevista nell'Appalto consentirà il collegamento diretto dal cantiere alla SS 90 e da qui al sistema stradale/autostradale primario.

Atro beneficio per il territorio è l'eliminazione del campo base CB.02, con la conseguente riduzione dell'occupazione di suolo, che non risulta più indispensabile nella nuova configurazione che può essere supportata dal solo campo base previsto in prossimità dell'imbocco lato Napoli della galleria Rocchetta (CB.03). Il campo base CB.02, infatti, ubicato in progetto definitivo in posizione baricentrica del tracciato, perde buona parte della sua valenza per via dell'eliminazione dei fronti di scavo intermedi delle gallerie Grottaminarda e Melito.

3.3.2. OTTIMIZZAZIONE AREE DI CANTIERE

L'estensione dello scavo meccanizzato a tutte e tre le gallerie del lotto consente un'ottimizzazione generale delle aree di cantiere a supporto delle differenti lavorazioni.

L'area del cantiere denominata posta all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda dovrà essere ampliata per poter installare il cantiere TBM di circa 40.000 mq rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo ove il cantiere era funzionale allo scavo in tradizionale di parte della galleria Grottaminarda.

Poiché lo scavo nel FYR presenta un quadro caratterizzato da potenziale clogging alto/medio alto, è prevista additivazione polimerica per la mitigazione del rischio congiuntamente all'iniezione degli ordinari agenti schiumogeni in camera di scavo. Tale additivazione richiede un tempo di decadimento delle sostanze polimeriche stimato in almeno 7 giorni, pertanto la capacità di stoccaggio temporaneo del materiale in attesa di caratterizzazione sarà di conseguenza aumentata in ragione del maggior tempo necessario sia per il decadimento degli agenti condizionanti sia per l'attesa degli esiti delle caratterizzazioni ambientali ed ecotossicologiche. La superficie di stoccaggio stimata in questa prima fase di analisi da posizionare all'imbocco del cantiere Grottaminarda lato Bari è circa pari a 50.000 mq. Tale grandezza permette di eseguire i campionamenti su cumuli/vasche di volumetria congruente con le disposizioni di legge.

Le considerazioni sopra riportate unite alle analisi degli spazi operativi per la gestione del cantiere TBM hanno portato alla definizione della superficie totale del cantiere GN01. Gli stessi criteri di stoccaggio e campionamento peraltro saranno utilizzati anche per il cantiere all'imbocco Rocchetta/Napoli.

A fronte dell'incremento dell'area di cantiere TBM si ha, oltre alla riduzione complessiva pari al 10% richiesto nel disciplinare di gara, una rimodulazione delle restanti aree di cantiere distribuite lungo l'intero tracciato con una diminuzione del numero di campi base ed una riduzione aree di stoccaggio. Le aree di deposito intermedio restano confermate così come individuate nel PD e approvate dal MATTM con parere n. 2641/2018.

3.3.3. APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI E STOCCAGGIO CONCI

La produzione dei conci prefabbricati per il rivestimento delle gallerie avverrà in impianti specializzati esterni alle aree di cantiere, ciò anche al fine di ridurre l'utilizzo del territorio. Gli elementi prefabbricati saranno trasportati, tramite viabilità ordinaria, ai due imbocchi lato Bari della galleria Grottaminarda e lato Napoli della galleria

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 22 di 29

Rocchetta in cui saranno ubicate apposite aree di stoccaggio provvisorio atte a garantire la continuità dello scavo per alcuni giorni in caso di impossibilità di approvvigionamento dai siti di produzione al cantiere (blocco viabilità ordinaria, giorni festivi etc.).

Le aree di stoccaggio saranno attrezzate con carri ponte per garantire efficienti flussi di movimentazione degli elementi sia in fase di scarico dei mezzi in arrivo dai siti di produzione, sia in fase di carico dei mezzi MSV che verranno utilizzati per il trasporto degli stessi al fronte di scavo.

Da questo punto di vista il cantiere all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda è ubicato in posizione ideale rispetto alla viabilità principale, per quanto riguarda il trasporto di prefabbricati, ciò che permette di evitare impatti significativi sulla viabilità ordinaria intermedia, in particolare quella di collegamento tra i diversi imbocchi delle gallerie.

3.3.4. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

La variante relativa alla realizzazione delle gallerie Melito e Grottaminarda non comporterà modifiche sostanziali al Piano di Utilizzo approvato dal MATTM con parere n. 2641/2018 (cod. elab. IF0G01D69RGTA0000001B) in quanto:

- Volume: non comporta un incremento dei volumi di scavo in misura superiore al 20%, si avrà ragionevolmente un decremento dei volumi conseguente la riduzione della sezione di scavo;
- Siti di destinazione finale: sono confermati quelli già individuati (a meno di ulteriori verifiche da parte del proponente);
- Siti di deposito intermedio: sono confermati quelli già individuati;
- Tecniche di scavo: la tecnica dello scavo meccanizzato è già prevista per la galleria Rocchetta e qui viene estesa anche gallerie Melito e Grottaminarda.

3.4. EFFETTI MIGLIORATIVI SULLA SICUREZZA IN FASE DI COSTRUZIONE

Lo scavo meccanizzato con TBM, a confronto con lo scavo in tradizionale, consente una notevole riduzione dei rischi per i lavoratori:

- rischio investimento ridotto per l'assenza di macchine e uomini durante l'avanzamento dello scavo;
- rischio seppellimento e caduta oggetti ridotto in quanto i lavoratori operano in un ambiente protetto;
- riduzione del rischio per la salute dei lavoratori derivante dalla produzione di polvere, fumi e rumore durante l'avanzamento con macchine scavatrici tradizionali;
- migliore controllo e prevenzione del rischio esplosioni in presenza di gas (si vedano in proposito le considerazioni svolte sulla scelta della macchina di scavo);
- trasporto dello smarino in sicurezza con l'ausilio di nastri trasportatori (alimentati elettricamente) che convogliano direttamente il materiale di scavo al sito di stoccaggio primario;

In termini di sicurezza sul lavoro la fresa inoltre garantisce la stabilità della galleria nel caso di abbandono del fronte di scavo, a cui consegue la riduzione dei rischi legati alla ripresa delle attività, diversamente dallo scavo con metodo tradizionale. Ulteriori vantaggi per la sicurezza derivano poi dalla minore produzione di polvere, fumi e rumore e dal trasporto dello smarino in sicurezza con l'ausilio dei nastri trasportatori, alimentati elettricamente.

Si consideri infine una generale diminuzione dei rischi verso l'esterno, in particolare per le componenti ambientali.

3.5. EFFETTI MIGLIORATIVI SULLE COMPONENTI AMBIENTALI

L'estensione dell'uso della tecnologia di scavo meccanizzato (TBM) alle gallerie Grottaminarda e Melito offre vantaggi e effetti migliorativi non solo di natura tecnica ma anche ambientale.

RISPARMI DI RISORSE NON RINNOVABILI

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 23 di 29

Trattandosi di un metodo di scavo industrializzato, si ha un'ottimizzazione del materiale da costruzione: minore impiego di calcestruzzo, quindi la necessità di inerti da cave, di cemento, di impianti per il confezionamento e dei trasporti necessari è inferiore.

RIDUZIONE EMISSIONE IN ATMOSFERA DI CO2 E DI POLVERI SOTTILI

Lo scavo con fresa, che è alimentata dalle linee elettriche esistenti, produce quantità di CO2 nettamente inferiori rispetto allo scavo tradizionale.

RIDUZIONE DELL'IMPATTO SUL TERRITORIO (COMPONENTI FISICHE E BIOTICHE)

Lo scavo meccanizzato richiede minori lavorazioni complementari rispetto al metodo tradizionale e tutte concentrate nei punti di imbocco, di conseguenza si riduce l'interferenza con il territorio rispetto a:

- Rete stradale utilizzata, ivi compresa l'eliminazione dell'interferenza dei percorsi dei mezzi di cantiere con il centro storico di Melito;
- Riduzione degli impatti per le componenti fisiche: rumore e emissioni in atmosfera (polveri);
- Riduzione delle interferenze con le componenti biotiche: vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi.

MAGGIORE EFFICIENZA NEL CONTROLLO DELLE TERRE

Il terreno di scavo dalla galleria viene direttamente trasportato fino alle vasche di caratterizzazione tramite nastro trasportatore, di conseguenza l'organizzazione logistica consente di avere un controllo più efficace per la caratterizzazione della quasi totalità dei materiali scavati (70-80% vengono da scavo con TBM) che si esegue nei due punti di produzione (vasche previste in prossimità degli imbocchi).

COMPATIBILITÀ DELLE LAVORAZIONI E TERRE CON L'AMBIENTE

L'uso della TBM comporta l'immissione nel terreno di prodotti che agevolano le operazioni di scavo e di sostegno del fronte. Tali prodotti (agenti schiumogeni condizionanti) conferiscono al materiale da scavo il livello di consistenza necessario per il trasferimento uniforme della pressione al fronte e per l'agevole estrazione tramite la coclea e dal punto di vista ambientale, oltre ad esser previsti dalla norma, sono biodegradabili e non tossici per l'ambiente acquatico e terrestre.

Inoltre, l'assenza dei residui di VTR, boiaccia e spritz beton nel terreno di scavo è compensata dall'uso di schiumogeni per i quali è scientificamente provata l'assenza di ecotossicità del materiale da scavo condizionato.

RIDUZIONE VOLUME DI SCAVO

Grazie alla maggiore efficienza statica della galleria circolare (TBM) e all'utilizzo di calcestruzzi di elevata resistenza che portano ad una riduzione degli spessori rispetto allo scavo in tradizionale

MINOR IMPATTO ACQUE SOTTERRANEE

Lo scavo in TBM garantisce il controllo e il contenimento delle eventuali venute d'acqua in sottoterraneo poiché sia la macchina che il rivestimento definitivo sono impermeabili. Ne consegue una minore interferenza con la circolazione idrogeologica in fase costruttiva e di conseguenza un minore impatto con le falde e le risorse idriche del territorio: con il metodo tradizionale si prevedono drenaggi complessivi in fase di scavo di circa 22 l/s per galleria Grottaminarda e 70 l/s per galleria Melito, passando allo scavo meccanizzato si possono eliminare tali drenaggi con conseguente riduzione dell'impatto con le acque sotterranee.

MINOR IMPATTO DI SUOLO

L'uso della TBM permette la concentrazione in punti ben definiti delle lavorazioni. Ne consegue la possibilità di ridurre aree di cantiere previste in caso di scavo con metodo tradizionale. L'eliminazione e riduzione di queste aree compensa ampiamente la maggiore area necessaria al solo cantiere GN01 (imbocco della galleria Grottaminarda lato Bari) per realizzare le vasche per la caratterizzazione e comunque, nel complesso, viene garantita la riduzione di oltre il 10% delle aree di cantiere come previsto in fase di Offerta. La riduzione delle aree di cantiere e la

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA											
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td data-bbox="719 293 847 378"> COMMESSA IF28 </td> <td data-bbox="847 293 959 378"> LOTTO 01 </td> <td data-bbox="959 293 1070 378"> CODIFICA E ZZ RH </td> <td data-bbox="1070 293 1246 378"> DOCUMENTO XX0000 010 </td> <td data-bbox="1246 293 1358 378"> REV. D </td> <td data-bbox="1358 293 1481 378"> FOGLIO 24 di 29 </td> </tr> </table>						COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 24 di 29
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 24 di 29							
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)												

concentrazione delle lavorazioni in un numero limitato dei punti comporta anche una minore percezione visiva delle aree stesse.

MANTENIMENTO DEL RISPETTO DEI VINCOLI PAESAGGISTICI GIÀ APPROVATI

Il passaggio al metodo meccanizzato determina la sola necessità di prevedere un ampliamento in prossimità dell'area di cantiere GN01 per le vasche di caratterizzazione. L'area non interessa zone soggette a vincolo paesaggistico, in quanto si mantiene sempre all'esterno della fascia di vincolo fluviale vicino a GN01. Inoltre, la riduzione ed eliminazione di alcune aree di cantiere consente una riduzione delle occupazioni (previste in PD) in aree tutelate.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 25 di 29

4. MODIFICHE ALLE OPERE DI IMBOCCO

4.1. INQUADRAMENTO GENERALE

Come premessa alla descrizione puntuale delle modifiche apportate in sede di PE alle opere di imbocco delle gallerie in argomento, si fornisce una sintesi delle motivazioni che hanno determinato l'inclusione nella variante in oggetto delle opere provvisoriale e definitive previste presso gli imbocchi stessi.

Le modifiche apportate alle opere provvisoriale, integralmente incluse nella variante, tengono conto delle maggiori altezze di scavo connesse alla introduzione culla di lancio / traslazione TBM; le medesime opere provvisoriale presentano layout e sviluppo planimetrico variato in funzione della differente logistica di cantiere connessa all'impiego scavo meccanizzato (richieste piazzole per disassemblaggio / riassetto fresa, logistica gestione scavo meccanizzato presso imbocco Grottaminarda lato Bari). Sono considerati parte integrante della variante gli interventi di natura definitiva inclusi nelle medesime wbs, condizionati nella loro geometria dalle modifiche intervenute sulle opere provvisoriale

Sono stati inclusi nella variante i tamponi in pali plastici presidio contesti di imbocco nelle fasi di lancio e arrivo con foratura diaframma della fresa.

Sono stati inclusi nella variante i placcaggi e rivestimenti frontali armati con barre in vetro resina strettamente connessi all'adozione della tecnica di scavo meccanizzato.

Sono state incluse le culle di lancio e traslazione TBM

Sono state incluse nella variante le Dime / protesi strutturali in CA con funzione definitiva di gallerie artificiali (anello di rivestimento interno montato con spinta a vuoto): tale soluzione è stata concepita allo scopo di perseguire l'ottimizzazione generale degli interventi, sia di natura provvisoriale che definitiva, alla luce della nuova tecnologia di scavo, con specifico riguardo al contesto geomorfologico in cui le opere si inseriscono.

Per tutti gli imbocchi, nei tratti sotto dima (Grottaminarda Bari, Grottaminarda Napoli, Melito Bari) e sotto protesi (Melito Napoli) è prevista la posa in opera di anelli di rivestimento in conci prefabbricati installati appunto in fase di lancio dello scavo (Grottaminarda Bari e Melito Bari) ovvero in fase di arrivo (Grottaminarda Napoli e Melito Napoli), mediante le ordinarie operazioni di assemblaggio condotte con erettore. Gli anelli posti in opera costituiranno parte integrante della galleria artificiale definitiva. Contestualmente all'avanzamento sarà operata l'iniezione di miscela bicomponente di allettamento della porzione inferiore dell'anello. Le culle di traslazione sono state concepite con geometria specifica per consentire di iniettare la suddetta miscela avente funzione di stabilizzazione dell'anello, su un settore angolare più ampio possibile. Pertanto la culla si estende, lateralmente, fin sopra il piano dei centri. Gli anelli saranno assemblati e collegati mediante dispositivi di connessione previsti da progetto sui giunti circonferenziali e radiali. Ad assemblaggio anelli ultimato si procederà alla realizzazione della veletta frontale di chiusura e successivamente all'intasamento del volume a tergo dell'anello, mediante iniezione di miscela cementizia confezionata con additivi antiritiro, condotta sia dalla galleria (fori di iniezione secondaria predisposti nei conci) che dalla dima/protesi soprastante (attraverso fori appositamente previsti in fase di getto della protesi medesima). Gli apprestamenti sopra descritti unitamente alle procedure e dettagli realizzativi che saranno forniti in PED consentiranno di gestire efficacemente la fase di costruzione della galleria artificiale, escludendo fattori di rischio potenzialmente determinanti la disarticolazione degli anelli. Per tali interventi è stato elaborato un nuovo prezzo specifico (vedasi documento IF28.0.1.E.ZZ.EP.XX.00.0.0.010.C VARIANTE 10 - Perizia differenziale (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 26 di 29

4.2. IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO BARI

La variante in esame ha determinato la necessità di realizzare una culla di lancio della fresa che, limitatamente al tratto posto all'altezza della dima di attacco dello scavo in naturale, risulta integrata con la struttura della dima medesima. L'insieme costituisce un'opera con funzione definitiva, diversamente dalla soluzione di PD per la quale la dima aveva funzione provvisoria. Nel tratto sotto dima è prevista la posa in opera di anelli di rivestimento in conci prefabbricati installati appunto in fase di lancio dello scavo, mediante le ordinarie operazioni di assemblaggio condotte con erettore.

Il tratto di culla esterno alla dima / galleria artificiale sarà oggetto di parziale demolizione per consentire la successiva realizzazione dei muri ad U. Pertanto si è prevista una geometria di ridotte dimensioni al fine di minimizzare gli oneri connessi alla demolizione del manufatto. Questo tratto in trincea denominata TR02, si sviluppa dalla progressiva 2+608 alla 2+654. Le dimensioni interne della sezione trasversale rispecchiano quanto previsto in PD; per quanto riguarda le altezze dei piedritti gli stessi sono stati adeguati, all'effettivo andamento morfologico del terreno aggiornato in base al rilievo celerimetrico di dettaglio. Le dimensioni trasversali del manufatto, inoltre sono state aumentate di spessore allo scopo di ottimizzare l'incidenza delle armature e contestualmente compensare in parte, la distanza con l'opera provvisoria costituita dalle due paratie di pali, la cui interdistanza è condizionata dalla fase di traslazione del TBM precedentemente descritta. L'intercapedine restante è stata compensata con il getto di calcestruzzo non strutturale,

Le opere di sostegno del versante poste in corrispondenza del tratto in trincea presentano un'estensione sensibilmente superiore a quelle previste in PD, dovendo presidiare l'area di cantiere per lo scavo meccanizzato.

Come approccio generale alla progettazione delle opere di imbocco e attacco della galleria naturale, si è perseguito l'intento di limitare l'ingombro degli scavi per l'attacco della galleria, avvicinando le paratie laterali e portando la dima in battuta. Lo sviluppo longitudinale della dima è stato in tal modo aumentato per fornire contrasto alle paratie laterali. Nello specifico il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione delle paratie di imbocco con pali di grande diametro (D1500) accostati in luogo dei diaframmi. La struttura, nel suo complesso (sistema di tirantatura incluso) offre prestazione analoga in termini di risposta alle sollecitazioni agenti. La modifica scaturisce dall'approfondimento conoscitivo del contesto geologico / geotecnico che ha consentito di identificare la tipologia selezionata come preferibile da un punto di vista tecnico. In particolare, le indagini geognostiche condotte nel luogo esatto dell'intervento hanno restituito la presenza di argille marnose a struttura omogenea. Trattasi di contesto a bassa permeabilità rispetto al quale l'introduzione di un'opera di sostegno tipo palificata non costituisce elemento di alterazione del quadro idrogeologico. Il fronte paratia è protetto con strato di spritz beton fibro-rinforzato. Analogamente alla soluzione di PD sono previsti drenaggi integrativi. Limitatamente al settore frontale della paratia di attacco in sovrapposizione con la sezione di scavo della galleria si è introdotto un tampone in spritz beton armato con doppia rete in fibra di vetro, in sostituzione dell'intervento protettivo tradizionale sopra descritto. La variante in esame prevede altresì l'inserimento di un tampone in pali plastici a tergo della paratia di attacco (colonne diametro 1000 mm, maglia quinconcia lato 90 cm), per una profondità di circa 12 m.

I ritombamenti finali sull'area di imbocco propongono configurazione analoga al Progetto Definitivo.

4.3. IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO NAPOLI

Il PE ha previsto la realizzazione di una soletta di collegamento in testa alle paratie laterali sulla quale ripristinare la viabilità locale interferita (NV05) in via definitiva. Non è più previsto l'impalcato provvisorio posto più a valle, data l'interferenza dello stesso con le operazioni di traslazione e smantellamento TBM (a scavo galleria Grottaminarda completato). La differente fase realizzativa individuata per effetto della differente modalità di scavo e con finalità di perseguire una generale ottimizzazione delle opere d'arte, prevede la realizzazione di una deviazione provvisoria della viabilità Colle Saudone funzionale alla realizzazione delle opere di imbocco strettamente necessarie al ripristino della viabilità medesima sulla sede definitiva (paratia di attacco frontale della galleria e tratti di paratie laterali a sostegno della soletta di testa). Nella medesima fase si procederà alla realizzazione di un tampone in pali plastici all'imbocco (colonne diametro 1000 mm, maglia quinconcia lato 90 cm), per una profondità di circa 5 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 27 di 29

Limitatamente al settore frontale della paratia di attacco in sovrapposizione con la sezione di scavo della galleria si è introdotto un tampone in spritz beton armato con doppia rete in fibra di vetro, in sostituzione dell'intervento protettivo tradizionale.

La variante prevede altresì la realizzazione della culla di traslazione della fresa sino al piazzale di smontaggio. Nel tratto sotto la soletta di collegamento, per un totale di 15 m ca, saranno installati anelli di rivestimento (montati dalla TBM in fase spinta a vuoto per traslazione sino all'altezza del piazzale di smontaggio, a costituire la galleria artificiale originariamente costituita da una struttura gettata in opera). La culla nel tratto oltre la galleria artificiale sarà parzialmente demolita per consentire la realizzazione dei muri ad U. Questo tratto in trincea denominata TR03, si sviluppa dalla progressiva km 4+697 a progressiva km 4+821. Anche in questo caso, le dimensioni interne della sezione trasversale rispecchiano quanto previsto in PD; analogamente alla TR02, le altezze dei piedritti sono stati adeguati, all'effettivo andamento morfologico del terreno aggiornato in base al rilievo celerimetrico di dettaglio.

Le dimensioni trasversali del manufatto, inoltre sono state aumentate di spessore allo scopo di ottimizzare l'incidenza delle armature e contestualmente compensare in parte, la distanza con l'opera provvisoria costituita dalle due paratie di pali, la cui interdistanza è condizionata dalla fase di traslazione della TBM precedentemente descritta. L'intercapedine restante è stata compensata con il getto di calcestruzzo non strutturale,

La paratia lato sud-ovest presenta uno sviluppo superiore a quello originariamente previsto dal Progetto Definitivo essendosi reso necessario l'apprestamento di un piazzale di lavoro per il disassemblaggio della fresa al termine dello scavo TBM. E' stata ad ogni modo individuata una tipologia strutturale delle opere di sostegno specifica per il contesto di intervento (oggetto di indagini di approfondimento in sede di PE) prevedente la realizzazione delle paratie di imbocco con pali di grande diametro (D1500 mm) accostati in luogo dei pali secanti (diametro 1200 mm). La struttura, nel suo complesso (sistema di tirantatura incluso) offre prestazione analoga in termini di risposta alle sollecitazioni agenti e si caratterizza per una maggiore semplicità ed affidabilità dei processi costruttivi. Come sopra detto, la modifica scaturisce dall'approfondimento conoscitivo del contesto geologico / geotecnico che ha consentito di identificare la tipologia selezionata come preferibile da un punto di vista tecnico. In particolare, le indagini geognostiche condotte nel luogo esatto dell'intervento hanno restituito la presenza di argille marnose a struttura omogenea. Trattasi di contesto a bassa permeabilità rispetto al quale l'introduzione di un'opera di sostegno tipo palificata non costituisce elemento di alterazione del quadro idrogeologico.

I ritombamenti finali sull'area di imbocco propongono configurazione analoga al Progetto Definitivo.

4.4. IMBOCCO GALLERIA MELITO LATO BARI

Come approccio generale alla progettazione delle opere funzionali all'attacco dello scavo, si è perseguito l'intento di limitare l'ingombro degli scavi per l'attacco della galleria, avvicinando le paratie laterali e portando la dima in battuta su di esse. Lo sviluppo longitudinale della dima è stato in tal modo aumentato per fornire contrasto alle paratie laterali. La paratia d'ala lato ovest presenta un tratto laterale di modesto sviluppo, originariamente non previsto da PD, funzionale al presidio dell'area di cantiere necessaria all'effettuazione delle operazioni di ri-assemblaggio e lancio della fresa. E' stata ad ogni modo individuata una tipologia strutturale delle opere di sostegno specifica per il contesto di intervento (oggetto di indagini di approfondimento in sede di PE) prevedente la realizzazione delle paratie di imbocco con pali di grande diametro (D1500 mm) accostati in luogo dei diaframmi. La modifica scaturisce dall'approfondimento conoscitivo del contesto geologico / geotecnico che ha consentito di identificare la tipologia selezionata come preferibile da un punto di vista tecnico. Le evidenze dello studio geologico/geotecnico mostrano la presenza, piuttosto estesa, della facies calcarea del Flysch sub-affiorante, al di sotto della quale si trova la facies più marcatamente argillosa con inclusi litoidi in percentuale variabile. Trattasi di contesto rispetto al quale l'introduzione di un'opera di sostegno tipo palificata si configura come migliorativo in termini di semplicità ed efficacia delle operazioni di costruzione. Il fronte paratia è protetto con strato di spritz beton fibro-rinforzato. Analogamente alla soluzione di PD sono previsti drenaggi integrativi.

Limitatamente al settore frontale della paratia di attacco in sovrapposizione con la sezione di scavo della galleria si è introdotto un tampone in spritz beton armato con doppia rete in fibra di vetro, in sostituzione dell'intervento protettivo tradizionale sopra descritto.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D	FOGLIO 28 di 29

E' stata introdotta una paratia di pali D1000 a presidio della strada locale posta a monte dell'area di imbocco (viabilità interrotta in fase di cantiere).

La variante in esame ha determinato la necessità di realizzare una culla di lancio della fresa che, limitatamente al tratto sotto – dima, risulta integrata con la struttura della dima medesima. L'insieme costituisce un'opera con funzione definitiva, diversamente dalla soluzione di PD per la quale la dima aveva funzione provvisoria. Nel tratto sotto dima (nell'ordine della decina di metri) saranno posti in opera anelli di rivestimento in conci prefabbricati a costituire la struttura della galleria artificiale originariamente gettata in opera.

Il tratto di culla esterno alla dima / galleria artificiale sarà oggetto di parziale demolizione per consentire la successiva realizzazione del portale a becco di flauto. Pertanto si è prevista una geometria di ridotte dimensioni al fine di minimizzare gli oneri connessi alla demolizione del manufatto.

Si rende inoltre necessario un riporto preventivo di materiale per la formazione di una piazzola di lavoro dalla quale eseguire un tampone di consolidamento per lancio della fresa, costituito da uno schermo di iniezioni cementizie effettuato da tubi a manchettes (calcarì sub affioranti): questo intervento è determinato in particolare da una conformazione morfologica locale restituita dal rilievo celerimetrico di PE che mostra ricoprimenti inferiori sulle opere di imbocco e sui primi metri di scavo in naturale.

I ritombamenti finali sull'area di imbocco propongono configurazione che si differenzia da quella del Progetto Definitivo in ragione degli scostamenti locali riscontrati con rilievo celerimetrico rispetto alla base cartografica di riferimento del PD. Si è previsto quindi di mantenere in fase definitiva il volume costituito dalla piazzola di lavoro per la realizzazione dei consolidamenti, cui sovrapporre locali interventi di riporto materiale per mascherare e naturalizzare le forme. Si garantiscono in questo modo ricoprimenti minimi sulle opere di imbocco (portale, galleria artificiale, galleria naturale, altrimenti non disponibili).

4.5. IMBOCCO GALLERIA MELITO LATO NAPOLI

Il PE prevede la realizzazione delle paratie di imbocco con diaframmi analogamente al Progetto Definitivo.

L'approfondimento conoscitivo del quadro geologico e geomorfologico ha determinato il ricorso ad una soluzione di imbocco della galleria naturale con protesi di protezione. In particolare è prevista la realizzazione di una protesi in c.a. impostata sui diaframmi che costituiscono le ali laterali e lo scavo a foro cieco sotto protesi dal piazzale antistante sino alla paratia di attacco, per fasi di ribasso successivo. La soluzione individuata e la fessitura realizzativa connessa introduce benefici in termini di minore deformabilità delle opere, con funzione di presidio delle coltri. La viabilità locale potrà essere ripristinata sulla sede definitiva, soprastante il tratto in protesi, una volta completato il ritombamento sopra la protesi stessa.

La variante prevede altresì la realizzazione della culla di traslazione della fresa che, limitatamente al tratto sotto protesi, funge da puntone di contrasto per l'opera di sostegno (con benefici in termini di minore deformabilità delle opere). Nel tratto sotto protesi (di circa 28 metri) saranno posti in opera anelli di rivestimento in conci prefabbricati a costituire la galleria artificiale originariamente gettata in opera. Il tratto di culla esterno alla dima / galleria artificiale sarà oggetto di parziale demolizione per consentire la successiva realizzazione del portale a becco di flauto. Pertanto si è prevista una geometria di ridotte dimensioni al fine di minimizzare gli oneri connessi alla demolizione del manufatto.

E' stato inserito tampone in pali plastici all'imbocco, a tergo della paratia di testa (colonne diametro 1000 mm, maglia quinconcia lato 90 cm), per una profondità di circa 5 m.

I ritombamenti finali sull'area di imbocco propongono configurazione analoga al Progetto Definitivo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO VARIANTE 10 - Relazione tecnica di Variante (Gallerie Grottaminarda e Melito estensione modalità di scavo con TBM)	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO XX0000 010	REV. D FOGLIO 29 di 29

5. RIEPILOGO DELLE VARIAZIONI DEI COSTI

DESCRIZIONE	IMPORTO DA CONVENZIONE	IMPORTO P.E.V.	DELTA P.E. VS. CONVENZION	IMPORTO DA RICONOSCERE	DELTA IMPORTO DA RICONOSCERE
GB01 Galleria Grottaminarda: Consolidamento con drenaggio	2.740.670,46		-2.740.670,46	0,00	-2.740.670,46
GA01 Galleria Grottaminarda: Tratto artificiale di imbocco lato Bari	108.872,10	410.245,37	301.373,27	410.245,37	301.373,27
GA02 Galleria Grottaminarda: Tratto artificiale di imbocco lato Napoli	142.257,91	512.582,70	370.324,79	512.582,70	370.324,79
GA03 Galleria Melito: Tratto artificiale di imbocco lato Bari	227.837,12	431.227,06	203.389,94	431.227,06	203.389,94
GA04 Galleria Melito: Tratto artificiale di imbocco lato Napoli	351.690,42	538.797,19	187.106,77	538.797,19	187.106,77
GI01 Galleria Grottaminarda: Opere provvisionali di imbocco lato Bari	1.742.340,45	1.478.438,70	-263.901,75	1.478.438,70	-263.901,75
GI02 Galleria Grottaminarda: Opere provvisionali di imbocco lato Napoli	1.060.493,87	999.801,48	-60.692,39	999.801,48	-60.692,39
GI03 Galleria Melito: Opere provvisionali di imbocco lato Bari	1.215.859,03	1.377.702,40	161.843,37	1.377.702,40	161.843,37
GI04 Galleria Melito: Opere provvisionali di imbocco lato Napoli	425.735,19	1.291.225,29	865.490,10	1.291.225,29	865.490,10
TR02 TR02 - Trincea Grottaminarda imbocco E da progr. 2+620 a progr. 2+71	775.311,02	1.774.779,82	999.468,80	1.774.779,82	999.468,80
TR03 TR03 - Trincea - Grottaminarda imbocco W da progr. 4+713 a progr. 4+	917.841,02	2.133.848,02	1.216.007,00	2.133.848,02	1.216.007,00
TR04 TR04 - Trincea Melito Imbocco W da progr. 9+597.1 a progr. 9+632	3.423.736,80	1.352.961,09	-2.070.775,71	1.352.961,09	-2.070.775,71
VAR 10 - GALLERIE GROTAMINARDA E MELITO	13.132.645,39	12.301.609,12	-831.036,27	12.301.609,12	-831.036,27
TOTALE CORPO "OGGETTO di VARIANTE"	13.132.645,39	12.301.609,12	-831.036,27	12.301.609,12	-831.036,27
GA01 Galleria Grottaminarda: Tratto artificiale di imbocco lato Bari	754,89	6.695,48	5.940,59	6.695,48	5.940,59
GA02 Galleria Grottaminarda: Tratto artificiale di imbocco lato Napoli	972,00	8.579,30	7.607,30	8.579,30	7.607,30
GA03 Galleria Melito: Tratto artificiale di imbocco lato Bari	4.362,28	817,47	-3.544,81	817,47	-3.544,81
GA04 Galleria Melito: Tratto artificiale di imbocco lato Napoli	5.916,68	7.980,91	2.064,23	7.980,91	2.064,23
GI01 Galleria Grottaminarda: Opere provvisionali di imbocco lato Bari	109.456,82	192.856,51	83.399,69	192.856,51	83.399,69
GI02 Galleria Grottaminarda: Opere provvisionali di imbocco lato Napoli	79.975,24	88.439,28	8.464,04	88.439,28	8.464,04
GI03 Galleria Melito: Opere provvisionali di imbocco lato Bari	59.686,91	102.547,00	42.860,09	102.547,00	42.860,09
GI04 Galleria Melito: Opere provvisionali di imbocco lato Napoli		154.053,49	154.053,49	154.053,49	154.053,49
GN01 Galleria Grottaminarda	46.919.098,65	37.029.133,21	-9.889.965,44	37.029.133,21	-9.889.965,44
GN02 Galleria Melito	79.632.690,32	83.368.652,85	3.735.962,53	83.368.652,85	3.735.962,53
GR01 Galleria Grottaminarda Nicchie	169.579,17	1.437.448,33	1.267.869,16	1.437.448,33	1.267.869,16
GR02 Galleria Melito Nicchie	339.453,60	2.600.892,65	2.261.439,05	2.600.892,65	2.261.439,05
TR02 TR02 - Trincea Grottaminarda imbocco E da progr. 2+620 a progr. 2+71	87.294,19	188.723,15	101.428,96	188.723,15	101.428,96
TR03 TR03 - Trincea - Grottaminarda imbocco W da progr. 4+713 a progr. 4+	73.618,57	164.657,24	91.038,67	164.657,24	91.038,67
TR04 TR04 - Trincea Melito Imbocco W da progr. 9+597.1 a progr. 9+632	1.230.781,87	304.075,74	-926.706,13	304.075,74	-926.706,13
VAR 10 - GALLERIE GROTAMINARDA E MELITO	128.713.641,19	125.655.552,61	-3.058.088,58	125.655.552,61	-3.058.088,58
TOTALE MISURA "OGGETTO di VARIANTE"	128.713.641,19	125.655.552,61	-3.058.088,58	125.655.552,61	-3.058.088,58
TOTALE COMPLESSIVO	141.846.286,58	137.957.161,73	-3.889.124,85	137.957.161,73	-3.889.124,85