

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

GN01 - GALLERIA NATURALE HIRPINIA

ELABORATI GENERALI

-

Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 07/07/2023	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. Tanzini

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF3A	02	E	ZZ	RH	GN0100	007	E	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	R. Rege	08/02/2022	A. Lucia	08/02/2022	M. Tanzini	08/02/2022	Ing. Andrea Polli
C	C.08.02 a valle del contraddittorio	E. Molina	15/11/2022	A. Lucia	15/11/2022	M. Tanzini	15/11/2022	
D	C.08.04 a valle del contraddittorio	E. Molina	07/02/2023	M. Trezzi	07/02/2023	M. Tanzini	07/02/2023	
e	C.08.06 a valle del contraddittorio	E. Molina	07/07/2023	M. Trezzi	07/07/2023	M. Tanzini	07/07/2023	

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 2 di 43

Indice

1	INTRODUZIONE	3
1.1	PREMESSA.....	3
1.2	OGGETTO E SCOPO.....	3
1.3	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	3
1.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
1.4.1	GALLERIA DI LINEA A SINGOLA CANNA DOPPIO BINARIO (LATO NAPOLI) O DOPPIA CANNA SINGOLO BINARIO (LATO BARI)	7
2	FASI PROGETTUALI.....	8
3	CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	10
3.1.1	FLYSCH DI FAETO (FAE).....	10
3.1.2	ARGILLITI POLICROME DEL CALAGGIO (APC)	18
4	PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL FRONTE E DEL CAVO..	27
4.1	CRITERI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO	27
4.1.1	TRATTA GALLERIA DI LINEA A SINGOLA CANNA DOPPIO BINARIO DALL'IMBOCCO LATO NAPOLI AL POZZO DI LANCIO TBM	27
4.1.2	TRATTA GALLERIA DI LINEA A DOPPIA CANNA SINGOLO BINARIO DALL'IMBOCCO LATO BARI	27
4.2	VALORI ATTESI DI SOGLIA	28
5	LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITA'	30
5.1	CRITERI PER L'APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA.....	30
5.2	SEZIONI TIPO TRATTA GALLERIA DI LINEA A SINGOLA CANNA DOPPIO BINARIO DALL'IMBOCCO LATO NAPOLI AL POZZO DI LANCIO TBM.....	31
5.2.1	SEZIONE TIPO C2P.....	31
5.2.2	SEZIONE TIPO C2P CAMERONE - TRATTO INTERASSE BINARI DA 4 M A 5 M	32
5.2.3	SEZIONE TIPO C2P CAMERONE - TRATTO INTERASSE BINARI DA 5 M A 6.5 M	34
5.3	SEZIONI TIPO TRATTA GALLERIA DI LINEA A DOPPIA CANNA SINGOLO BINARIO DALL'IMBOCCO LATO BARI	35
5.3.1	SEZIONE TIPO A1-VAR.....	35
5.3.2	SEZIONE TIPO A2-VAR.....	36
5.3.3	SEZIONE TIPO B1-VAR.....	37
5.3.4	SEZIONE TIPO A2 ALLARGATA.....	39
6	PROCEDURA PER LA GESTIONE DELLE LINEE GUIDA	41
7	CONCLUSIONI	43

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 3 di 43

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Per quanto concerne le condizioni geotecniche delle formazioni geologiche interessate dallo scavo della galleria in oggetto, si rimanda all'apposita relazione geotecnica e al profilo geotecnico di previsione e di monitoraggio che è stato appositamente predisposto per il Progetto Esecutivo della galleria.

Per la piena comprensione del presente documento occorre fare riferimento alla relazione di calcolo del progetto esecutivo, con particolare riferimento alle condizioni geologico-geotecniche e al comportamento tensio - deformativo del fronte e del cavo scaturito dalle analisi numeriche effettuate. Vengono, inoltre, definiti tutti gli elementi, rilevabili in corso d'opera, che permettono al progettista l'applicazione delle presenti linee guida il cui scopo è:

- confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate nell'elaborato profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio del Progetto Esecutivo;
- variare gli interventi di consolidamento, preconsolidamento, precontenimento che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell'opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geotecniche riscontrate al fronte di avanzamento, nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo (questi ultimi come noto sono dipendenti dalla natura dell'ammasso in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, dagli stati tensionali sia preesistenti sia conseguenti alle operazioni di scavo);
- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste nelle diverse tratte di scavo della galleria o comunque previste in Progetto Esecutivo nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

1.2 Oggetto e scopo

Le presenti linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo di scavo e avanzamento hanno per oggetto le seguenti tratte di galleria realizzata in tradizionale:

- Tratta a partire dall'imbocco lato Napoli e fino al pozzo di lancio TBM realizzato dall'alto: (1) dalla progressiva di imbocco lato Napoli km 68+529.375 (con riferimento al binario pari) alla progressiva km 68+383.38 per una lunghezza pari a 145.99 m, tratta a singola canna e doppio binario; (2) dalla progressiva km 68+383.38 alla progressiva 68+287.5, per una lunghezza di 95.88 m, camerone - tratto interasse binari da 4 m – 5 m; (3) dalla progressiva 68+287.5 alla progressiva 68+250.091 per una lunghezza di 37.409 m, camerone - tratto interasse binari da 5 m – 6.5 m.
- Tratta a doppia canna singolo binario, a partire dall'imbocco lato Bari (progressiva km 41+453,126) fino alla camera di spinta da cui partirà il tratto realizzato in meccanizzato (pk 41+568.126 BP - pk 41+593.126 BP)

Lo scopo della presente relazione è quello di descrivere in dettaglio le sezioni tipo previste, considerando per ciascuna di esse il campo di applicazione, le fasi costruttive, gli interventi da eseguire e il campo di variabilità degli interventi, la cui gestione sarà condotta sulla base dei rilievi e monitoraggi che verranno effettuati in corso d'opera, ampiamente descritti nella relazione di monitoraggio, adottando i criteri riportati nel presente documento relativo alle linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo di scavo e avanzamento.

1.3 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il tracciato della tratta Hirpinia-Orsara, di lunghezza complessiva pari a circa 27 km, si sviluppa prevalentemente in sotterraneo con la galleria "Hirpinia" di lunghezza pari a circa 27 Km. Ubicata fra le progressive di tracciato (B.P.) km 41+453,126 (imbocco lato Bari) e km 68+529,375 (imbocco lato Napoli), la Galleria Hirpinia ha una lunghezza della tratta in naturale di 27076.25 m e una lunghezza delle tratte in artificiale pari a 39,5 m.

Partendo dall'imbocco lato Bari posto ad una quota di 362,39 m s.l.m., il tracciato procede con pendenza crescente con un valore pari al 5% fino alla pk 44+692 e successivamente con pendenza del 12% fino al punto di culmine alla pk 53+617. In questo tratto sono presenti le massime coperture della galleria pari a 370 m in corrispondenza delle pk

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 4 di 43

43+115 e 48+680 circa. Dal punto di culmine il tracciato prosegue in discesa con una pendenza del 12‰ fino alla pk 65+959.9, ad esclusione del tratto compreso tra le pk 56+732.5 e 57+785.5 dove la pendenza si riduce al 10‰. Dalla pk 65+959.9, posta in corrispondenza del sottoattraversamento del torrente Fiumarella dove la copertura della galleria raggiunge il valore minimo pari a 10 m, la pendenza del tracciato diminuisce gradualmente fino all'imbocco lato Napoli posto ad una quota di 336,9 m s.l.m.

La configurazione della galleria è a doppia canna singolo binario per la quasi totalità del suo sviluppo; per esigenze di tracciato, la configurazione è a singola canna doppio binario per il tratto che precede l'uscita lato Napoli. Il passaggio dalla configurazione a doppia canna a quella a singola canna è realizzato tramite un camerone di diramazione di lunghezza pari a 70 m circa. Nel tratto a doppia canna l'interasse tra le gallerie è di 40 m ad eccezione di un tratto compreso tra le pk 48+000 e pk 57+800 circa, all'interno del quale l'interasse è stato aumentato a 50 m per esigenze funzionali (Punto Antincendio) e per le caratteristiche del contesto geotecnico attraversato.

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

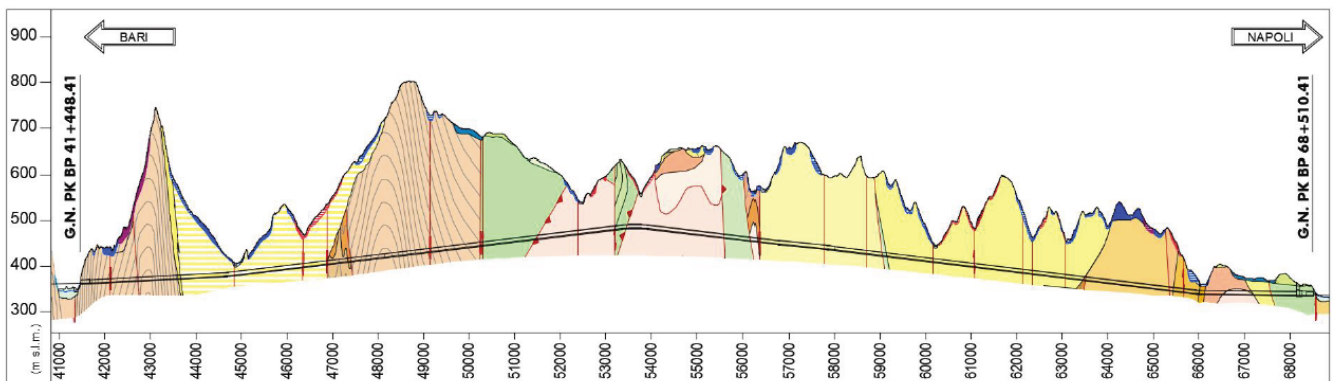


Figura 1-1. Profilo galleria Hirpinia.

In particolare, nel tratto a doppia canna singolo binario la sezione adottata per lo scavo in meccanizzato (Figura 1-2) ha raggio pari a 4,20 metri ed area libera di poco superiore ai 55 m², mentre per lo scavo tradizionale (Figura 1-3) è prevista una sezione policentrica con raggio di calotta e piedritti pari a 3,50 metri ed area libera di poco superiore a 52 m². Nel tratto a singola canna doppio binario è prevista una sezione policentrica (Figura 1-4) con raggio di calotta e piedritti pari a 5,40 metri ed area libera di poco superiore a 82 m². È previsto l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo "RFI-240" poggiate su ballast ed elettrificazione a c.c. a 3 kV. Le sezioni di intradosso delle gallerie hanno un marciapiede d'esodo con andamento del ciglio variabile in funzione della quota del binario attiguo. Nello specifico, l'altezza del ciglio risulta pari a + 55 cm, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento del binario attiguo, mentre la distanza del ciglio dal bordo interno della più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, è pari a 113 cm. Tale camminamento ha una larghezza non inferiore a 120 cm ed è corredato da mancorrente posto sul paramento interno della galleria ad una quota di circa 1m dal piano di calpestio del marciapiede. Nella tratta compresa tra le pk 57+195 e 57+605 (BP), dove è prevista la realizzazione del Punto Antincendio in sotterraneo, la larghezza del marciapiede è pari a 2 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 5 di 43

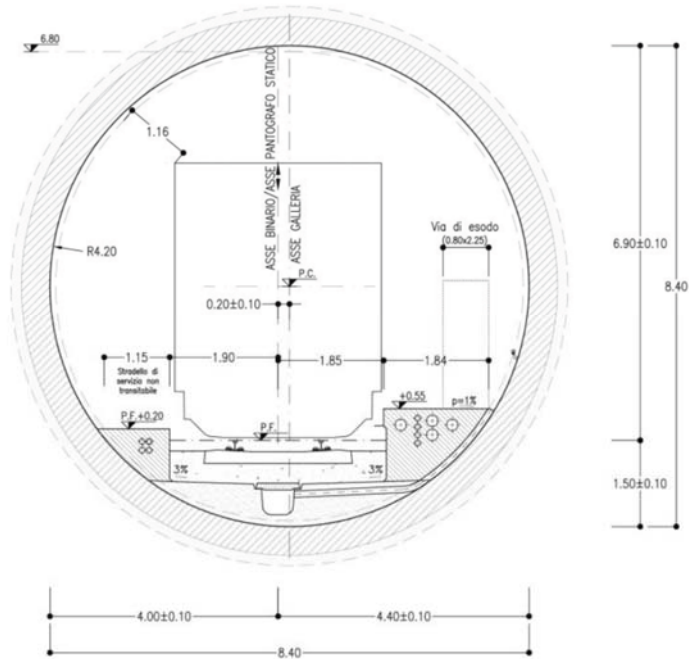


Figura 1-2. Sezione di intradosso galleria di linea a singolo binario per scavo meccanizzato.

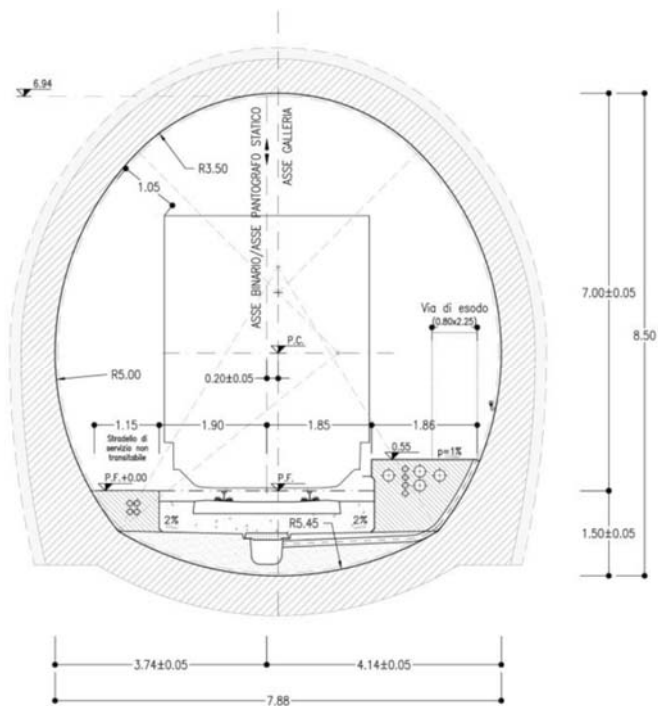


Figura 1-3. Sezione di intradosso gallerie di linea a singolo binario per scavo in tradizionale.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 6 di 43
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo						

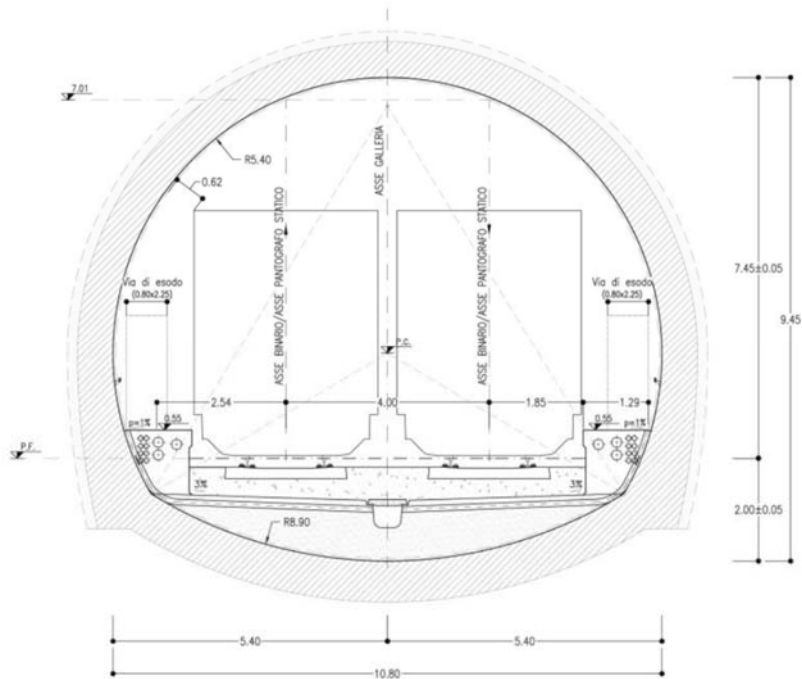


Figura 1-4. Sezione di intradosso galleria di linea a doppio binario per scavo in tradizionale (sezione corrente).

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 7 di 43

1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1.4.1 Galleria di linea a singola canna doppio binario (lato Napoli) o doppia canna singolo binario (lato Bari)

Figura 1-5. GN01 – Galleria naturale Hirpinia – Elaborati generali

GN01 - GALLERIA NATURALE HIRPINIA																			
ELABORATI GENERALI																			
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	R	G	N	0	1	0	0	0	2	Relazione tecnico - illustrativa - Tratta in Tradizionale	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	R	H	G	N	0	1	0	0	5	Relazione di calcolo tratta in tradizionale	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	R	H	G	N	0	1	0	0	6	Relazione di calcolo tratta in tradizionale - Allegati numerici	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	R	H	G	N	0	1	0	0	9	Relazione di calcolo resistenza al fuoco tratta in tradizionale	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	3	GN Tradizionale - Andamento plano-altimetrico del marciapiede a ciglio variabile	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	6	G	N	0	1	0	0	1	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 1	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	6	G	N	0	1	0	0	1	8	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Pari - Galleria Hirpinia Tav. 18
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	6	G	N	0	1	0	0	1	9	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 1
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	6	G	N	0	1	0	0	3	6	Profilo geotecnico/geomeccanico - Binario Dispari - Galleria Hirpinia Tav. 18

Figura 1-6. Sezioni tipo

GALLERIA SCAVATA IN TRADIZIONALE - SEZIONI TIPO																			
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	G	N	0	1	0	0	0	1	Sezione tipo A1-var doppia canna singolo binario - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	4	Sezione tipo A1-var doppia canna singolo binario - Carpenteria centina e dettagli costruttivi	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	5	Sezione tipo A1-var doppia canna singolo binario - Carpenteria	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	B	G	N	0	1	0	0	2	Sezione tipo A2-var doppia canna singolo binario - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	6	Sezione tipo A2-var doppia canna singolo binario - Carpenteria centina e dettagli costruttivi	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	7	Sezione tipo A2-var doppia canna singolo binario - Carpenteria	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	B	G	N	0	1	0	0	3	Sezione tipo B1-var doppia canna singolo binario - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	8	Sezione tipo B1-var doppia canna singolo binario - Carpenteria centina e dettagli costruttivi	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	9	Sezione tipo B1-var doppia canna singolo binario - Carpenteria	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	B	G	N	0	1	0	0	4	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	0	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	1	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario - Carpenteria
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	B	G	N	0	1	0	0	5	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario tratta 4-5m - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	2	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario tratta 4-5m- Carpenteria centina e dettagli costruttivi
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	3	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario tratta 4-5m- Carpenteria
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	B	G	N	0	1	0	0	6	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario tratta 5-6.5m - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	4	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario tratta 5-6.5m- Carpenteria centina e dettagli costruttivi
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	5	Sezione tipo C2p singola canna doppio binario tratta 5-6.5m- Carpenteria
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	B	G	N	0	1	0	0	7	Sezione tipo A2 Allargata - scavi e consolidamenti	
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	6	Sezione tipo A2 Allargata - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	7	Sezione tipo A2 Allargata- Carpenteria
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	B	Z	G	N	0	1	0	0	1	8	Particolari costruttivi impermeabilizzazione

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 8 di 43

2 FASI PROGETTUALI

Per la progettazione della galleria è stato adottato l'approccio A.DE.CO.-R.S. (Lunardi, 2000). L'approccio A.DE.CO.-R.S. (**A**nalisi delle **DE**formazioni **CO**ntrollate nelle **RO**cce e nei **SU**oli) è basato sull'analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli, ed è valido in qualsiasi tipo di terreno e di situazione tensio - deformativa.

Tale approccio, per gli eccellenti risultati raggiunti in termini di attendibilità e pianificazione anche nei terreni più difficili, si è ormai definitivamente imposto in Italia e si sta affermando anche in altri paesi.

Esso prevede che il progetto e la costruzione di un'opera in sotterraneo si sviluppino attraverso le seguenti fasi:

- una fase conoscitiva comprendente gli studi geologici, le indagini geotecniche, la loro interpretazione e la definizione dei parametri geotecnici e geomeccanici per la progettazione delle opere;
- una fase di diagnosi nella quale, sulla base delle conoscenze geologiche, idrogeologiche, geotecniche e geomeccaniche raccolte nella fase conoscitiva, il progettista è chiamato a fare una previsione attendibile riguardo al comportamento tensio – deformativo dello scavo in sotterraneo, in assenza di stabilizzazione. Da questa previsione dipende la scelta degli interventi di stabilizzazione, quindi la riuscita del progetto. La previsione è effettuata, utilizzando metodi analitici e/o numerici, in termini di genesi, localizzazione, evoluzione ed entità dei probabili fenomeni deformativi che s'innescano nella fascia di terreno attorno allo scavo, considerando con particolare attenzione il comportamento del fronte d'avanzamento. Tale comportamento può ricadere in una delle seguenti categorie: fronte stabile (categoria di comportamento A), fronte stabile a breve termine (categoria di comportamento B), fronte instabile (categoria di comportamento C).
- una fase di terapia, nella quale dopo avere formulato previsioni attendibili riguardo al comportamento tensio – deformativo dell'ammasso in seguito allo scavo, sono scelti gli interventi di stabilizzazione più idonei a controllare, contenere o addirittura anticipare ed annullare le deformazioni. Nel caso della realizzazione di grandi cavità sono, inoltre, definiti il profilo e le diverse fasi di scavo, al fine di minimizzare le zone da consolidare al contorno.
- una fase operativa e di verifica in corso d'opera che prevede sistematici rilievi geostrutturali dei fronti di scavo e l'adozione di un adeguato sistema di monitoraggio che permetta mediante misure d'estrusione del fronte, misure di convergenza, misure estensimetriche ecc., di verificare la correttezza delle ipotesi progettuali.

La valutazione su come evolve lo stato tensionale a seguito dello scavo di una galleria è possibile solo attraverso l'attenta analisi dei fenomeni deformativi in quanto essi possono dare indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve termine.

In particolare, l'elemento centrale per l'analisi dell'evoluzione dei fenomeni deformativi al contorno del cavo, attraverso la quale è possibile valutare la stabilità della galleria, è il comportamento del fronte di scavo.

Tale comportamento è condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture presenti lungo la galleria;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- le modalità di avanzamento.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: stabile, stabile a breve termine e instabile.

Categoria A: galleria a fronte stabile.

Se il fronte di scavo è stabile, lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico, ed i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile, mantenendosi prevalentemente in campo elastico, e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta. Il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: galleria a fronte stabile a breve termine.

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera la resistenza meccanica del materiale al fronte, che non ha più un comportamento di tipo elastico, ma rientra nell'ambito di un

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 9 di 43

comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con la conseguente redistribuzione delle tensioni risultano più accentuati che nel caso precedente, e producono nell'ammasso al fronte una decompressione che porta al superamento della resistenza di picco del materiale. Questa decompressione può essere opportunamente controllata e regimata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tale modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso, che manterrà un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano opportuni interventi, lo stato tensio - deformativo potrà evolvere verso situazioni di instabilità del cavo durante le fasi realizzative. Anche in questo caso, il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza per il comportamento a lungo termine.

Categoria C: galleria a fronte instabile.

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad un accentuarsi dei fenomeni deformativi in campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti, manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Tali deformazioni producono una decompressione significativa dell'ammasso al fronte, e portano ad un progressivo e rapido decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del materiale. Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 10 di 43

3 CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

La tratta relativa alle gallerie con scavo in tradizionale dall'imbocco lato Bari fino all'innesto fino alla camera di spinta è interessata dalla formazione del Flysch di Faeto. Di seguito, sulla base dei risultati delle diverse campagne geognostiche effettuate sono riepilogate le principali condizioni geologiche e geotecniche.

3.1.1 Flysch di Faeto (FAE)

Il Flysch di Faeto è un deposito appartenente all'Unità tettonica della Daunia costituito da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi, con intercalazioni frequenti di argille limose, argille marnose e marne, con a luoghi strati di arenarie.

Lo scavo della galleria Hirpinia interessa la formazione del Flysch di Faeto per un tratto consistente, complessivamente circa 4800 m.

Dall'analisi delle stratigrafie di sondaggio è emersa la presenza di diverse facies:

- FAEam: alternanza di argille, marne e calcareniti in strati centimetrici.



Figura 7 – Carote prelevate nella litofacies FAEam.

- FAEMA: alternanza di marne, argille e calcareniti in strati centimetrici;

CASSETTA 25 (120.0 – 125.0 m)

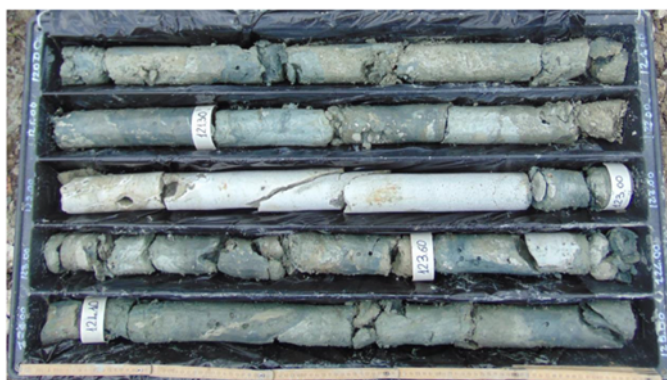


Figura 8 – Carote prelevate nella litofacies FAEMA.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 11 di 43

- FAEc: calcari ben stratificati e compatti in banchi di alcuni decimetri di spessore e con interstrati centimetrici di argille.

CASSETTA 62 (305.0 – 310.0 m)



Figura 9 – Carote prelevate nella litofacies FAEc.

Per ognuna delle facies sopra elencate si è proceduto alla caratterizzazione geomeccanica della matrice e dell'ammasso roccioso seguendo l'iter logico operativo descritto nella relazione di caratterizzazione geotecnica/geomeccanica generale.

Occorre evidenziare che nella tratta della galleria realizzata in tradizionale è presente prevalentemente la facies FAEm e in alcune possibili tratte localizzate la facies FAEam.

Con riferimento alla relazione di caratterizzazione geotecnica/geomeccanica generale, sulla base dei dati raccolti, scaturiti dai rilievi strutturali, e dalle colonne stratigrafiche ricavate dai sondaggi è stato valutato l'indice di qualità GSI per l'ammasso utilizzando il parametro RMR di Bieniawski.

L'analisi delle stratigrafie integrata con la descrizione dei campioni prelevati da sondaggi ha permesso di identificare le 3 citate unità litologiche principali all'interno della formazione FAE: calcarea, marnoso argillosa e argilloso-marnosa. I risultati ottenuti da prove di compressione monoassiale e Point Load Tests ha evidenziato all'interno delle principali litologie la presenza di sotto-gruppi con valori di resistenza a compressione e qualità della roccia molto diversi e, di conseguenza diversi intervalli di GSI.

I gruppi geomeccanici individuati, insieme con i valori di GSI e σ_{ci} corrispondenti, sono di seguito riassunti.

Gli intervalli di GSI individuati risultano coerenti con la classificazione proposta da Hoek, Marinos and Marinos (2007) per formazioni strutturalmente complesse quali i Flysch. Si sono considerate 3 litofacies principali, individuando per ciascuna i gruppi geomeccanici, come riepilogato nella seguente Tabella.

- FAEc, a componente calcarea
- FAEam, a componente argilloso-marnosa
- FAEm, a componente marnoso-argillosa

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 12 di 43

Tabella 1 – FAE – Riepilogo litofacies e gruppi geomeccanici.

Litofacies	Gruppo Geomeccanico	GSI
		[-]
FAEc	Roccia calcarea	45 ÷ 55
	Calcarenite media	45 ÷ 55
	Calcarenite buona	55 ÷ 65
FAEam	Marna argillosa	45 ÷ 60
FAEma	Marna calcarea	45 ÷ 60

Di seguito si riporta una sintesi della caratterizzazione geomeccanica delle sole litofacies FAEma e FAEam presenti lungo la tratta realizzata in tradizionale.

Caratterizzazione geomeccanica FAEma

Proprietà fisiche

È stata condotta un'analisi dei dati disponibili relativamente alla determinazione delle proprietà fisiche della litofacies marnoso-argillosa del Flysch del Faeto. Il peso per unità di volume risulta essere variabile tra 24 ÷ 27 KN/m³. Non si è tenuto conto dei valori più bassi (range 18 ÷ 20 KN/m³), riferendosi a provini prelevati in materiale argilloso e, pertanto, non rappresentativi dell'ammasso roccioso.

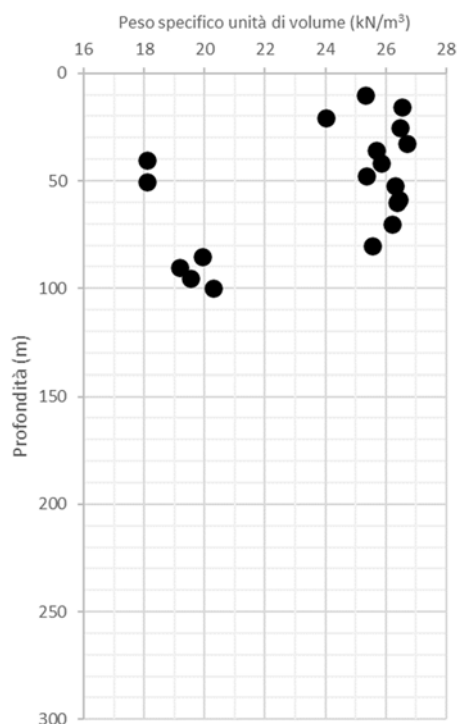


Figura 10 – Peso specifico per unità di volume (FAEma).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 13 di 43

Proprietà meccaniche

I valori di resistenza a compressione dell'ammasso sono ricavati da prove di compressione monoassiale e Point Load Test. I valori risultanti dai sondaggi localizzati nelle zone in cui è stata individuata la litofacies FAEma mostrano una grande variabilità dovuta al coesistere di diverse componenti litoidi all'interno del Flysch. Considerata la natura marnoso-argillosa della facies in esame, sono stati considerati i valori di resistenza intermedi. Per la litofacies FAEma è stato considerato il range di resistenza a compressione monoassiale del gruppo geomeccanico della marna calcarea, pari a $10 \div 20$ MPa.

Il modulo elastico per la roccia intatta è stato ricavato da prove di compressione monoassiale, prove triassiali e prove a velocità ultrasonica. Per la litofacies in esame è stato considerato un valore medio di 11000 MPa di modulo elastico, intermedio tra i valori più elevati della componente calcarea-calcarenitica e quelli inferiori relativi alla componente argilloso-marnosa.

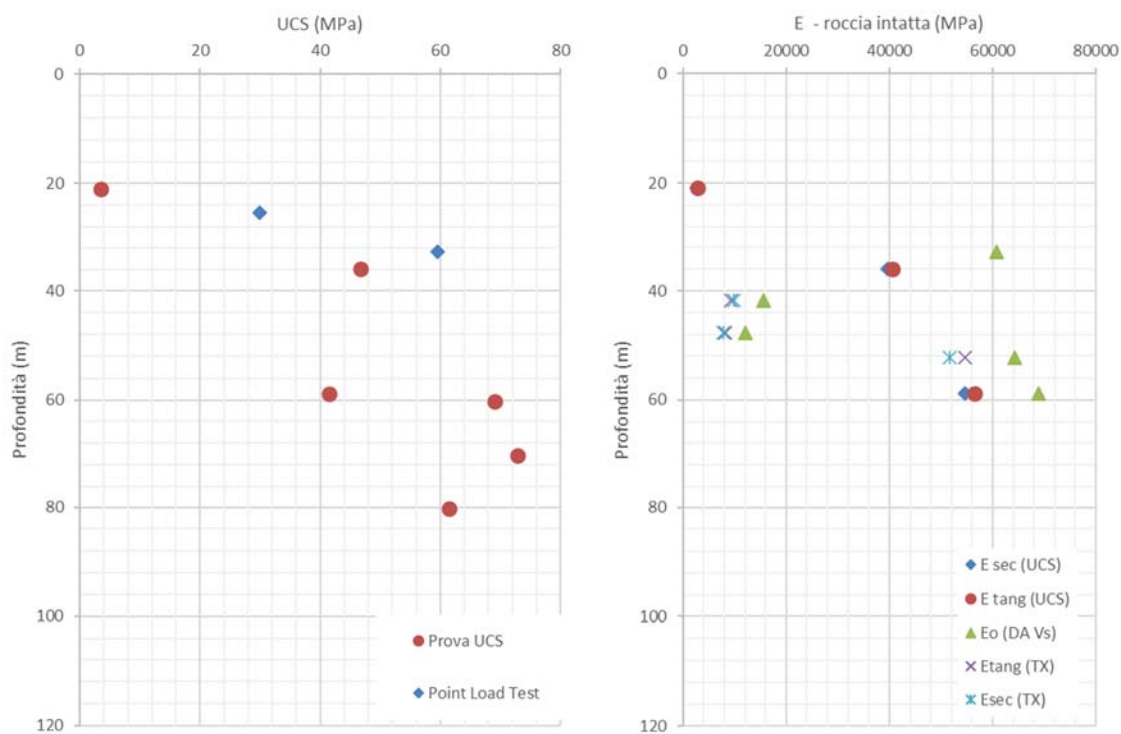


Figura 11 – Resistenza a compressione e modulo elastico per la roccia intatta (FAEma).

Di seguito si riportano i risultati di prove dilatometriche e i moduli elastici operativi da prove a velocità ultrasonica che permettono di definire il modulo elastico per l'ammasso roccioso. I valori di modulo di deformabilità per l'ammasso dedotti dalle prove ultrasoniche sono stati ricavati a partire dal modulo iniziale E_0 assumendo un rapporto $E/E_0=0.1$, in funzione del livello di deformazione atteso a seguito dello scavo della galleria e in accordo coi risultati ottenuti da prove dilatometriche.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 14 di 43

Caratterizzazione geomeccanica FAEam

Proprietà fisiche

È stata condotta un'analisi dei dati disponibili relativamente alla determinazione delle proprietà fisiche della litofacies argilloso-marnosa del Flysch del Faeto. Il peso per unità di volume risulta essere variabile tra $22 \div 26 \text{ KN/m}^3$.

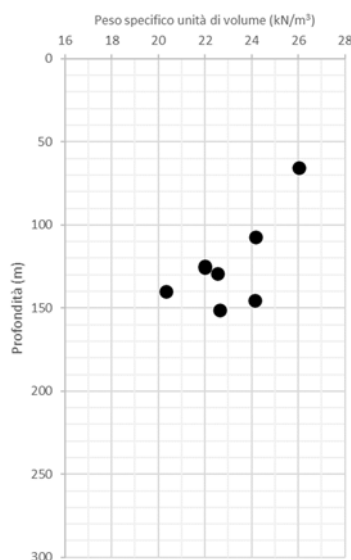
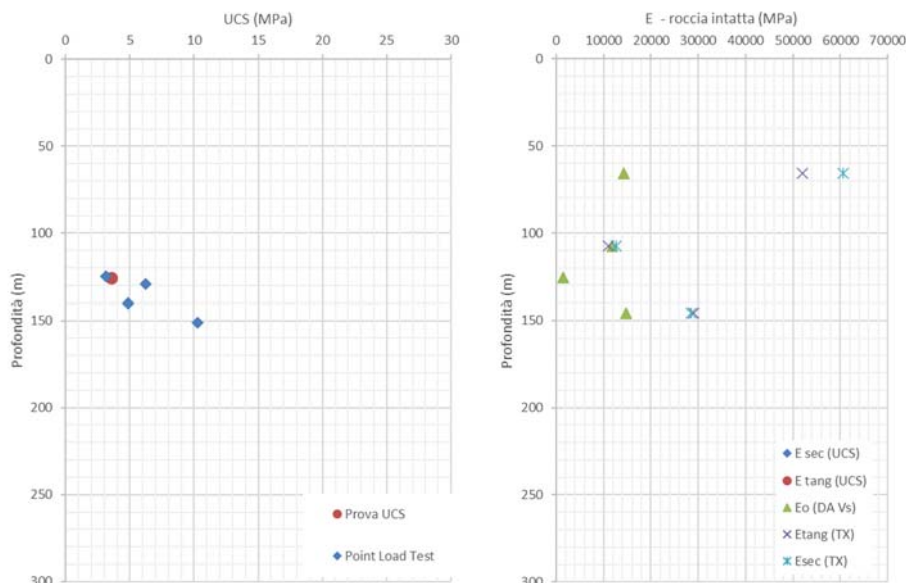


Figura 12 – Peso specifico per unità di volume (FAEam).

Proprietà meccaniche

I valori di resistenza a compressione dell'ammasso sono ricavati da prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Per la litofacies FAEam è stato considerato il range di resistenza a compressione monoassiale del gruppo geomeccanico della marna argillosa, pari a $5 \div 7 \text{ MPa}$. Il modulo elastico per la roccia intatta è stato ricavato da prove di compressione monoassiale, prove triassiali e da prove ultrasoniche a partire dai valori di velocità delle onde di taglio Vs. I valori di modulo elastico sono molto variabili, essendoci componenti calcaree e calcarenitiche all'interno della formazione oltre che la componente più scadente di natura argilloso marnosa. Per questo motivo per la litofacies FAEam sono stati considerati i valori più bassi di modulo elastico per la roccia intatta, con valore medio di 5 GPa.



APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 15 di 43

Figura 13 – Resistenza a compressione (sx) e modulo elastico per la roccia intatta (FAEam).

Di seguito si riportano i risultati di prove dilatometriche e i moduli elastici operativi da prove a velocità ultrasonica che permettono di definire il modulo elastico per l'ammasso roccioso. I valori di modulo di deformabilità per l'ammasso dedotti dalle prove ultrasoniche sono stati ricavati a partire dal modulo iniziale E_0 assumendo un rapporto $E/E_0=0.1$, in funzione del livello di deformazione atteso a seguito dello scavo della galleria e in accordo coi risultati ottenuti da prove dilatometriche. I valori ottenuti sono in accordo coi valori di modulo elastico operativo da prove ultrasoniche e i risultati da prove dilatometriche.

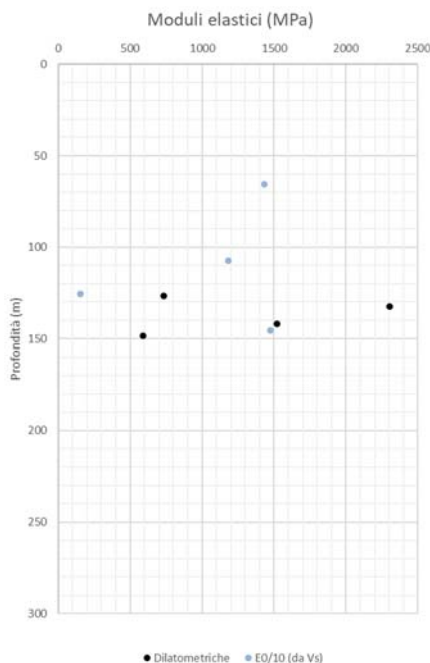


Figura 14 – Modulo elastico da prove dilatometriche e modulo elastico operativo da prove a velocità ultrasonica (FAEam).

Riepilogo parametri FAE

Nella seguente Tabella si riepilogano i campi di variazione dei parametri geomeccanici della litofacies più diffusa, FAEMA, relativamente alle tratte della galleria interessate dallo scavo in tradizionale.

Parametro		u.m.	Coperture [m]		
			5-30	30-60	
γ		kN/m ³	24-25	24-25	
UCS		MPa	10 – 20	10 - 20	
m_i		-	8	8	
D		-	0.5-0	0.5-0	
GSI (45-60)	50	σ_{cm}	MPa	5 - 6	8 - 10
		c'	kPa	300 - 400	500 - 700
		ϕ'	°	45 - 50	40 - 45
		E_m	MPa	900 - 2300	900 - 2300

Tabella 2 – Tratta di scavo in tradizionale, litofacies FAEMA, riepilogo parametri geotecnici/geomeccanici.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 16 di 43

Caratteristiche delle discontinuità

I rilievi geostrutturali, eseguiti in prossimità dell'imbocco lato Bari della galleria Hirpinia, hanno portato alla definizione dei principali sistemi di discontinuità. In particolare, ognuno di essi ha rilevato la presenza di 3÷4 famiglie principali di discontinuità e superfici di stratificazione. Tali discontinuità presentano valori di spaziatura media variabile tra 0,2 e 0,6 m di gran lunga inferiore alla dimensione dell'opera in progetto.

Si riporta nel seguito il dettaglio delle caratteristiche meccaniche delle varie famiglie di discontinuità relative ad ogni stop geostrutturale eseguito:

Stop	GSI (-)	Spaziatura (mm) - frequenza (%)	Famiglia discontinuità	Inclinazione/Immersione (°)	JRC (-)	JCS (MPa)
GM1 (pk. 41 + 000)	35 ÷ 45	60÷200 - 43% 200÷600 - 23% <20 - 20% 600÷2000 - 11% 20÷60 - 3%	K1	74/053	12 ÷ 14	74
			K2	71/143	11 ÷ 13	83
			K3	29/273	10 ÷ 12	63

Stop	GSI (-)	Spaziatura (mm) - frequenza (%)	Famiglia discontinuità	Inclinazione/Immersione (°)	JRC (-)	JCS (MPa)
GM2 (pk. 41 + 000)	55 ÷ 65	200÷600 - 52% 60÷200 - 27% <20 - 15% 600÷2000 - 6%	K1	79/013	8 ÷ 10	57
			K2	55/115	8 ÷ 10	44
			K3	60/182	8 ÷ 10	73

Stop	GSI (-)	Spaziatura (mm) - frequenza (%)	Famiglia discontinuità	Inclinazione/Immersione (°)	JRC (-)	JCS (MPa)
GM3 (pk. 41 + 000)	35 ÷ 45	200÷600 - 30% 60÷200 - 28% <20 - 15% 20÷60 - 15% 600÷2000 - 12%	K1	76/052	16 ÷ 18	79
			K2	65/221	16 ÷ 18	63
			K3	82/321	15 ÷ 17	85

Figura 15: stop geostrutturali

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 17 di 43

Le caratteristiche meccaniche delle varie famiglie di discontinuità possono essere determinate adottando la legge di resistenza di Barton relativa a discontinuità naturali scabre senza riempimento:

$$\tau = \sigma_n \tan \left[\varphi_r + JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right]$$

con:

- σ_n : tensione normale alla superficie della discontinuità;
- φ_r : angolo di resistenza al taglio residuo della discontinuità (coincidente con l'angolo di attrito di base del materiale se la discontinuità è non alterata);
- JRC: coefficiente che tiene in conto della scabrezza della discontinuità;
- JCS: resistenza intrinseca della discontinuità.

Ciascuna famiglia di discontinuità è stata caratterizzata in funzione delle proprie caratteristiche ed in funzione della copertura. Quest'ultima è assunta pari a 60 m poiché corrispondente alla sezione di analisi dove verrà esaminata la stabilità dei cunei rocciosi:

Stop	Copertura (m)	Famiglia discontinuità	ϕ_b (°)	JRC (-)	JCS (MPa)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
GM1 (pk. 41 + 000)	60	K1	20	13	74	0	43
		K2		12	83	0	42
		K3		11	63	0	39

Stop	Copertura (m)	Famiglia discontinuità	ϕ_b (°)	JRC (-)	JCS (MPa)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
GM2 (pk. 41 + 000)	60	K1	20	9	57	0	35
		K2		9	44	0	34
		K3		9	73	0	36

Stop	Copertura (m)	Famiglia discontinuità	ϕ_b (°)	JRC (-)	JCS (MPa)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
GM3 (pk. 41 + 000)	60	K1	20	17	79	0	51
		K2		17	63	0	49
		K3		16	85	0	50

Figura 16: caratterizzazione ϕ famiglie di discontinuità

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 18 di 43

3.1.2 Argilliti policrome del calaggio (APC)

La formazione delle Argilliti Policrome del Calaggio è un deposito marino di bacino e base scarpata costituito da argille, argille marnose e marne.

Relativamente alla tratta della galleria realizzata in tradizionale, lo scavo, a partire dall'imbocco lato Napoli, interessa la formazione delle argilliti policrome del Calaggio (APC) per una lunghezza di circa 925 m, con coperture variabili tra 5 e 40 m rispetto al piano del ferro. Nella seguente Figura 17 è riportato un estratto del profilo geologico della tratta in oggetto.

Il materiale è stato caratterizzato a partire dai risultati di prove di laboratorio e prove in foro. La caratterizzazione è stata condotta elaborando le risultanze dei sondaggi geognostici condotti nell'ambito delle campagne indagini del 2017 – 2018 - 2021. Per il dettaglio delle indagini geognostiche effettuate si rimanda alla relazione di caratterizzazione geotecnica/geomeccanica generale (doc. IF3A02E ZZ RBGE0206 001A).

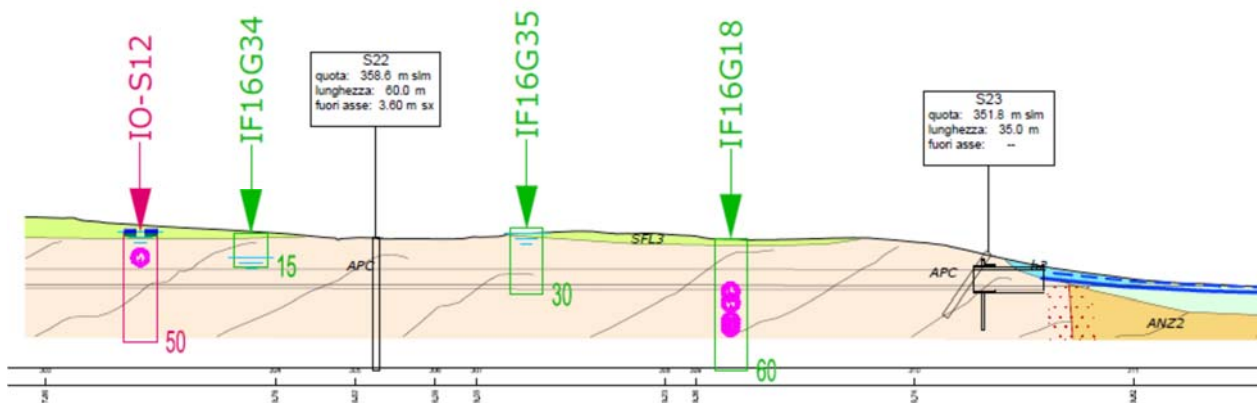


Figura 17 – Estratto del profilo geologico della tratta della galleria realizzata in tradizionale a partire dall'imbocco lato Napoli.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E FOGLIO 19 di 43

Identificazione, classificazione e caratterizzazione fisica del terreno

Le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati dai fori di sondaggi mostrano la prevalenza dei termini limosi e, secondariamente, sabbiosi e argillosi, come mostrato nella seguente Figura 18.

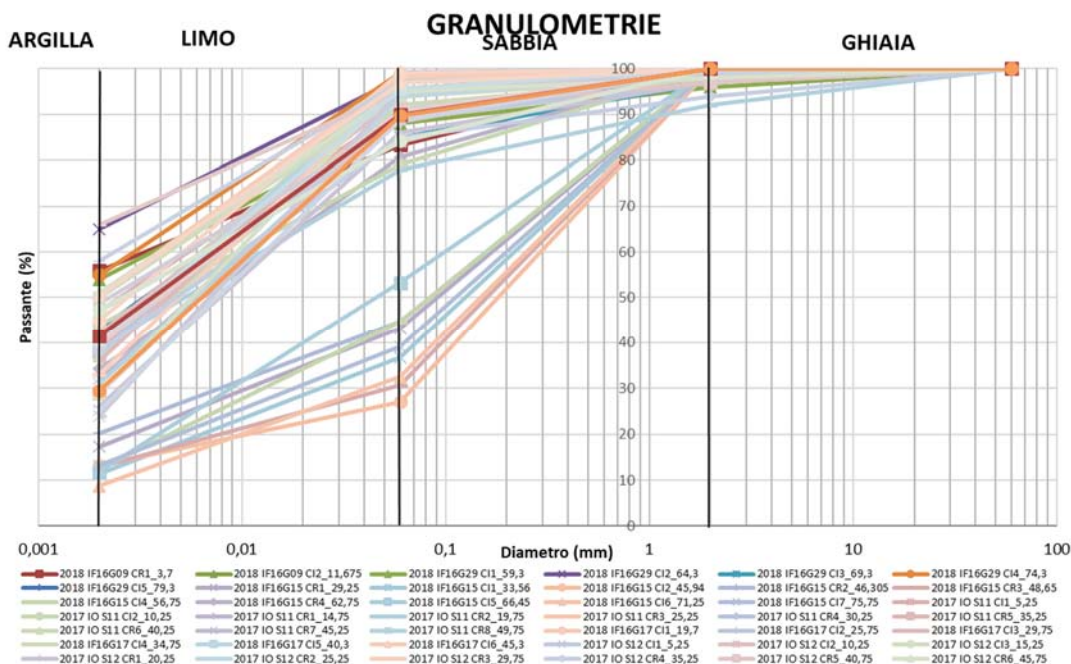


Figura 18. Curve granulometriche (APC).

Il peso per unità di volume è variabile tra $19 \div 22 \text{ KN/m}^3$.

Il contenuto d'acqua naturale w_N è variabile tra $10 \div 27\%$, intervallo che si mantiene pressoché costante con la profondità nel volume indagato.

Gli intervalli di variabilità dei limiti di Atterberg sono i seguenti:

- limite liquido w_L : $40 \div 80\%$
- limite plastico w_P : $20 \div 35\%$
- indice di plasticità I_p : $10 \div 50\%$
- indice di consistenza I_c : $0.9 \div 2.5$.

Nelle seguenti Figure sono riportati i risultati delle prove di laboratorio effettuate per la caratterizzazione fisica dei terreni.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 20 di 43

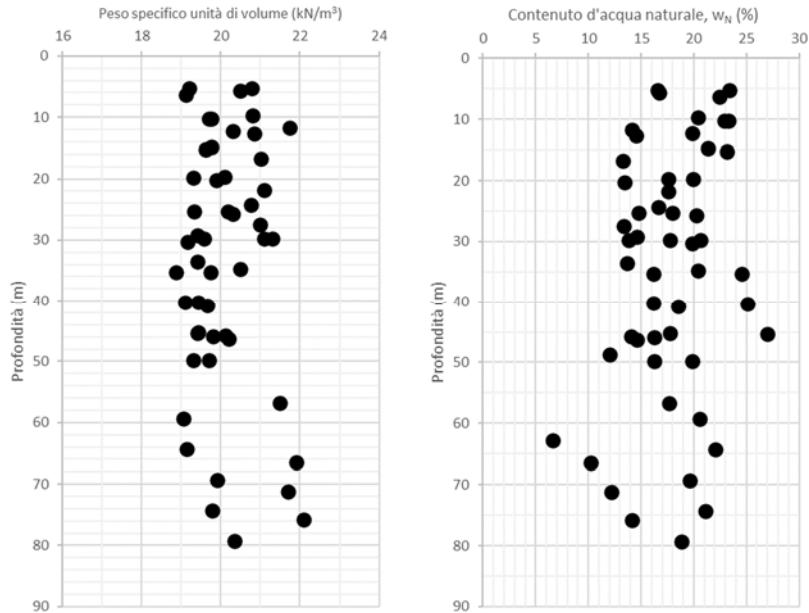


Figura 19 – Peso dell'unità di volume e contenuto d'acqua naturale (APC).

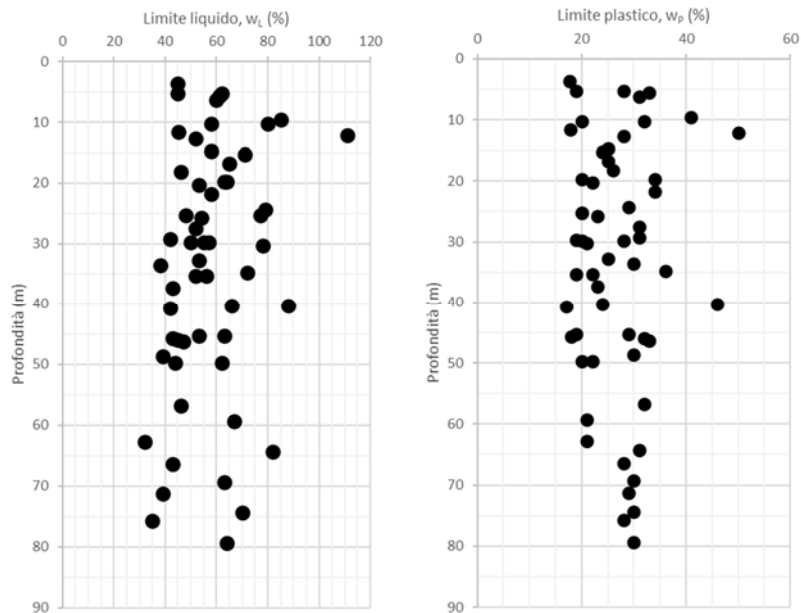


Figura 20 – Limite liquido e limite plastico (APC).

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 21 di 43

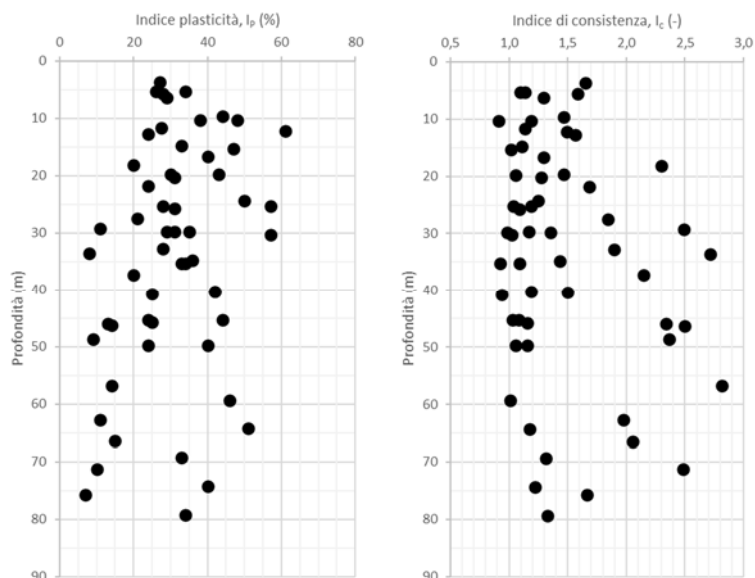
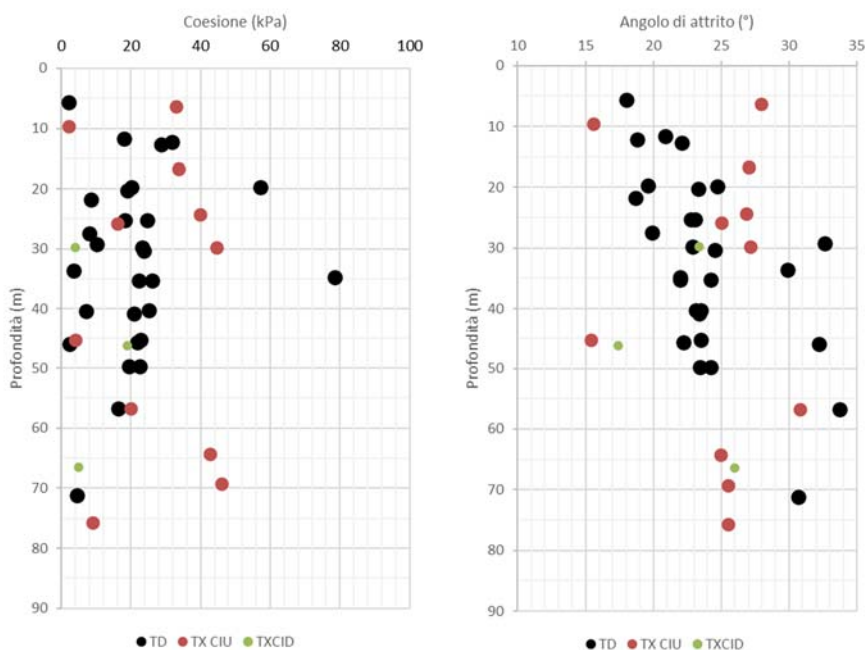


Figura 21 – Indice plastico ed indice di consistenza (APC).

Caratteristiche di resistenza e deformabilità

Per quanto concerne i risultati ottenuti da prove di laboratorio su campioni indisturbati per definire le proprietà meccaniche della formazione, sono state eseguite prove di taglio diretto e compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) e consolidata drenata (CID) per definire i parametri di coesione efficace (c') e angolo d'attrito (ϕ'). Nella seguente Figura 22 sono riepilogati i risultati relativamente alla coesione e all'angolo di resistenza al taglio.



APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PIZZAROTTI							
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A		Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 22 di 43

Figura 22 - Angolo d'attrito e coesione efficace da prove di laboratorio (APC).

Per quanto riguarda la coesione efficace, i risultati sono molto variabili, da un minimo di 3 kPa ad un massimo di 79 kPa, distribuiti prevalentemente nel campo 15-25 kPa. I valori di angolo d'attrito sono stati ricavati da prove di taglio diretto e prove triassiali CIU. L'angolo d'attrito non mostra variazioni significative con la profondità ma assume valori variabili tra 18° - 32° , con valori prevalentemente compresi nell'intervallo 23° - 27° .

I valori della resistenza non drenata ricavati da prove triassiali UU e CIU e prove ad espansione laterale libera sono riportati nella seguente Figura 23.

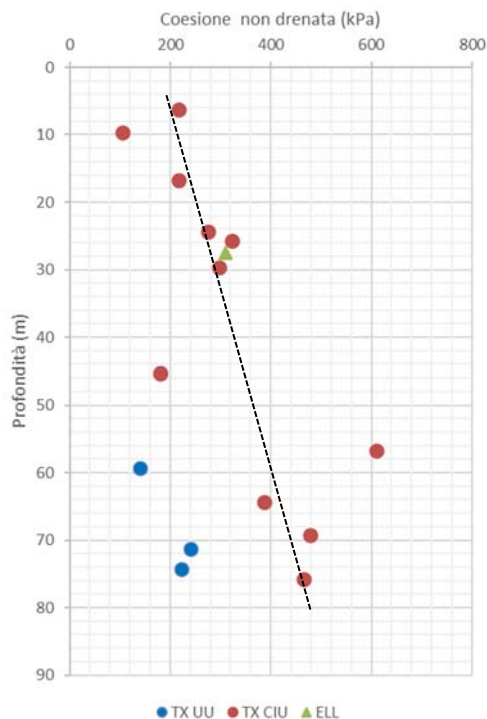


Figura 23 - Coesione non drenata da prove di laboratorio (APC).

La coesione non drenata aumenta con la profondità e risulta variabile tra $140 \div 480$ kPa per profondità comprese tra 15 m – 80 m.

Con riferimento alle descrizioni stratigrafiche, alle fotografie delle cassette, ai valori della resistenza a compressione non confinata misurata mediante il penetrometro tascabile sulle carote dei sondaggi e ai risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT, nella Figura 24 sono riportati i valori della resistenza al taglio non drenata, c_u , ottenute sia dalle prove effettuate sulle carote con il pocket penetrometer (PP) sia dalle prove SPT, avendo adottato la seguente correlazione: $c_u = 4 \times NSPT$.

Inoltre, sulla base dei valori della resistenza al taglio non drenata, c_u , utilizzando l'approccio proposto da Mesri e Abdel – Ghaffar (1993), è stata determinata la coesione efficace c'_k (Figura 25) infine per quanto riguarda l'angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state utilizzare le correlazioni fra l'indice di plasticità (ottenuto da numerosi campioni) e lo stesso valore di f_k , come indicato da Terzaghi et al. (Figura 26).

Come si può notare, nelle seguenti Figure sono stati riportati, per quanto concerne il valore della coesione efficace e dell'angolo di resistenza al taglio, i valori caratteristici adottati per la progettazione che come si può notare risultano estremamente cautelativi, tenendo conto degli stati limite ultimi da analizzare e dell'importanza delle opere, interessate dalla progettazione.

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 23 di 43

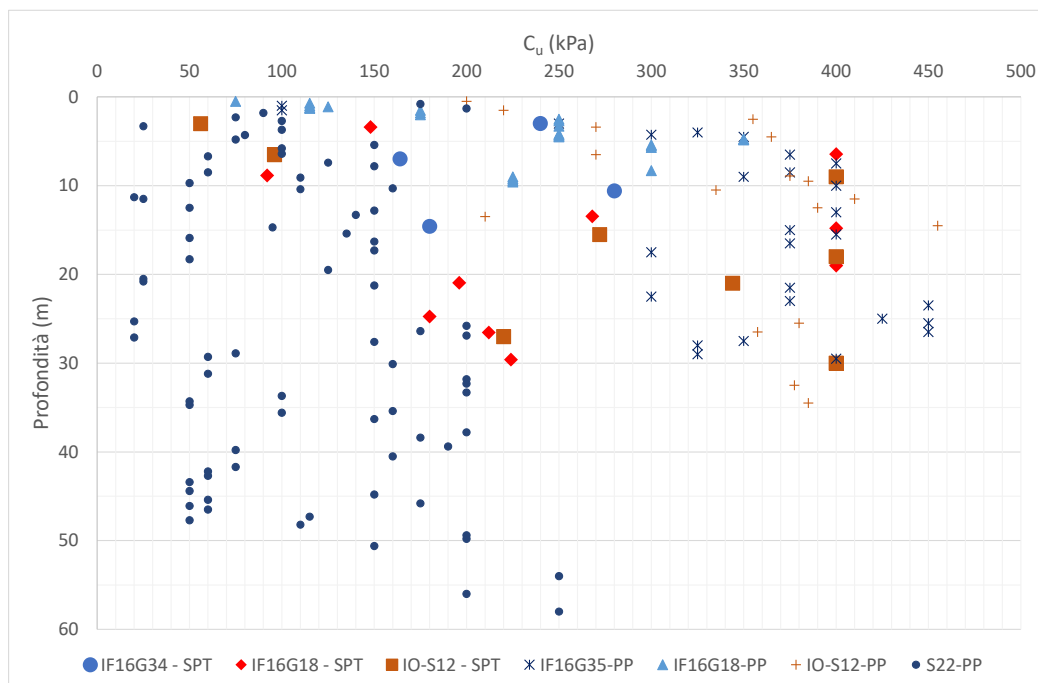


Figura 24. Andamento con la profondità della resistenza al taglio in condizioni non drenate c_u .

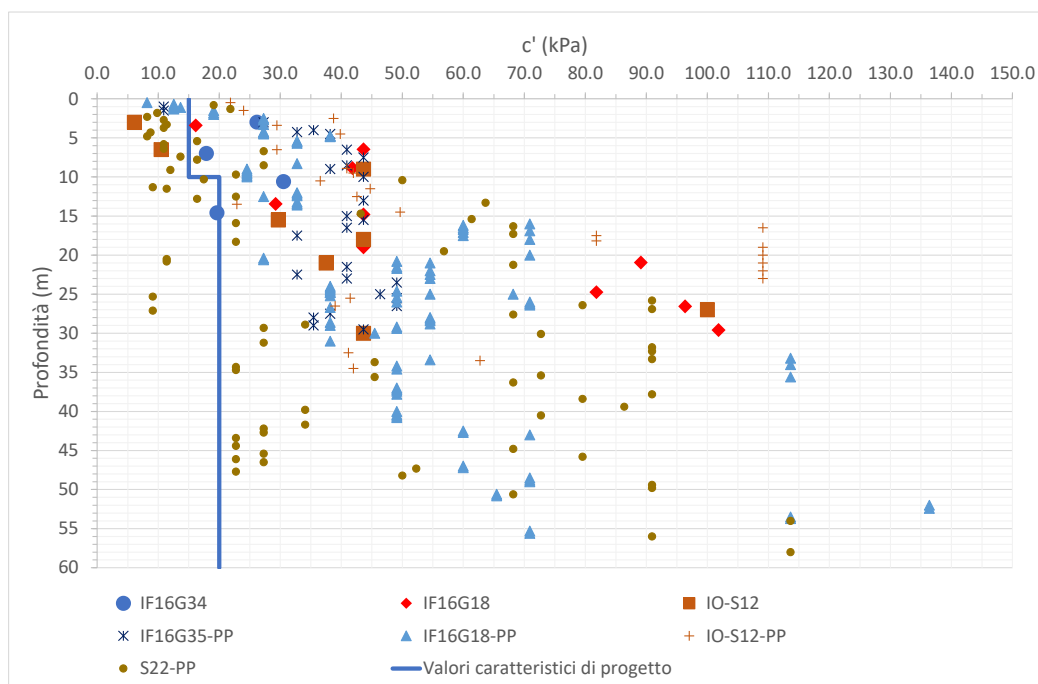


Figura 25. Andamento con la profondità della resistenza al taglio in condizioni drenate c' .

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI			ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA			RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo			COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 24 di 43

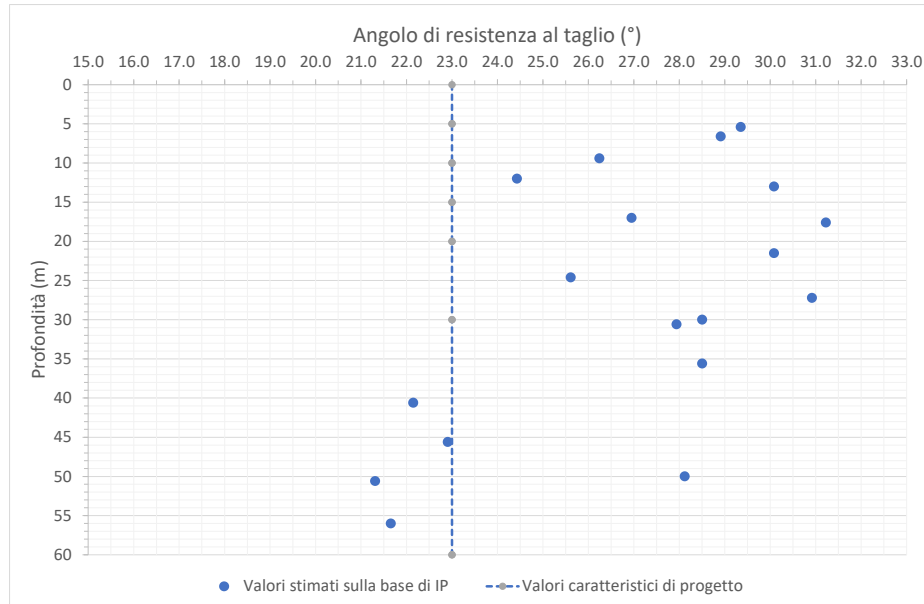


Figura 26. Andamento con la profondità dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' .

Per quanto concerne, infine, le proprietà di deformabilità della formazione si è fatto riferimento ai risultati ottenuti dalle prove dilatometriche e pressiometriche, dalle indagini geofisiche, e dalle prove penetrometriche SPT, adottando le correlazioni indicate in letteratura da Stroud (1989).

Nella seguente Figura 27 sono riportati i valori del modulo di deformabilità ottenuti dall'interpretazione delle diverse prove in funzione della profondità.

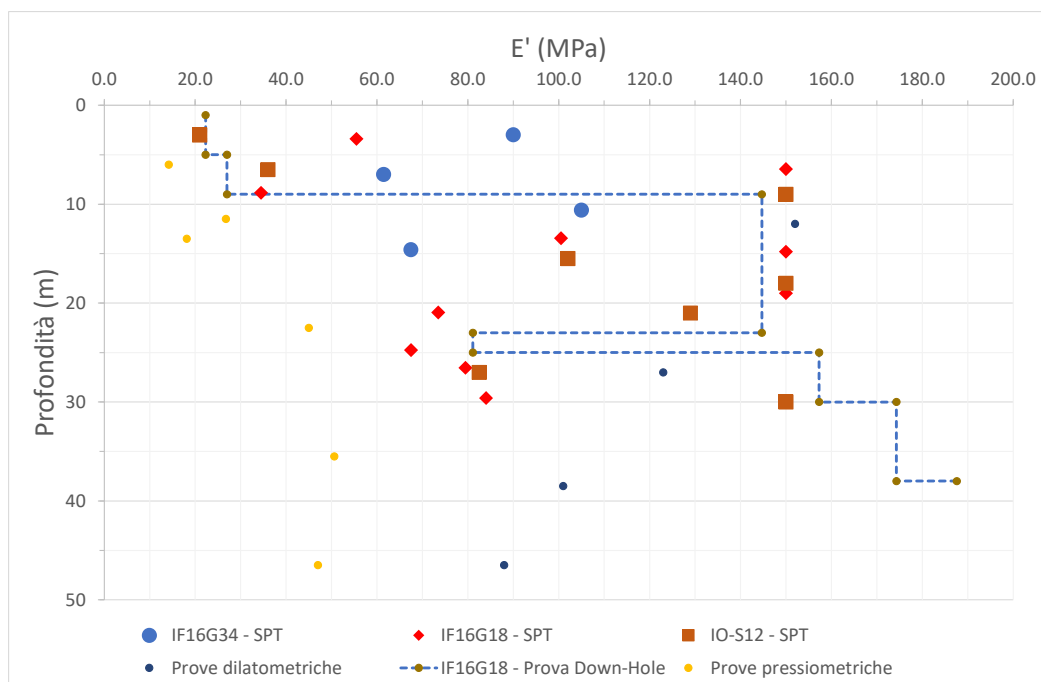


Figura 27. Andamento con la profondità del modulo di deformabilità.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 25 di 43

Stato tensionale in situ

Lo stato tensionale in situ è stato valutato a partire dai risultati di prove dilatometriche eseguite nell'ambito delle campagne indagini 2017-2018 - 2021. Nella seguente Figura 28 sono riportati i risultati ottenuti; occorre tuttavia evidenziare che sono valori da considerare del tutto orientativi in quanto le prove dilatometriche, come noto, hanno altre finalità.

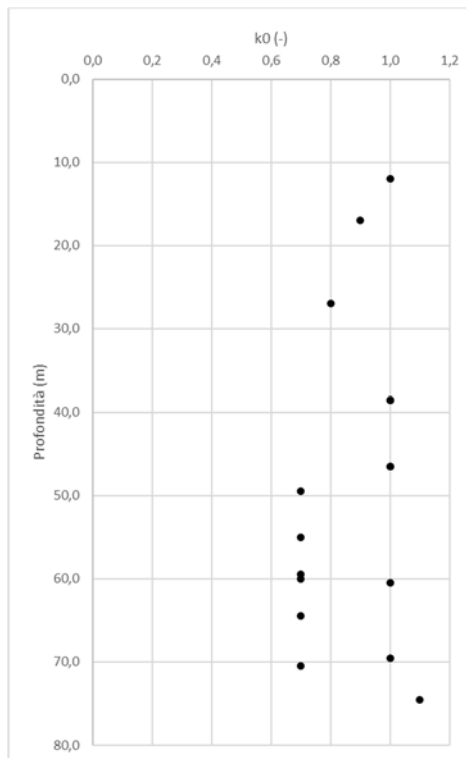


Figura 28 – Coefficiente di spinta a riposo da prove dilatometriche - APC.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 26 di 43

Rigonfiamento

Sono state eseguite 4 prove di rigonfiamento impedito su campioni nell'Unità APC. I valori di pressione σ_R tali da impedire il rigonfiamento in cella edometrica sono riportati di seguito:

ID sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	σ_R
[-]	[-]	[m]	[kPa]
IF16G09	CI2	11,68	206,0
IF16G15	CI5	66,45	225,0
IF16G15	CI7	75,75	450,0
IF16G17	CI3	29,75	225,0

Tabella 3 – Pressioni di rigonfiamento da prove di rigonfiamento impedito – APC.

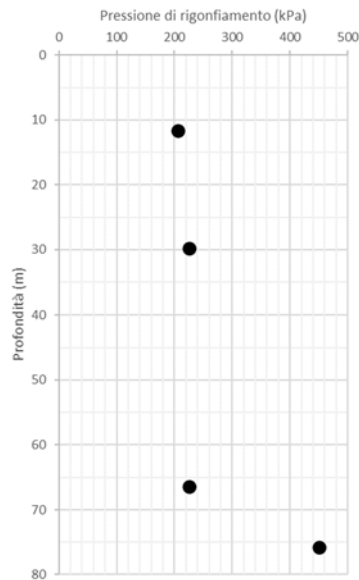


Figura 29 - Modulo elastico da prove dilatometriche (APC).

Dai risultati sperimentali la formazione in esame presenta un comportamento rigonfiante.

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e prove in sito e di laboratorio condotte, ha portato alla definizione degli intervalli di valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità APC, riportati nella seguente Tabella 4.

Tabella 4. Formazione delle argilliti policrome del Calaggio (APC), riepilogo parametri geotecnici.

Parametri	Copertura p.c. – 10 m	Copertura 10 – 50 m
γ (kN/m ³)	19 - 22	19 – 22
c_k' (kPa)	15 – 20	20 – 25
ϕ_k' (°)	23 - 27	23 - 27
$E_{k,op}$ (MPa)	30 - 50	80 - 250

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 27 di 43

4 PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL FRONTE E DEL CAVO

Si riporta nel seguito il campo di variazione dei valori di convergenza e di estrusione attesi durante lo scavo della galleria, determinati in sede di verifica delle sezioni tipo mediante analisi numeriche con modelli di calcolo agli elementi finiti.

I valori ottenuti dal calcolo sono comunque da intendersi quali indicazioni qualitative dei livelli di deformazione attesi non potendosi, nella determinazione dei valori stessi, tenere conto di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, aspetti di dettaglio delle fasi esecutive e della sequenza di avanzamento.

Durante lo scavo sarà pertanto necessario effettuare analisi a ritroso delle misure di estrusione e convergenza, al fine di verificare le proprietà geomeccaniche (resistenza al taglio e deformabilità) assunte per la progettazione. Sulla base dei risultati di tali back-analyses, sarà possibile definire con maggiore accuratezza, per ogni sezione tipo, il campo di variazione delle estrusioni e delle convergenze.

I risultati ottenuti dalle elaborazioni numeriche sono riportati in modo completo nella relazione di calcolo della galleria; nel presente capitolo sono riepilogati i valori delle convergenze diametrali attese per ciascuna sezione tipo e la soglia di allarme sul massimo valore di convergenza.

4.1 CRITERI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

4.1.1 Tratta galleria di linea a singola canna doppio binario dall'imbocco lato Napoli al pozzo di lancio TBM

In tale tratta, tenendo conto delle basse coperture pari a circa 1 diametro equivalente della galleria ($D=14$ m), delle scadenti proprietà geomeccaniche e delle limitate estensioni della tratta in tradizionale, a seconda delle 3 differenti dimensioni della galleria, per ciascuna dimensione è stata adottata un'unica sezione tipo, prevedendo, tuttavia, per ciascuna di esse una variabilità dei precontenimenti e presostegni in funzione delle effettive condizioni geomeccaniche che saranno riscontrate durante gli scavi di avanzamento.

Pertanto, sono previste le seguenti sezioni tipo:

- Sezione tipo C2p per la tratta compresa fra l'imbocco lato Napoli, alla progressiva km 68+529.375 (con riferimento al binario pari) e la progressiva km 68+383.38 per una lunghezza totale pari a 145.99 m.
- Sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 4 m a 5 m, per la tratta compresa fra la progressiva km 68+383.38 e la progressiva 68+287.5, per una lunghezza totale di 95.88 m.
- Sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 5 m a 6.5 m, per la tratta compresa fra la progressiva 68+287.5 e la progressiva 68+250.091 per una lunghezza di 37.409 m.

4.1.2 Tratta galleria di linea a doppia canna singolo binario dall'imbocco lato Bari

Per la tratta interessata dalla galleria di linea a doppia canna singolo binario realizzata in tradizionale, a partire dall'imbocco lato Bari (progressiva km 41+453,126) fino alla camera di spinta (progressiva km 41+568.126), sono previste 3 sezioni tipo denominate A1-var, A2-var e B1-var.

La sezione tipo A1-var è applicata nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie, per valori di GSI nel range di 55-65. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

La sezione tipo A2-var e A2 Allargata sono applicate nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie per valori di GSI nel range 40-55. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. FOGLIO E 28 di 43

stabile”, con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante chiodature radiali e centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

La sezione tipo B1-var è applicata nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie per valori di GSI ≤ 40 laddove appare necessario prevedere interventi di presostegno in calotta. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo B “a fronte stabile a breve termine”, con accentuati fenomeni deformativi in campo elasto-plastico. Sono necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, di presostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo operato mediante centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton ed il getto ravvicinato al fronte dell’arco rovescio.

4.2 VALORI ATTESI DI SOGLIA

Alla luce dei risultati ottenuti in sede di calcolo e dell’esperienza maturata nella progettazione di gallerie in condizioni analoghe, è stato possibile definire per ciascuna sezione tipo i valori attesi di convergenza, di estrusione del fronte, di cedimenti verticali sia in sotterraneo sia in superficie, in funzione delle capacità di resistenza dei priverestimenti e degli interventi di consolidamento disposti, delle diverse condizioni geomeccaniche riscontrate e delle fasi esecutive previste.

I valori di soglia rappresentano invece situazioni “ultime”, da considerare come limite rispetto alle ipotesi progettuali. Tali valori di soglia vanno definiti al fine di mantenere le deformazioni dell’ammasso entro limiti accettabili, oltre i quali si potrebbero verificare pericolosi fenomeni di rottura o instabilità.

I valori attesi e di soglia individuati per ciascuna sezione tipo sono riportati nelle seguenti Tabelle. Nelle Tabelle sono riportati i seguenti valori attesi durante lo scavo della galleria: (1) convergenza diametrale; (2) estrusione; (3) cedimento verticale della piastra di fondazione delle centine; (4) cedimenti in superficie. Tali valori costituiscono i campi di variabilità di riferimento per la regolazione in corso d’opera degli interventi di consolidamento e sostegno, come in dettaglio descritto nel capitolo successivo.

Tabella 4-1. Tratta galleria di linea a singola canna doppio binario dall’imbocco lato Napoli al pozzo di lancio TBM, valori attesi di convergenza, estrusione.

Sezione tipo	Convergenza diametrale		Estrusione del fronte	
	Valori attesi (cm)	Valori di soglia (cm)	Valori attesi (cm)	Valori di soglia (cm)
C2p	3.0	5.0	2.0	3.0
Sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 4 m a 5 m	3.0	5.0	2.0	3.0
Sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 5 m a 6.5 m	3.0	5.0	2.0	3.0

Tabella 4-2. Tratta galleria di linea a doppia canna singolo binario dall’imbocco lato Bari, sezioni tipo A1-var, A2-var, B1-var, valori attesi di convergenza, estrusione.

Sezione tipo	Convergenza diametrale		Estrusione del fronte	
	Valori attesi (cm)	Valori di soglia (cm)	Valori attesi (cm)	Valori di soglia (cm)
A1-var	1.0	2.0	-	-
A2-var	2.0	3.0	-	-
B1-var	3.0	5.0	1.0	3.0

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 29 di 43

Tabella 4-3. Tratta galleria di linea a doppia canna singolo binario dall'imbocco lato Bari, sezione tipo A2-allargata valori attesi di convergenza, estrusione.

Sezione tipo	Convergenza diametrale		Estrusione del fronte	
	Valori attesi (cm)	Valori di soglia (cm)	Valori attesi (cm)	Valori di soglia (cm)
A2 Allargata	1.0	2.0	-	-

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 30 di 43

5 LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITA'

5.1 CRITERI PER L'APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA

La previsione del comportamento deformativo del fronte e del cavo descritta al capitolo 4 permetterà, nel corso degli avanzamenti, l'applicazione delle linee guida con riferimento a 5 casi:

1. se i valori di estrusione e di convergenza misurati risultano coerenti con quanto previsto si procede con la sezione tipo prevista, con riferimento alla situazione media degli interventi previsti;
2. se i valori di estrusione e di convergenza risultano minori di quelli attesi si procede nell'ambito delle variabilità previste per la sezione stessa (portandosi verso il minimo degli interventi previsti) sino a raggiungere i valori di riferimento;
3. se i valori di estrusione e di convergenza risultano maggiori di quelli attesi si procede nell'ambito delle variabilità previste per la sezione stessa (portandosi verso il massimo degli interventi previsti) nell'intento di riportarsi ai valori di riferimento;
4. se l'appesantimento degli interventi non risulta sufficiente a normalizzare la situazione delle convergenze e delle estrusioni si procede all'applicazione di una sezione diversa, tra quelle già previste per la tratta di galleria in oggetto.
5. se i successivi cambiamenti di sezione giungono ai limiti superiori previsti sarà necessaria una nuova valutazione delle condizioni geomeccaniche e di avanzamento.

Accanto all'analisi del comportamento deformativo, un ruolo fondamentale è rappresentato dalla raccolta dei dati geomeccanici dei fronti, tramite il rilievo sistematico.

In conclusione, i criteri di valutazione nell'ambito dell'applicazione delle sezioni tipo e delle loro caratteristiche di prerivestimento e preconsolidamento/preconferimento sono essenzialmente legati a due procedure.

La prima procedura, a carattere quantitativo si propone di valutare le convergenze medie della cavità e, ove ritenuto necessario, le estrusioni del fronte di scavo.

La seconda procedura, di tipo qualitativo e osservazionale, è costituita dai rilievi del fronte e dalla continua descrizione e analisi dei terreni attraversati.

Le grandezze che saranno regolate in corso d'opera, nell'ambito delle variabilità, sono principalmente:

- passo della centina;
- spessore del calcestruzzo proiettato;
- numero degli elementi in VTR al fronte e lunghezza di sovrapposizione,
- distanza di getto dal fronte dei rivestimenti definitivi (murette, arco rovescio e calotta).

L'approccio proposto permette dunque di definire la strategia di variazione delle caratteristiche strutturali delle sezioni di avanzamento in funzione di quanto osservato durante le lavorazioni.

Il cambiamento di sezione tipo o la variazione, per una medesima sezione tipo, degli interventi di preconsolidamento/preconferimento, dovrà considerare la tendenza di comportamento della cavità. L'analisi dovrà essere condotta per due campi di avanzamento per condurre a variazioni nel terzo campo.

L'approccio progettuale identifica questo processo come:

- campo 1: situazione di allerta/raccolta dati;
- campo 2: verifica di quanto evidenziato nel campo 1;

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 31 di 43

- campo 3: situazione di intervento.

La convergenza all'interno della cavità sarà valutata con riferimento principalmente alla corda 1 – 5 e secondariamente alle altre corde e alla media delle cinque misurazioni. Tali misurazioni si riferiscono a cinque corde che collegano cinque punti situati in prossimità sull'asse equatoriale della sezione di scavo, in prossimità delle reni e in chiave di calotta. Questa scelta si basa su esperienze effettuate in contesti analoghi e nell'intento di rendere il più coerenti possibili i risultati ottenuti con i metodi di calcolo utilizzati e quelli ottenuti dalle misurazioni.

Il confronto andrà effettuato dunque con le convergenze diametrali assunte come riferimento e descritte nei paragrafi precedenti.

Le misurazioni dell'estrusione saranno effettuate mediante l'estrusometro per alcune tratte ritenute significative e indicate nel profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio; l'adozione dell'estrusometro permetterà di valutare il livello deformativo entro il nucleo di scavo, in profondità.

5.2 SEZIONI TIPO TRATTA GALLERIA DI LINEA A SINGOLA CANNA DOPPIO BINARIO DALL'IMBOCCO LATO NAPOLI AL POZZO DI LANCIO TBM

5.2.1 SEZIONE TIPO C2p

5.2.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo C2p è prevista nella formazione delle argille policrome del calaggio (APC) e nella tratta in oggetto caratterizzata da estremamente basse coperture pari a circa 14 m, corrispondenti ad un diametro equivalente della sezione di scavo della galleria. In tale tratta si ha un comportamento allo scavo di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di precontenimento sia al fronte di scavo sia al contorno del cavo.

5.2.1.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n° 3 + 3 drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 24.0 m con sovrapposizione minima di 12 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm su ogni sfondo e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 54 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza L = 24.00 m e sovrapposizione minima 12.00 m ± 20%;
- intervento di precontenimento al contorno del cavo tramite n° 51 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza L = 24.00 m e sovrapposizione minima 12.00 m, passo 0.5 m, ± 20%;
- intervento di precontenimento al piede centina tramite 8 + 8 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza media L = 12.00 m ± 20%;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche, sia in calotta sia in arco rovescio, costituite da HEB 240 passo 1.0 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 30 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 1.1 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 1.0 m.

5.2.1.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del precontenimento del fronte di scavo mediante elementi in VTR;

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 32 di 43

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

5.2.1.4 VARIABILITÀ

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

Tabella 5-1. Variabilità della sezione tipo C2p.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 30 cm	spritz - beton: 30 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
43 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 10.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 – 10 = 14 m)	65 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 14.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 – 14 = 10 m)
41 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 10.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 – 10 = 14 m)	61 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 14.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 – 14 = 10 m)

5.2.2 SEZIONE TIPO C2p camerone - tratto interasse binari da 4 m a 5 m

5.2.2.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 4 m a 5 m è prevista nella formazione delle argille policrome del calaggio (APC) e nella tratta in oggetto caratterizzata da estremamente basse coperture pari a circa 14 m, corrispondenti ad un diametro equivalente della sezione di scavo della galleria. In tale tratta si ha un comportamento allo scavo di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di precontenimento sia al fronte di scavo sia al contorno del cavo.

5.2.2.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n° 3 + 3 drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 24.0 m con sovrapposizione minima di 12 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm su ogni sfondo e 15 cm a fine campo);

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 33 di 43

- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 54 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza L = 24.00 m e sovrapposizione minima 12.00 m ± 20%;
- intervento di precontenimento al contorno del cavo tramite n° 55 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza L = 24.00 m e sovrapposizione minima 12.00 m, passo 0.5 m, ± 20%;
- intervento di precontenimento al piede centina tramite 8 + 8 elementi in vetroresina cementati con miscele espansive aventi lunghezza media L = 12.00 m ± 20%;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche, sia in calotta sia in arco rovescio, costituite da HEB 240 passo 1.0 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 30 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 1.1 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 1.0 m.

5.2.2.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del precontenimento del fronte di scavo mediante elementi in VTR;
- esecuzione del precontenimento al contorno del cavo e al di sotto del piede centina mediante elementi in VTR;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massima lunghezza pari a 1.2 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e spritz - beton;
- getto delle murette e dell'arco rovescio entro 20 m dal fronte di scavo. In funzione del comportamento deformativo del cavo, il progettista potrà variare la distanza del getto dell'arco rovescio fino ad un massimo di 50 m dal fronte di scavo;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione;
- getto del rivestimento definitivo eseguito ad una distanza dal fronte funzione del comportamento deformativo del cavo.

5.2.2.4 VARIABILITÀ

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

Tabella 5-2. Variabilità della sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 4 m a 5 m.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 30 cm	spritz - beton: 30 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
43 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 10.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 - 10 = 14 m)	65 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 14.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 - 14 = 10 m)
44 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 10.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 - 10 = 14 m)	66 barre in VTR al contorno, sovrapposizione minima = 14.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 - 14 = 10 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 34 di 43

5.2.3 SEZIONE TIPO C2p camerone - tratto interasse binari da 5 m a 6.5 m

5.2.3.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 5 m a 6.5 m è prevista nella formazione delle argille policrome del calaggio (APC) e nella tratta in oggetto caratterizzata da estremamente basse coperture pari a circa 14 m, corrispondenti ad un diametro equivalente della sezione di scavo della galleria. In tale tratta si ha un comportamento allo scavo di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di precontenimento sia al fronte di scavo sia al contorno del cavo.

5.2.3.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- Intervento in pali plastici f1200 eseguito dall'alto a passo 1,0m x 1,0m;
- eventuali n° 3 + 3 drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 24.0 m con sovrapposizione minima di 12 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm su ogni sfondo e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 66 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza L = 24.00 m e sovrapposizione minima 12.00 m ± 20%;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche, sia in calotta sia in arco rovescio, costituite da HEB 240 passo 1.0 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 30 cm;
- arco rovescio in c.a. dello spessore di 1.3 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore in chiave calotta pari a 1.2 m.

5.2.3.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

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

5.2.3.4 VARIABILITÀ

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

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 35 di 43

Tabella 5-3. Variabilità della sezione tipo C2p camerone - tratto interasse binari da 5 m a 6.5 m.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 30 cm	spritz - beton: 30 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
53 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 10.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 – 10 = 14 m)	79 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 14.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 24 – 14 = 10 m)

5.3 SEZIONI TIPO TRATTA GALLERIA DI LINEA A DOPPIA CANNA SINGOLO BINARIO DALL'IMBOCCO LATO BARI

5.3.1 Sezione tipo A1-var

5.3.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo A1-var è applicata nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie, per valori di GSI nel range di 55-65. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

5.3.1.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n°4 (2 + 2) drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 30.0 m con sovrapposizione minima di 10 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 5cm ogni sfondo – sp. 10cm fine campo;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da un HEB 160 passo 1.40 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 5 cm (1° strato) e di 20cm (2° strato);
- solettone-arco rovescio in cls armato dello spessore minimo di 1.50 m e massimo pari a 2,00 m;
- rivestimento definitivo di calotta in cls armato avente spessore (in chiave) pari a 0.60 m.

5.3.1.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- Fase 1: posa in opera di drenaggio in avanzamento (eventuale)
- Fase 2: scavo a piena sezione del singolo sfondo di 1,4 m sagomando il fronte a forma concava;
- Fase 3: rivestimento provvisorio al contorno costituito da centine metalliche e spritz-beton;
- Fase 4: ripetizione delle fasi "2", e "3" fino al getto del solettone-arco rovescio per la traslazione della fresa;
- Fase 5: getto del solettone-arco rovescio per la traslazione della fresa;

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. FOGLIO E 36 di 43

- Fase 6: posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- Fase 7: getto calotta.

5.3.1.4 VARIABILITÀ

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

Tabella 5-4. Variabilità della sezione tipo A1-var.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 25 cm	spritz - beton: 25 cm
Passo centine: 1.7 m	Passo centine: 1.1 m

5.3.2 Sezione tipo A2-var

5.3.2.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo A2-var è applicata nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie per valori di GSI nel range 40-55. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante chiodature radiali e centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

5.3.2.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n°4 (2 + 2) drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 30.0 m con sovrapposizione minima di 10 m;
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 5cm ogni sfondo – sp. 10cm fine campo;
- esecuzione di un contenimento radiale costituiti da n. 10/11 ± 20% (variabilità relativa all'incidenza del consolidamento ovverosia al numero di interventi e alla loro lunghezza) bulloni ϕ 24 (o tipo Swellex) ad ancoraggio continuo disposti in raggiere alternate, L = 6 m, passo longitudinale = 1.2 m, passo trasversale = 1.2 m, diametro di perforazione = 51 mm;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da un HEB 160 passo 1.20 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 5 cm (1° strato) e di 20 cm (2° strato);
- solettone-arco rovescio in cls armato dello spessore minimo di 1.50 m e massimo pari a 2,00 m;
- rivestimento definitivo di calotta in cls armato avente spessore in chiave pari a 0.60 m.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. FOGLIO E 37 di 43

5.3.2.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- Fase 1: posa in opera di drenaggio in avanzamento (eventuale);
- Fase 2: scavo a piena sezione del singolo sfondo di 1,2 m sagomando il fronte a forma concava;
- Fase 3: contenimento radiale al contorno con posa in opera di bulloni in acciaio;
- Fase 4: rivestimento provvisorio al contorno costituito da centine metalliche e spritz-betòn;
- Fase 5: ripetizione delle fasi "2", "3" e "4" fino al getto del solettone-arco rovescio per la traslazione della fresa;
- Fase 6: getto del solettone-arco rovescio per la taslazione della fresa;
- Fase 7: posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- Fase 8: getto calotta.

5.3.2.4 VARIABILITÀ

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

Tabella 5-5. Variabilità della sezione tipo A2-var.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 50 cm	spritz - beton: 50 cm
Passo centine: 1.45 m	Passo centine: 1.0 m
Bulloni maglia 1.45 × 1.45 m N. 8/9 bulloni radiali, L = 5 m	Bulloni maglia 1.0 × 1.0 m N. 12/13 bulloni radiali, L = 7 m

5.3.3 Sezione tipo B1-var

5.3.3.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo B1-var è applicata nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie per valori di GSI ≤ 40 laddove appare necessario prevedere interventi di presostegno in calotta. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con accentuati fenomeni deformativi in campo elasto-plastico. Sono necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, di presostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo operato mediante centine metalliche inglobati in uno strato di spritz-beton ed il getto ravvicinato al fronte dell'arco rovescio.

5.3.3.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n° 4 (2 + 2) drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 30.0 m con sovrapposizione minima di 13 m;

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 38 di 43

- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo (10 cm sul 50% degli sfondi e 15 cm a fine campo);
- intervento di precontenimento del fronte tramite n° 20 elementi in vetroresina cementati con miscele cementizie aventi lunghezza L = 13.50 m e sovrapposizione minima 5.00 m, ± 20%;
- intervento di presostegno al contorno mediante n° 25 tubi in acciaio ϕ 127 mm, sp. 10 mm, L = 12 m, sovrapposizione minima 3.5 m, valvolati (1 valvola / metro), passo 0.40 m;
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da un HEB 160 passo 1.0 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 5 cm (1° strato) e di 20cm (2° strato);
- arco rovescio in cls armato dello spessore minimo di 1.50 m e massimo pari a 2,00 m;
- rivestimento definitivo di calotta in cls armato avente spessore (in chiave) pari a 0.60 m.

5.3.3.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- Fase 1: posa in opera di drenaggio in avanzamento (eventuale);
- Fase 2: posa in opera presostegno al contorno con tubi metallici valvolati;
- Fase 3: esecuzione precontenimento al fronte con elementi in VTR cementati;
- Fase 4: scavo a piena sezione del singolo sfondo di 1 m sagomando il fronte a forma concava;
- Fase 5: rivestimento provvisorio al contorno costituito da centine metalliche e spritz-beton;
- Fase 6: ripetizione delle fasi "2", "3", "4" e "5" fino al getto del solettone-arco rovescio per la traslazione della fresa;
- Fase 7: getto del solettone-arco rovescio per la traslazione della fresa;
- Fase 8: posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- Fase 9: getto calotta.

5.3.3.4 VARIABILITÀ

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

Tabella 5-6. Variabilità della sezione tipo B1-var.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritz - beton: 25 cm	spritz - beton: 25 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
16 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 4.5 m (lunghezza campo di avanzamento = 13.50 – 4.5 = 9.0 m)	24 barre in VTR al fronte, sovrapposizione minima = 6.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 13.5 – 5.5 = 8.0 m)
20 tubi in acciaio a contorno, sovrapposizione minima = 3.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 12 – 3 = 9.0 m)	30 tubi in acciaio a contorno, sovrapposizione minima = 4.0 m (lunghezza campo di avanzamento = 12 – 4 = 8.0 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 39 di 43

5.3.4 Sezione tipo A2 Allargata

5.3.4.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La sezione tipo A2 Allargata è applicata nella formazione del Flysch di Faeto costituita da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi con frequenti intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne con a luoghi strati di arenarie lì dove potrebbero innescarsi potenziali meccanismi di rottura cuneo lungo predefinite famiglie di discontinuità rilevate. Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di precontenimento del fronte di scavo, ma un modesto confinamento del cavo mediante chiodature radiali e centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

5.3.4.2 INTERVENTI PREVISTI

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- eventuali n°4 (2 + 2) drenaggi eseguiti in avanzamento costituiti da tubi microfessurati in PVC della lunghezza L = 30.0 m con sovrapposizione minima di 10 m.
- intervento di spritz - beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 5cm ogni sfondo – sp. 10cm fine campo.
- esecuzione di un contenimento radiale costituiti da n. 13/14 ± 20% (variabilità relativa all'incidenza del consolidamento ovverosia al numero di interventi e alla loro lunghezza) bulloni ϕ 24 (o tipo Swellex) ad ancoraggio continuo disposti in raggiera alternate, L = 6 m, passo longitudinale = 1 m, passo trasversale = 2 m, diametro di perforazione = 51 mm.
- rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche costituite da un HEB 200 passo 1 m ± 20% e spritz - beton fibrorinforzato al contorno dello spessore di 5 cm (1° strato) e di 25 cm (2° strato).
- arco rovescio in cls armato dello spessore minimo di 1.50 m e massimo pari a 2,30 m.
- rivestimento definitivo di calotta in cls armato avente spessore (in chiave) pari a 0.75 m.

5.3.4.3 FASI ESECUTIVE

Le fasi esecutive principali sono:

- Fase 1: posa in opera di drenaggio in avanzamento (eventuale);
- Fase 2: scavo a piena sezione del singolo sfondo di 1m sagomando il fronte a forma concava;
- Fase 3: contenimento radiale al contorno con posa in opera di bulloni in acciaio;
- Fase 4: rivestimento provvisorio al contorno costituito da centine metalliche e spritz-betòn;
- Fase 5: ripetizione delle fasi "2", "3" E "4" fino al getto del solettone-arco rovescio per la traslazione della fresa;
- Fase 6: getto del solettone-arco rovescio per la taslazione della fresa;
- Fase 7: posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- Fase 8: getto calotta.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 40 di 43

5.3.4.4 VARIABILITÀ

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

Tabella 5-7. Variabilità della sezione tipo A2 Allargata.

Applicazione minima	Applicazione massima
spritzz - beton: 30 cm	spritzz - beton: 30 cm
Passo centine: 1.2 m	Passo centine: 0.8 m
Bulloni maglia 1.2 (passo long.) × 2.4 m (passo trasv.) N. 11/12 bulloni radiali, L = 6 m	Bulloni maglia 0.8 (passo long.)× 1,6 m (passo trasv.) N. 15/16 bulloni radiali, L = 6 m

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 41 di 43

6 PROCEDURA PER LA GESTIONE DELLE LINEE GUIDA

Allo scopo di consentire la gestione in corso d'opera delle specifiche di progetto, con particolare riferimento alle fasi esecutive e alla variabilità degli interventi, viene di seguito descritta la procedura che sarà adottata nella fase costruttiva, sede in cui potrà essere eventualmente affinata e definita con maggiore dettaglio. Tale procedura è schematicamente riportata nella Figura 6.1.

L'inizio delle operazioni di scavo deve avvenire mediante la sezione tipo prevista per la tratta di galleria in esame e con gli interventi riportati negli elaborati grafici di progetto, ovvero con i valori medi del range presentato nel presente documento di Linee Guida. Contestualmente saranno avviate le attività previste dal programma di monitoraggio, nel rispetto delle frequenze di misura specificate in dettaglio nel profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio consentirà di raccogliere in modo sistematico tutte le informazioni puntuali in merito al contesto geotecnico di scavo (rilievi geomeccanici dei fronti di scavo) e al comportamento deformativo dell'ammasso, in particolare presso il fronte, il cavo e in superficie (misure di estrusione e stazioni di misura della convergenza, rete topografica a piano campagna). Dati integrativi riguarderanno lo stato tensionale del rivestimento di prima fase e definitivo.

La serie dei dati provenienti dal monitoraggio dovrà essere resa disponibile, anche per via telematica, nel minor tempo possibile (legato alla restituzione della misura, al trasferimento nel Database e alla comunicazione di avvenuto aggiornamento) e in ogni caso non potrà superare le 24 ore, in modo da garantire la ricezione dei dati da parte dei soggetti coinvolti (Impresa, D.L. ed eventuale progettista in corso d'opera), consentendo di seguire tempestivamente l'evoluzione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo e di interpretare in tempo reale i fenomeni in atto; tutti i dati saranno raccolti in una banca dati, che rappresenti il più accuratamente possibile l'andamento dei lavori.

Sulla base del quadro complessivo di monitoraggio acquisito, l'Impresa aggiudicatrice dei lavori in sotterraneo redigerà periodicamente un "Rapporto Tecnico" nel quale, in funzione dei contenuti delle presenti Linee Guida e degli elaborati di progetto e in anticipo rispetto all'inizio delle attività al fronte, per ogni campo di scavo identificherà gli interventi che saranno adottati per gli avanzamenti successivi. Anche il suddetto "Rapporto Tecnico" sarà riportato nella banca dati informatica.

In particolare, nel "Rapporto Tecnico" sarà data evidenza della gestione dello scavo della galleria secondo i punti di seguito indicati:

- conferma della sezione tipo prevista, mantenendo le fasi esecutive di progetto e gli interventi nel range medio, qualora le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevabili al fronte e la risposta deformativa risultino conformi ai valori medi previsti per la sezione tipo indicata lungo il tracciato nella tratta in esame;
- eventuale modifica dell'intensità degli interventi individuati all'interno delle variabilità definite per la sezione tipo adottata (descritti nel presente documento di linee guida) qualora la risposta deformativa manifesti la tendenza al raggiungimento del limite inferiore o superiore del range previsto in progetto, confermata dall'evidenza dei rilievi geomeccanici;
- passaggio ad una diversa sezione tipo, tra quelle previste in progetto per la tratta in oggetto, qualora le condizioni geomeccaniche osservate risultino sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e le deformazioni eccedano i range previsti per la sezione tipo adottata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 007	REV. E	FOGLIO 42 di 43

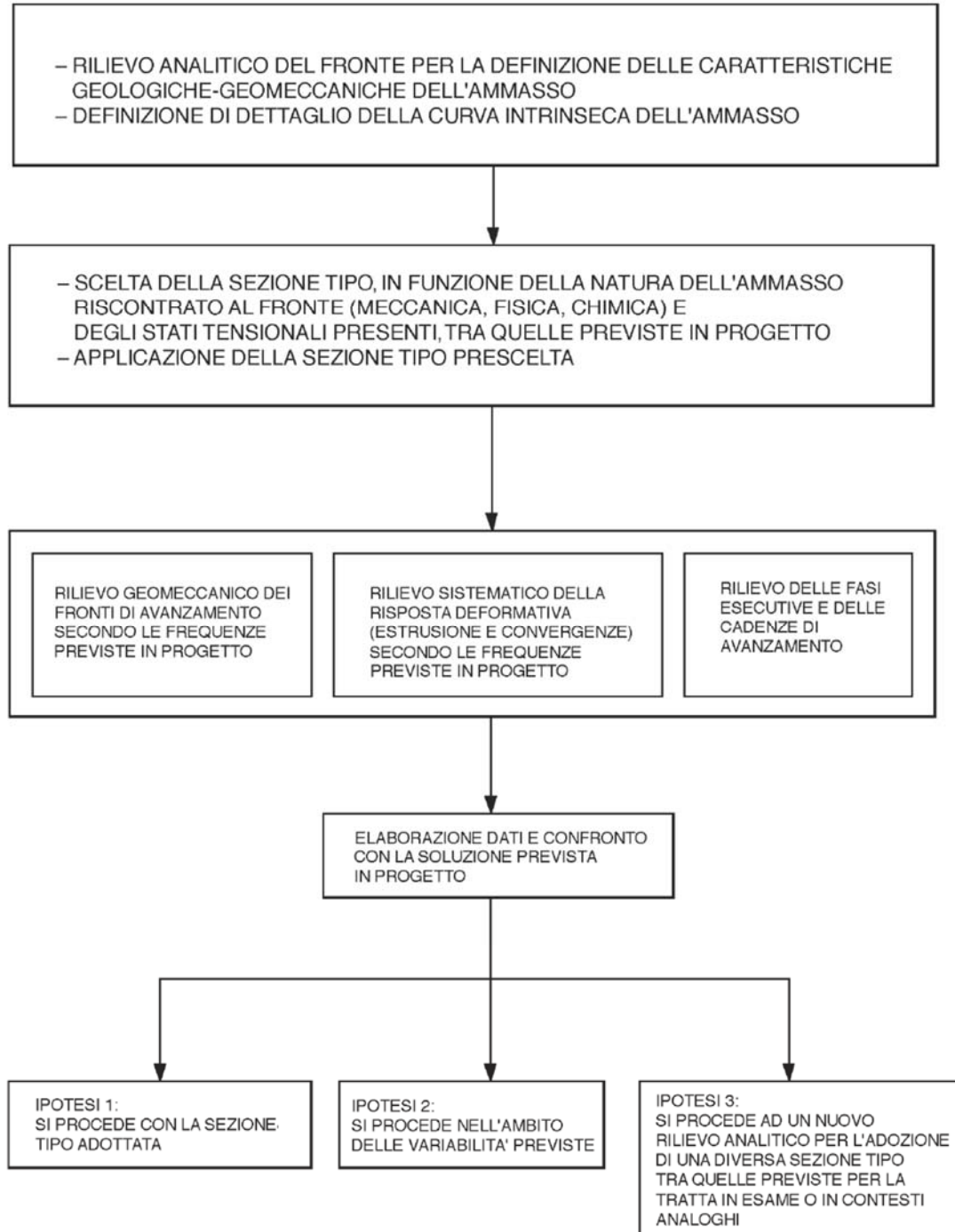


Figura 6.1 – Fase operativa e di verifica in corso d’opera.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 007</td> <td>E</td> <td>43 di 43</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 007	E	43 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 007	E	43 di 43													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo																		

7 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono riportate le Linee Guida per l'applicazione delle sezioni tipo previste per lo scavo in naturale Hirpinia

Le sezioni tipo di scavo sono state sviluppate con il ricorso alla progettazione secondo il Metodo Osservazionale (EC7-NTC08) che, mediante il controllo delle risultanze di monitoraggio e il confronto con i valori attesi, consentirà la definizione della sezione di scavo adeguata al contesto incontrato confermando o meno le previsioni progettuali e i limiti ammissibili anticipati.

Il piano di monitoraggio predisposto, e descritto nella apposita relazione, consentirà da un lato di verificare puntualmente il contesto geologico, geotecnico, geomeccanico e idrogeologico atteso e, dall'altro, di confrontare i valori deformativi riscontrati in fase di costruzione con i valori attesi individuati in sede di progetto e indicati nel presente documento, così da consentire l'eventuale adeguamento della sezione di avanzamento adottata e l'intensità degli interventi messi in opera.

Nelle pagine precedenti, dopo un breve inquadramento geologico-geotecnico e dopo aver illustrato i principali interventi previsti dal Progetto Esecutivo, sono state descritte le sezioni tipo di avanzamento, esaminando, per ciascuna di esse, il campo di applicazione, le fasi costruttive, gli interventi da eseguire e il campo di variabilità degli interventi stessi in funzione delle evidenze raccolte in corso d'opera.

Per il dettaglio delle attività di monitoraggio si rimanda alla specifica relazione tecnica.