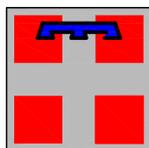


# AUTOSTRADA ASTI - CUNEO S.p.A.



PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

## COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)

LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06  
STRALCIO DEL PROGETTO ESECUTIVO

OPERE D'ARTE IN SEDE

### GALLERIA DI VERDUNO PARTE GENERALE RELAZIONE TECNICA GENERALE

Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Codifica:
00	Marzo 2014	EMISSIONE	Ing. Gatti	Ing. Ossesia	Ing. Ghislandi	2.6 E - r D.2.1.01
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: MARZO 2014
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala:



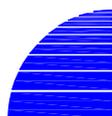
PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Enrico Ghislandi  
Albo di Milano  
N° A 16993

CONSULENZA SPECIALIZZATA

**ROKSOIL** S.p.A.  
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA  
nel campo della GEOINGEGNERIA

CONCESSIONARIA:



AUTOSTRADA ASTI - CUNEO S.p.A.



## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</b>	<b>11</b>
3.1. INQUADRAMENTO GENERALE.....	11
3.2. METODOLOGIA COSTRUTTIVA .....	13
<b>4. GALLERIA NATURALE .....</b>	<b>15</b>
4.1. SCAVO MECCANIZZATO .....	15
4.2. SCAVO TRADIZIONALE .....	18
4.2.1.1. Sezione tipo C1.....	20
4.2.1.2. Sezione tipo C2p – (Imbocco Lato Alba) .....	23
4.2.1.3. Sezione tipo C2p-TBM – (Imbocco Lato Cherasco).....	24
4.3. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO .....	26
4.4. INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE INIEZIONI RADIALI.....	30
<b>5. CUNICOLO PREVENTIVO .....</b>	<b>35</b>
5.1. INQUADRAMENTO GENERALE.....	35
5.2. METODOLOGIE DI SCAVO IN TRADIZIONALE.....	36
5.2.1. <i>Sezione tipo B0</i> .....	36
5.2.2. <i>Sezione tipo B2V</i> .....	37
5.3. INDAGINE ESPLORATIVA .....	39
5.4. INTERVENTI DI RIEMPIMENTO DELLE CAVITÀ CARSICHE .....	41
<b>6. BY-PASS DRENANTE .....</b>	<b>46</b>
<b>7. OPERE D'IMBOCCO.....</b>	<b>47</b>
7.1. IMBOCCO LATO CHERASCO .....	47
7.2. IMBOCCO LATO ALBA .....	53
<b>8. OPERE ALL'INTERNO DELLA FORMAZIONE DEI GESSI .....</b>	<b>58</b>
<b>9. SISTEMA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>60</b>
<b>10. ALTRE PARTI PROGETTUALI INTEGRANTI .....</b>	<b>63</b>
<b>11. CONCLUSIONI.....</b>	<b>63</b>



## **1. INTRODUZIONE**

Nella presente relazione si riporta la descrizione degli interventi e delle opere per la realizzazione della galleria naturale “Verduno”, opera facente parte del Lotto 6, Tronco 2 del collegamento autostradale A6-A21 (Asti-Cuneo) eseguita mediante scavo meccanizzato, utilizzando una fresa a piena sezione (TBM) del tipo EPB.

Nel seguito dopo un breve inquadramento geologico-geotecnico si presentano nel dettaglio le caratteristiche generali dell’opera e le metodologie costruttive adottate per la realizzazione delle gallerie in sotterraneo e delle opere di imbocco, nonché il sistema di monitoraggio predisposto per seguire le eventuali ricadute sul territorio a seguito della realizzazione dell’opera.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

La Galleria Verduno, lungo il suo sviluppo in naturale di 3185 m in canna di monte e 3100 m in canna di valle, attraversa differenti formazioni geologiche, le quali, nell'ambito degli studi geologici e geotecnici, sono state suddivise in "Unità Litologiche", come riportato nella tabella seguente.

FORMAZIONI GEOLOGICHE	UNITA' LITOLOGICHE	LEGENDA LITOLOGICA
- Riporto	1b	 Materiale di riporto/vegetale
- Complesso ghiaioso-sabbiosolimo-sabbioso - Corpi detritici grossolani all'interno argille-marmose	3 / 7a	 Facies ghiaioso-sabbiosa
Fr/Ci - Depositi di frana - Limi sabbiosi fini, localmente argillosi, inglobanti ghiaie e ciottoli	4	 Limi prevalenti
Fr/Pa - Depositi di frana - Argille di Lugagnano. Argille marnose e siltose grigio-azzurre con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbie (Pliocene inferiore-medio).	4 / 5	 Argilla limosa, argilla sabbiosa
Pa - Argille di Lugagnano. Argille marnose e siltose grigio-azzurre con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbie (Pliocene inferiore-medio).	5	 Argilla marnosa con noduli di gesso
M4 - Marna di S. Agata Fossili. Limi argillosi e argille marnoso-siltose grigio-azzurre con sottili livelli di limo e sabbie fini. Intercalazioni di corpi sabbiosi e ghiaiosi con spessore metrico più frequenti al tetto dell'unità. Locale presenza di livelli calcarenitici con spessore decimetrico. (Tortoniano-Miocene Sup.).	7	 Marna da grigia a verde, con granuli e noduli gessosi; alternanze di marna compatta grigio-azzurra ed argilla da molto consistente a dura, da debolmente limosa a limosa; stratificazione evidente
M5 - Formazione Gessoso-Solfifera. Alternanze ben stratificate di limi argillosi, argille marnose e limi sabbiosi con gessi. I gessi costituiscono banchi litoidei con potenza metrica o si intercalano nella matrice limoso-argillosa sottoforma di sottili livelli e cristalli isolati. (Messiniano) (g) - Blocchi di gesso litoide.	6	 Roccia gessifera o gesso grigio-bianco con tessitura cristallina con macrocristalli chiari, da compatta a totalmente frantumata, con superfici di discontinuità riempite di materiale argilloso
 Livello stabilizzato di falda rilevato nel piezometro  Letture piezometri pregressi.		 Limite stratigrafico  Superficie di discontinuità

Le principali Unità Litologiche sono le seguenti:

- Unità 4: Depositi di copertura e di frana, quali limi sabbiosi, argille limose e sabbiose.
- Unità 5: Argille marnoso-siltose, con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbia, appartenenti al Pliocene inferiore medio.



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

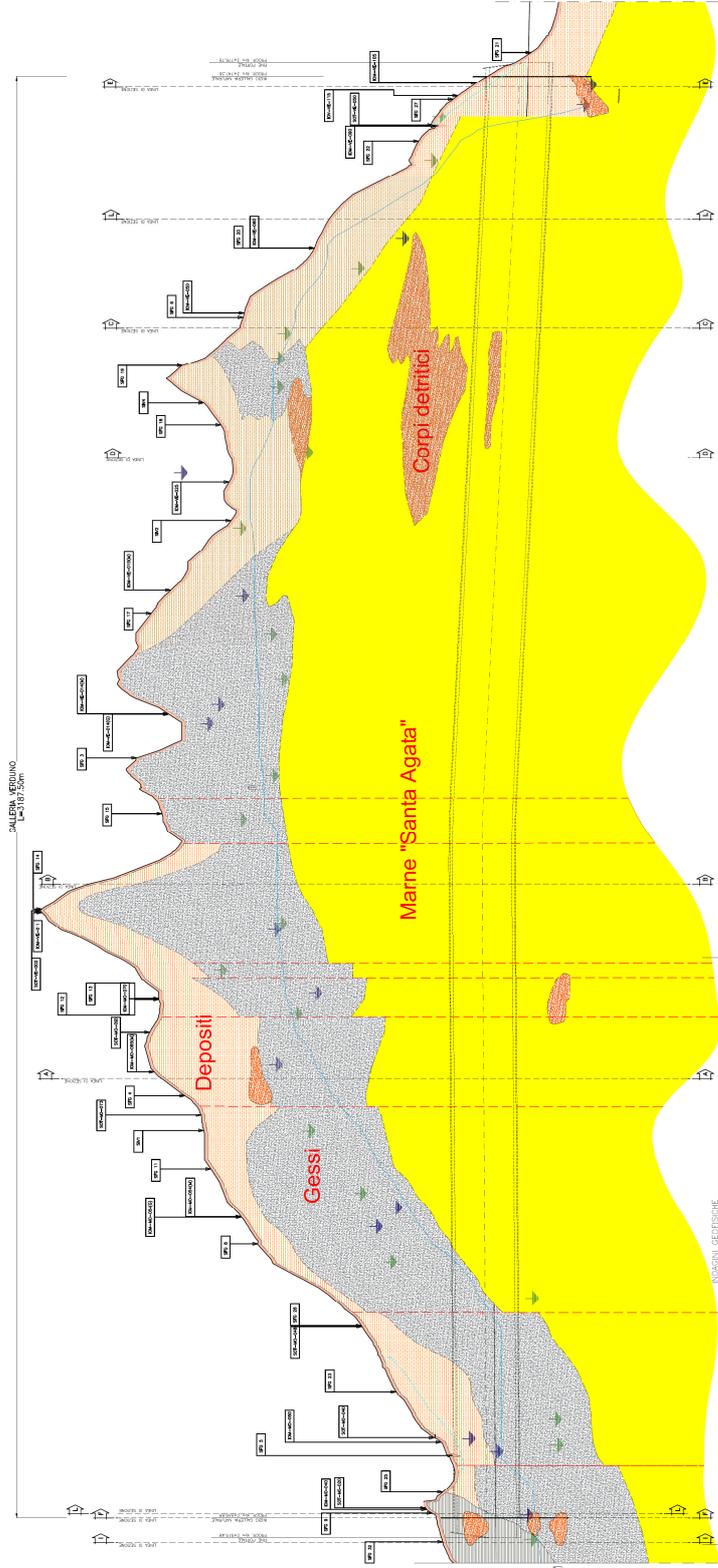
- Unità 6: Formazione gessoso-solfifera, costituita da alternanze di limi argillosi, argille marnose e gessi (i gessi costituiscono banchi litoidi con potenza metrica).
- Unità 7: Formazione delle Marne di Sant'Agata, costituita da limi argillosi e argille marnoso-siltose, con intercalati corpi ghiaioso-sabbiosi (Unità 7a).

Nelle figure seguenti si riportano i “Profili geomeccanici”, con la previsione della successione litostratigrafica lungo il tracciato delle due canne.



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

**CANNA DI MONTE - TRATTE OMOGENEE**

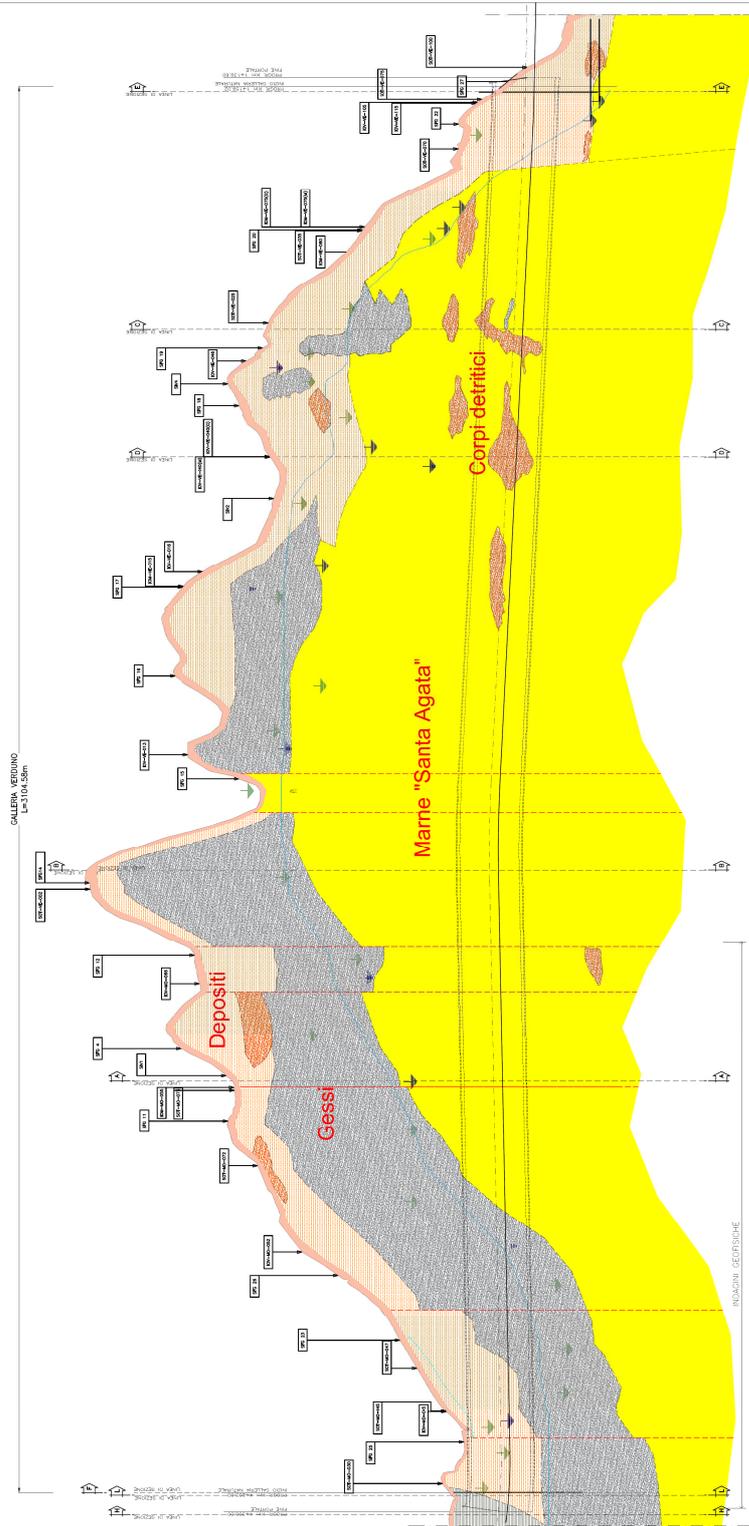


<b>Tratta 1</b> Imbocco Cherasco	<b>Tratta 2</b> Formazione Gessi	<b>Tratta 3</b> Formazione Marne "Santa Agata"	<b>Tratta 4</b> Formazione Marne/Corpi detritici	<b>Tratta 5</b> Imbocco Alba
--	--	--	--	------------------------------------



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
VERIFICA DI ASSOGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06  
STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO  
Galleria Verduno – Relazione tecnica generale

CANNA DI VALLE - TRATTE OMOGENEE



<b>Tratta 1</b> Imbocco Cherasco	<b>Tratta 2</b> Formazione Gessi	<b>Tratta 3</b> Formazione Marne "Santa Agata"	<b>Tratta 4</b> Formazione Marne/Corpi detritici	<b>Tratta 5</b> Imbocco Alba
--	--	--	--	------------------------------------



L'esame dei "Profili geomeccanici", nonché gli studi e gli approfondimenti svolti in sede di Progetto Esecutivo della galleria, hanno consentito di suddividere la galleria in 5 tratte omogenee, ciascuna delle quali caratterizzata da specifiche criticità e, quindi, da specifiche modalità operative di intervento per la realizzazione dell'opera. Anche il contesto geologico-geotecnico risulta sostanzialmente omogeneo in ciascuna tratta. Nel dettaglio:

1. Zona di imbocco lato Cherasco, caratterizzata in parte dalla presenza di depositi di frana, costituiti da argille limose, in parte dalla formazione dei gessi. La morfologia dell'area appare molto dolce, collocandosi l'imbocco in una vallecchia, attraversata trasversalmente dai Rii San Giacomo e Deglia. La circolazione dell'acqua è impostata nei gessi, con presenza di falde sospese nei limi sabbiosi. Le principali criticità riguardano la propensione dell'area al dissesto geomorfologico e la possibile presenza di cavità nella fascia dei gessi.
2. Zona di galleria interessata dall'attraversamento della formazione dei gessi. Questo settore rappresenta una delle zone più critiche lungo il tracciato della galleria vedendo l'interferenza del cavo con la formazione dei gessi e con l'acquifero in esso presente. Lo scavo della galleria si sviluppa in parte all'interno della roccia gessifera, in parte all'interno dei depositi pliocenici e dei depositi detritici sovrastanti. In questo settore le due canne della galleria attraversano interamente l'acquifero dei gessi, la cui circolazione è principalmente condizionata dalla geometria del sistema di condotti carsici formati per la dissoluzione del gesso, che determinano specifici assi di drenaggio. Le principali criticità della tratta sono riferibili alla notevole variabilità geomeccanica, che può determinare condizioni di instabilità dei fronti di scavo, nonché all'intercettazione di cavità carsiche, con possibili sacche d'acqua, che possono determinare rilasci e risentimenti in superficie.

3. Zona di galleria interessata dall'attraversamento del substrato marnoso-argilloso della Formazione delle Marne di Sant'Agata. In questo tratto di galleria si raggiungono le massime coperture, variabili da 60 a 90 m. La permeabilità delle marne è bassa e, di conseguenza, anche i deflussi previsti nella galleria sono previsti di piccola entità; in compenso si prevede che i battenti idraulici insistenti sulle due canne della galleria siano piuttosto alti (da 4-5 m in corrispondenza del contatto con i gessi, fino a 50-60 m nel tratto centrale della galleria). Particolare attenzione dovrà essere posta al settore prossimo all'imbocco lato Cherasco, dove lo spessore del substrato marnoso, che ricopre la calotta, si riduce progressivamente fino a pochi metri.
4. Zona di galleria all'interno della Formazione delle Marne di Sant'Agata dove si è rilevata la presenza, a quota scavo o poco sopra la calotta, di lenti ghiaioso-sabbiose. Tali lenti costituiscono corpi detritici all'interno della formazione marnosa; in essi vi è presenza di acqua in pressione, con valori nel range 2- 6 bar (ovvero battenti d'acqua di 20-60 m). Le lenti detritiche presentano spessori variabili da 2 m fino a 15-20 m e sono fortemente eterogenee lateralmente; spesso sono presenti solo in una delle due canne, specie in quella di valle, dove si sono riscontrati corpi di minori dimensioni, ma più diffusi. E' questo un settore di galleria dove gli avanzamenti dovranno essere condotti con molta attenzione verso la problematica in questione; la presenza dei corpi detritici rappresenta infatti un elemento di elevata criticità in quanto la loro intercettazione potrebbe comportare importanti venute d'acqua in galleria, con trascinarsi di materiale fine, ed attivazione di risentimenti a piano campagna, in termini di subsidenze o di innesco di fenomeni gravitativi di versante.
5. Zona di imbocco lato Alba, caratterizzata dalla presenza di depositi di frana, costituiti da limi sabbiosi fini, localmente argillosi, inglobanti ghiaie e ciottoli.

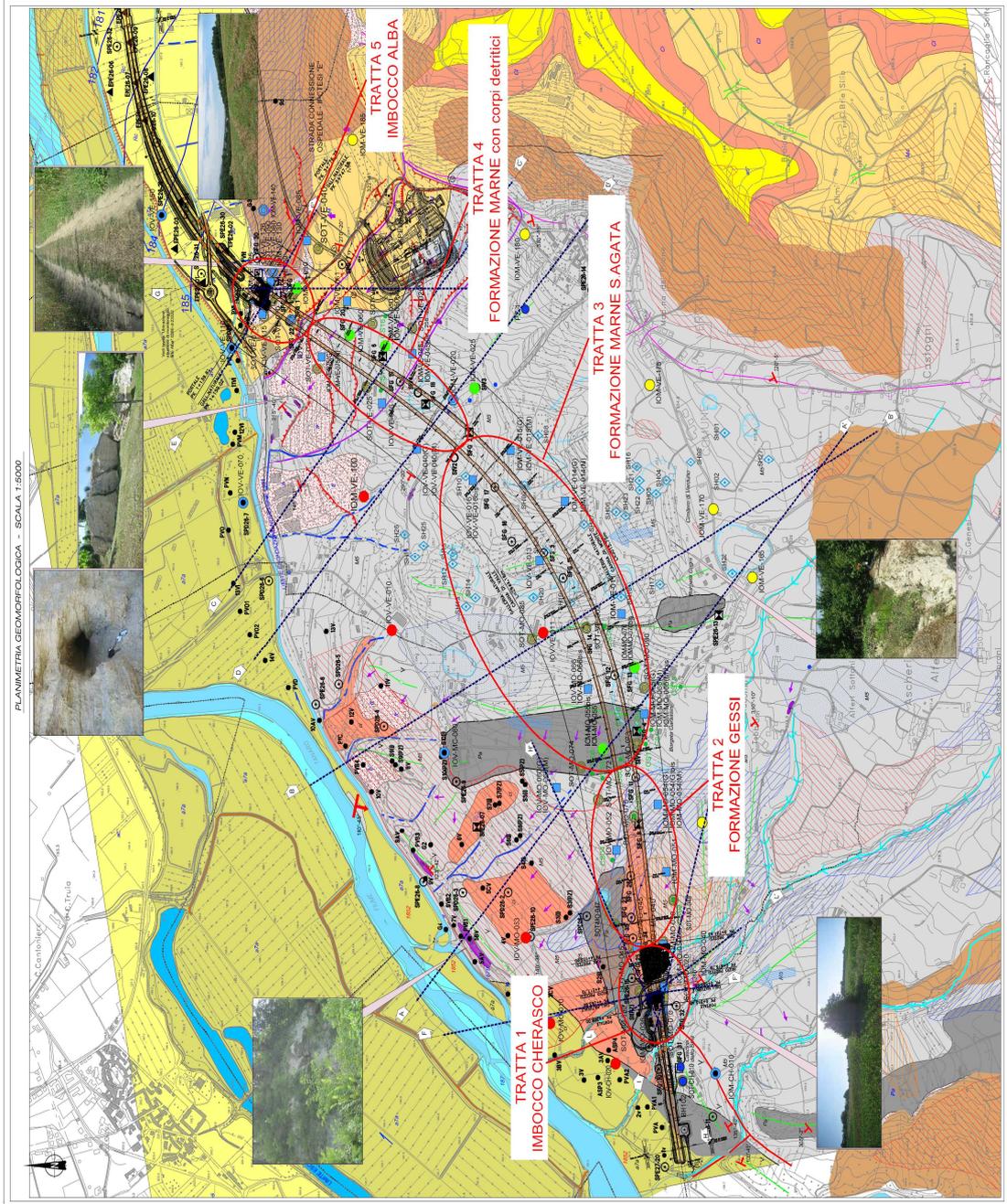


**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

L'area si caratterizza per una forte criticità geomorfologica e di propensione al dissesto. Si ha la presenza di una copertura detritica, costituita da argilla limosa, argilla sabbiosa, con lenti granulari a componente ghiaioso-sabbiosa prevalente, attribuibili a coltri di frana, per uno spessore di circa 20-35 metri, poggiate sul substrato marnoso della formazione delle Marne di S. Agata Fossili. Nell'area sono stati censiti diversi fenomeni di dissesto, interessanti sia i depositi di frana, sia il substrato, come ad esempio nel settore più a monte della zona di imbocco, dove è in fase di costruzione il Nuovo Ospedale Alba-Bra. Il sistema di circolazione dell'acqua si localizza negli affioramenti di terreni rimaneggiati per frana, oltre che nelle porzioni di substrato alterato e diffusamente fratturato.

Nella seguente figura si riporta l'inquadramento planimetrico della galleria Verduno, con individuate le 5 tratte omogenee, precedentemente descritte.

INQUADRAMENTO PLANIMETRICO



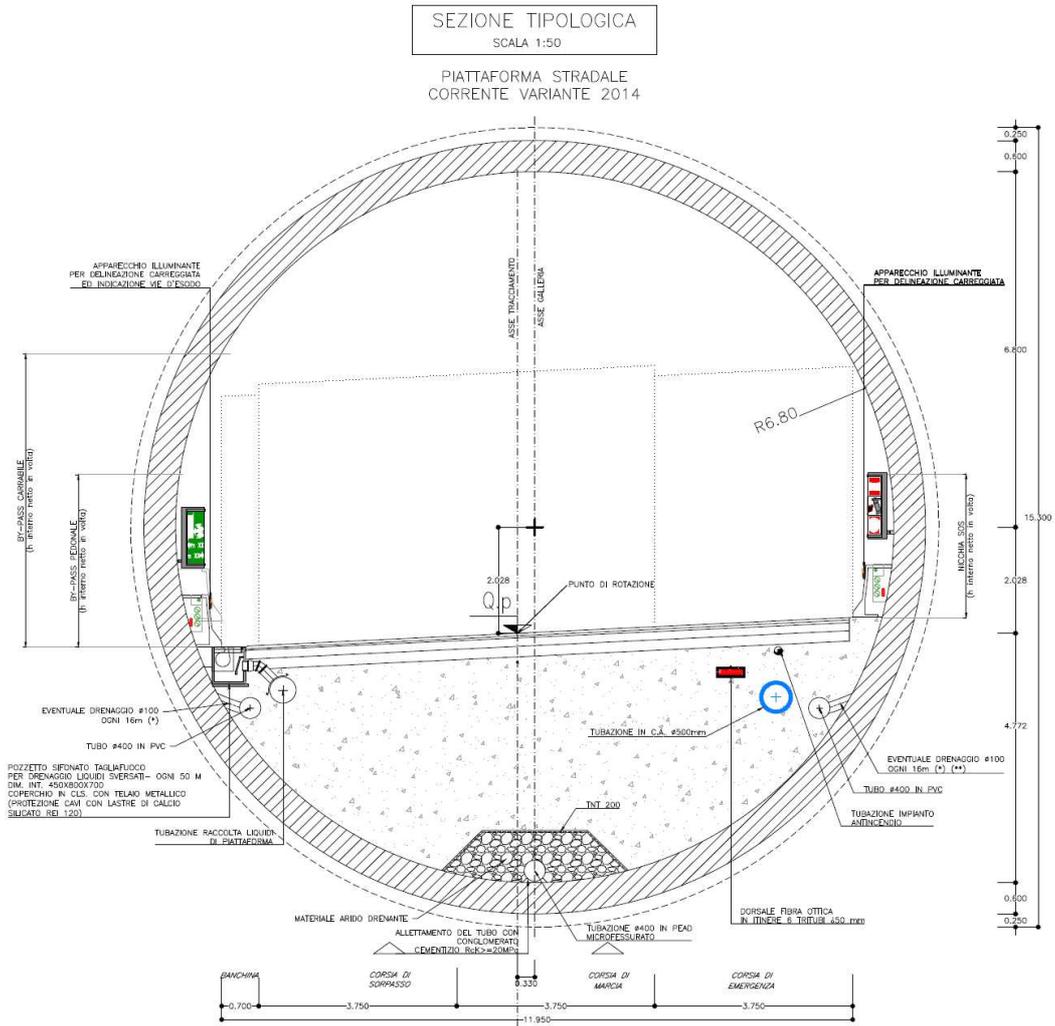


### 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

#### 3.1. INQUADRAMENTO GENERALE

La galleria Verduno è composta da due fornici affiancati, ciascuno dei quali contiene una piattaforma stradale della larghezza di 11,95 m funzionale ad ospitare due corsie di marcia più una corsia di emergenza, in adempienza al D.M. 05/11/01. Le due carreggiate (carreggiata Asti-Cuneo o “canna di valle” e carreggiata Cuneo-Asti o “canna di monte”) sono separate, ad eccezione dei tratti di imbocco e dei tratti in artificiale, da un setto di terreno da un minimo di 20 m sino ad un massimo di circa 70 m. La canna di monte ha una lunghezza complessiva (comprensiva di becco di flauto) di 3261.3 m, tra le progressive 0+515.48 (imbocco Cherasco) e 3+776.78 (imbocco Alba), con tratto in naturale, scavato a foro cieco di 3187.5 m (gli imbocchi in naturale sono ubicati rispettivamente alle progressive 0+559.88 e 3+747.38). La canna di valle ha una lunghezza complessiva (comprensiva di becco di flauto) di 3168.38 m, tra le progressive 4+308.00 (imbocco Cherasco) e 1+139.60 (imbocco Alba), con tratto in naturale di lunghezza pari a 3104.58 m; gli imbocchi in naturale sono ubicati rispettivamente alle progressive 4+263.60 e 1+159.02. Le coperture della galleria aumentano gradualmente: dall’imbocco della galleria naturale lato Cuneo-Cherasco (da pochi metri in corrispondenza dell’imbocco, fino a 30 m a circa 500 m di distanza dall’imbocco) raggiungono valori compresi tra 40 e 90 m nel tratto centrale della galleria e infine diminuiscono progressivamente in corrispondenza dell’imbocco lato Asti-Alba (35 m a circa 300 m di distanza dall’imbocco, fino a pochi metri in corrispondenza dell’imbocco della galleria naturale).

Vengono riportate nelle seguenti immagini la sezione tipologica della galleria e la planimetria di inquadramento generale.



*Figura 1 – Sezione tipo scavo meccanizzato*





**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

quella in grado di garantire maggiori condizioni di sicurezza ed una più favorevole gestione dei tempi realizzativi dell'opera dal momento in cui il decreto di approvazione del MIT ha previsto l'eliminazione delle piazzole di sosta.

Al fine di contenere l'impatto delle opere in corrispondenza degli imbocchi, si è inoltre previsto di realizzare brevi tratti di galleria, in corrispondenza dell'attacco degli scavi, con metodologia in tradizionale (sezioni tipo C1, C2p e C2p-TBM), così da consentire la messa in pressione del fronte della TBM in presenza di idonei ricoprimenti (5-6 m), posizionando gli imbocchi in modo da limitare gli sbancamenti e minimizzare l'impatto sul delicato contesto geomorfologico dei versanti in cui si inserisce l'opera.

Inoltre, nella tratta di attraversamento dei gessi, a partire dall'imbocco Cherasco, si è prevista la realizzazione di un cunicolo con funzione esplorativa (da esso verranno infatti eseguite indagini geofisiche nelle zone di futuro scavo delle gallerie ed eventuali iniezioni di riempimento in caso di cavità), così da escludere che l'avanzamento della TBM nei gessi intercetti significative cavità o fasce di ammasso in evidente stato di dissoluzione.

Infine un'opera significativa è rappresentata da un by-pass drenante, attrezzato con fasci di drenaggi, realizzato dalla galleria in corrispondenza del contatto tra i gessi e la formazione delle marne, con l'obiettivo di regolare il flusso della circolazione d'acqua in sottterraneo ed evitare circolazioni, e quindi fenomeni di dissoluzione del gessi, in prossimità delle gallerie. Nel tratto iniziale della galleria, potranno inoltre realizzarsi drenaggi corti dall'interno della galleria, mediante perforazioni attraverso il rivestimento in conci prefabbricati. Analoghi drenaggi, di lunghezza pari a 10 m, potranno essere realizzati nel tratto di galleria di attraversamento dei corpi detritici, qualora la rete di monitoraggio del livello piezometrico dovesse segnalare innalzamenti della quota di falda ad evidenziare l'eventualità che le gallerie, specie quella di valle, funzionino da ostacolo al normale deflusso della falda nei corpi detritici.

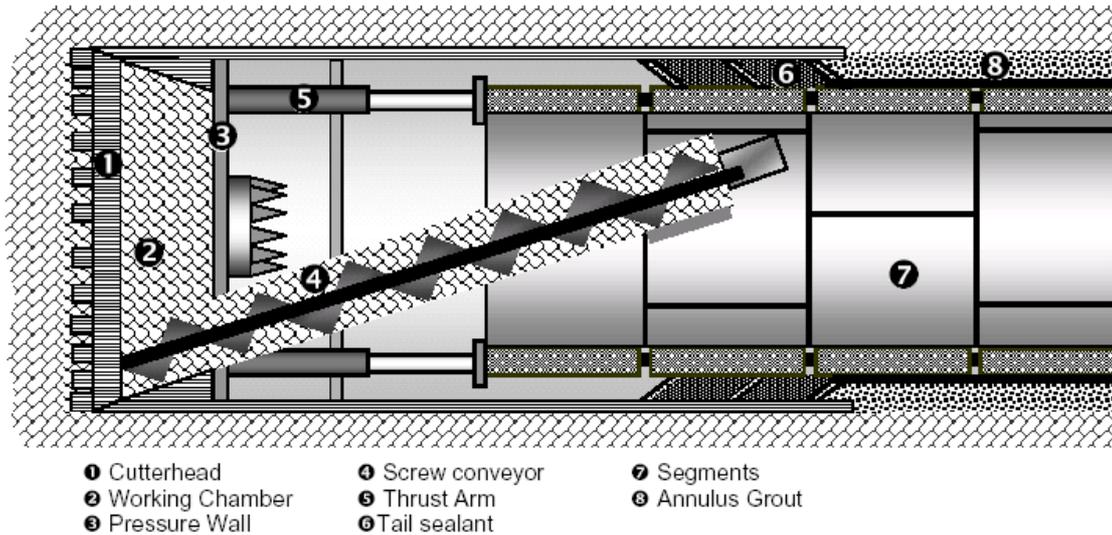
## 4. GALLERIA NATURALE

### 4.1. SCAVO MECCANIZZATO

Quale TBM per lo scavo della galleria si prevede l'impiego di una macchina a piena sezione del tipo EPB, avente diametro di scavo pari a 15.30 m (diametro di intradosso pari a 13.6 m). La macchina di scavo EPB (Earth Pressure Balance) prevede, con riferimento alla figura seguente, il sostegno sistematico del fronte di scavo per mezzo dello stesso terreno scavato (opportunamente condizionato con schiume e/o polimeri), che è mantenuto in pressione all'interno della camera di scavo attraverso i martinetti di spinta dello scudo. Le terre di scavo vengono rimosse dalla camera di scavo attraverso una coclea, la quale permette, in funzione della quantità di materiale estratto, di regolare la pressione presente al fronte. La macchina è dotata di uno scudo protettivo in acciaio, al di sotto del quale si provvede alla posa del rivestimento in conci prefabbricati ed all'intasamento del "vuoto anulare" tra l'estradosso dei conci e la superficie scavata.

Le fasi di realizzazione della galleria con TBM sono dunque le seguenti:

- Scavo con TBM del tipo EPB;
- Posa anello di rivestimento in conci prefabbricati dello spessore di 60cm;
- Riempimento dello spazio anulare tra estradosso anello e profilo di scavo con malta cementizia biocomponente (a presa rapida);
- Esecuzione di eventuali dreni;
- Sistemazione interna



1 = testa di taglio, 2 = camera di scavo, 3 = diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo, 4 = coclea di smarino, 5 = martinetti di spinta, 6 = sigillante di coda, 7 = rivestimento in conci prefabbricati, 8 = iniezioni di intasamento a tergo dei conci del rivestimento.

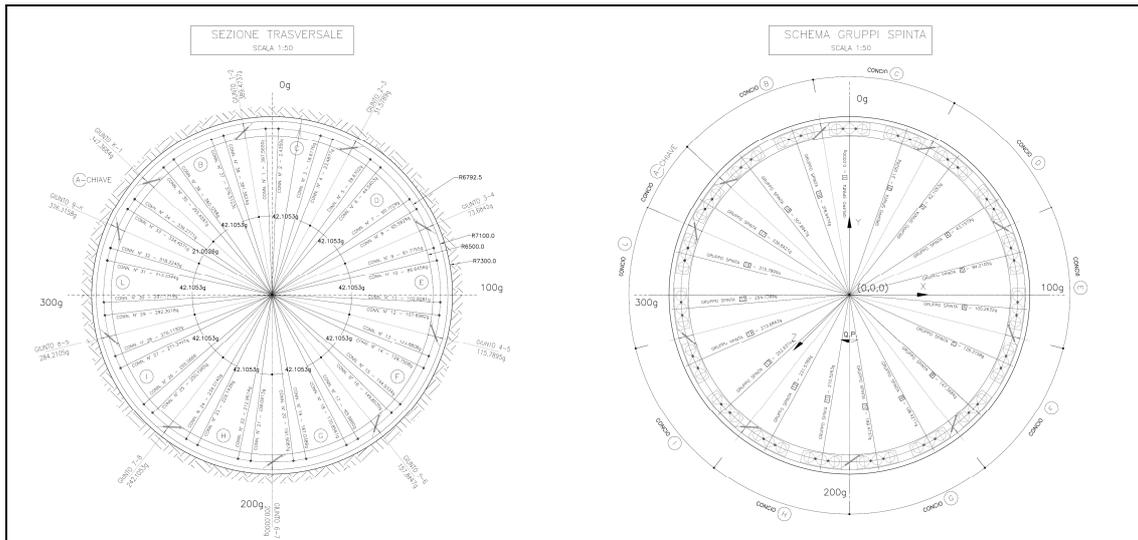
*Figura 3 - Schema di uno scudo chiuso a contropressione di terra (Earth Pressure Balance Machines: EPBMs)*

Quale rivestimento definitivo si adottano anelli in conci prefabbricati, di lunghezza di 2.0 m e spessore pari a 60 cm; i conci sono attrezzati con guarnizioni di tenuta idraulica in EPDM lungo l'intero sviluppo e connessi mediante bulloni in acciaio posti lungo i lati radiali e da spinotti tipo Bi-Block lungo i lati longitudinali dei conci. Per garantire l'allineamento dei conci si prevede l'impiego di barre guida.

Lo sviluppo dei conci sarà pari a 4,70 m circa in corrispondenza dell'asse, ad eccezione del concio di chiave. Si prevede la realizzazione dei conci con calcestruzzo C40/50 ed armatura principale costituita da barre di due tipologie (si rimanda al Profilo Geomeccanico per l'individuazione delle tratte di applicazione delle diverse armature):

- Armatura tipo 1: con barre di diametro Ø14;
- Armatura tipo 2: con barre di diametro Ø12;

La tipologia dell'armatura sarà variabile lungo il tracciato in funzione dei materiali attraversati e delle pressioni agenti sui rivestimenti della galleria; in sede di Progetto Esecutivo di dettaglio, si valuterà la possibilità di impiegare, qual armatura dei conci, fibre in acciaio a parziale riduzione dell'armatura lenta.



*Figura 4 – Anello in conci prefabbricati*

La realizzazione dei by-pass e delle nicchie avverrà previa posa, all'interno della galleria, di telai metallici di supporto dell'anello di rivestimento nella fase di taglio dei conci prefabbricati per la realizzazione delle aperture necessarie; il successivo scavo dei by-pass e delle nicchie avverrà con sistemi tradizionali. Tali lavorazioni appaiono comunque molto delicate dovendo realizzare zone di innesto tra la galleria principale, con rivestimento in conci, ed i collegamenti trasversali. Sarà importante rispettare la fasisitica di realizzazione dell'innesto, la quale prevede:

1. Realizzazione degli interventi di consolidamento dei futuri fronti di scavo dei by-pass e delle nicchie (qualora lo scavo degli stessi avvenga applicando le sezioni tipo B2 e C2), dall'interno della galleria autostradale.

2. Posizionamento dei telai metallici di supporto temporaneo dei conci prefabbricati di rivestimento, allorché questi ultimi vengono tagliati per consentire l'attacco degli scavi per la realizzazione dei by-pass e delle nicchie.
3. Taglio con disco diamantato dei conci prefabbricati, secondo i profili indicati in progetto, e demolizione delle porzioni di rivestimento da rimuovere.
4. Realizzazione dei by-pass e delle nicchie (consolidamento, scavo e getto dei rivestimenti definitivi).
5. Esecuzione dei portali d'innesto con la galleria autostradale e rimozione dei telai metallici.

In questo modo si garantiscono condizioni di stabilità delle gallerie durante lo svolgimento delle lavorazioni e di sicurezza per le maestranze.

#### **4.2. SCAVO TRADIZIONALE**

A seguito degli approfondimenti condotti si è rilevato come le zone di imbocco delle gallerie risultino particolarmente critiche in considerazione dei delicati contesti geomorfologici. E' stata quindi posta particolare attenzione ad evitare che la realizzazione delle opere di imbocco potesse comportare l'innescò di instabilità delle coltri superficiali, in fase di realizzazione degli scavi, o addirittura di possibili superfici di scivolamento profonde interessanti il versante, con i relativi impatti sulle pre-esistenze. E' stata quindi condotta la scelta di limitare il più possibile gli sbancamenti, al fine di contenere le deformazioni ed il disturbo arrecato al piede dei versanti. Tale criterio ha comportato di attaccare lo scavo della galleria in presenza di modesti ricoprimenti o addirittura di realizzare dei ricoprimenti "artificiali", mediante la realizzazione di rilevati in misto stabilizzato (protesi). L'altezza degli scavi in corrispondenza della paratia di imbocco



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

interessa quindi solo parzialmente il terreno in posto; lo strato più superficiale è infatti in parte costituito dalla protesi stessa, realizzata in misto stabilizzato.

Nel dettaglio, in corrispondenza dell'imbocco lato Cherasco, al fine di limitare gli scavi a cielo aperto si è avanzata la posizione dell'imbocco della galleria naturale, ubicandolo alle progr. 0+560.48 per la canna di monte e 4+263.00 per la canna di valle. Per l'attraversamento del tratto di galleria tra le progr. 0+615.78 – 0+731.63 (canna di monte) e 4+217.70 – 4+103.20 (canna di valle), dove i ricoprimenti non sono sufficienti a condurre uno scavo a foro cieco, si è predisposto l'impiego di una protesi in misto stabilizzato, così da evitare la realizzazione delle importanti opere di sbancamento qualora si fosse impostato l'imbocco della galleria naturale direttamente alle progr. 0+731 e 4+103. Stessa soluzione è stata adottata in corrispondenza dell'imbocco lato Alba, dove si è prevista la realizzazione di una protesi di imbocco fino alle progr. 3+747.38 (canna di monte) e 1+159.02 (canna di valle).

La presenza, in corrispondenza delle sezioni di imbocco delle gallerie, di ricoprimenti ridotti, ha poi reso necessario realizzare un primo tratto di galleria naturale con metodologia in tradizionale, al fine di raggiungere adeguati ricoprimenti, pari a 5-6 m, per consentire la messa in pressione della camera di scavo della TBM-EPB ed avviare lo scavo con metodologia in meccanizzato.

Partendo dall'imbocco lato Cherasco (Cuneo), si prevede un primo tratto scavato in tradizionale applicando la sezione tipo C1; tale tratto, di lunghezza pari a 45 m, presenta coperture variabili tra 3 e 5 m ed interessa principalmente depositi di versante (Unità 4 e 5). Il primo campo di avanzamento, detto "concio di attacco", usufruirà di un intervento di consolidamento da piano campagna con funzione anche di tampone a tergo della paratia.

Dopo il tratto scavato con sezione tipo C1, segue un tratto ove si prevede la realizzazione della protesi con scavo mediante TBM (C2p-TBM) e quindi lo



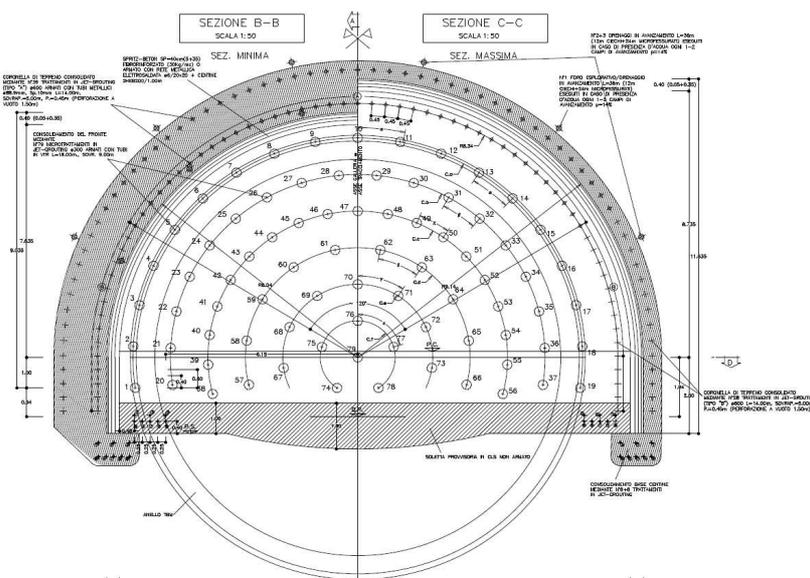
scavo meccanizzato fino in corrispondenza dell'imbocco lato Alba (Asti), dove, nel settore a basse coperture, si prevede un tratto, di lunghezza pari a 27 m, scavato applicando la sezione tipo C1 e quindi un tratto in cui si prevede la realizzazione della protesi con sezione C2p scavata in tradizionale (36 m in canna di valle e 14 m in canna di monte). L'indicazione dettagliata della successione delle sezioni tipo è riportata nel "Profilo geomeccanico Canna di valle" e "...Canna di monte", documenti 2.6-E.dD.2.1.23 e 24.

#### **4.2.1.1. Sezione tipo C1**

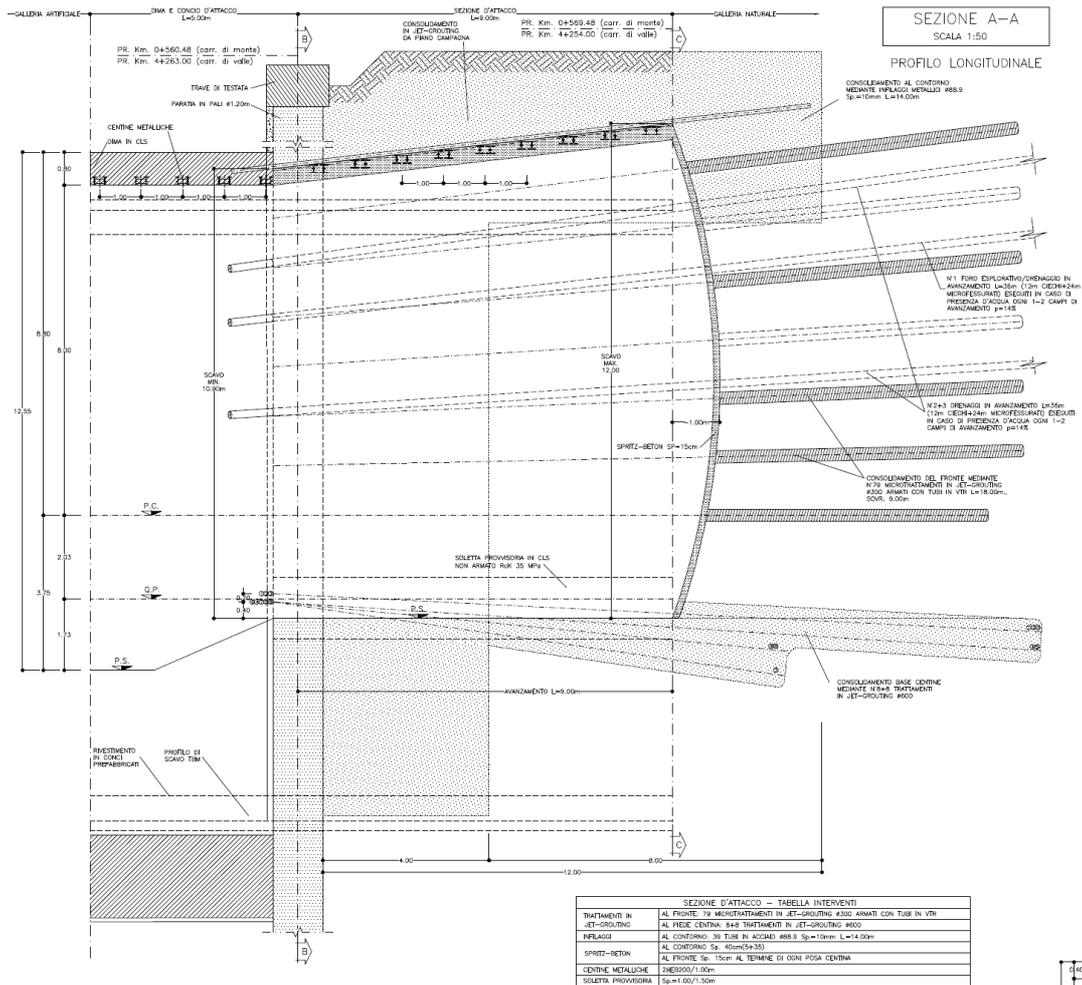
Verranno eseguiti i seguenti consolidamenti: al fronte 79 microtrattamenti in jet grouting  $\phi 300$  armati con tubi in VTR (L=18m e sovrapposizione 9 m), al contorno 39+28 trattamenti in jet grouting (L=14m e sovrapposizione 5.0m) di cui i primi armati con tubi metallici  $\phi 88,9$  sp 10 mm (disposti per  $120^\circ$  in calotta), a base centina 8+8 elementi in jet grouting  $\phi 600$  (5 trattamenti di L=18,5m e 3 trattamenti di lunghezza L=12,5m). Verrà eseguito lo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 1.00 m; dopo ogni sfondo verrà messa in opera una centina 2HEB200 p = 1.0 m e verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di sp = 40 cm (5+35) al contorno dello scavo. Verrà messo in opera, al fronte, uno strato di spritz-beton fibrorinforzato sp = 15 cm a fine campo (lo spritz-beton potrà essere disposto anche a seguito di ciascuno sfondo, per questioni di sicurezza, qualora si riscontrino distacchi o rilasci di porzioni dal fronte). Il getto della soletta provvisoria verrà eseguito ad una distanza massima di  $1 \Phi$  dal fronte. Il rivestimento definitivo sarà costituito dai conci prefabbricati posati in opera dalla TBM al passaggio della stessa (potranno essere previsti drenaggi corti dall'interno della galleria, mediante perforazioni attraverso il rivestimento in conci prefabbricati).

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- Drenaggi in avanzamento (con funzione anche di perforazione esplorativa in avanzamento)
- spritz-beton fibrorinforzato al contorno  $sp = 40$  cm;
- spritz-beton fibrorinforzato al fronte  $sp = 15$  cm;
- centine 2HEB200/1.0 m;
- n° 79 microtrattamenti in jet grouting al fronte  $\phi 300$ , armati con tubi in VTR  $L=18$  m,  $sovr= 9$ m;
- n° 39+28 trattamenti in jet grouting al contorno,  $L=14$  m,  $sovr= 5$ m, di cui i primi armati con tubi metallici  $\phi 88,9$  sp 10 mm (disposti in calotta per un angolo di circa  $120^\circ$ );
- n° 8+8 trattamenti in jet grouting a base centina  $\phi 600$ , 5 di lunghezza pari a 18,5m, 3 di lunghezza pari a 12,5m;
- soletta provvisoria in cls, di spessore minimo 1.0 m e massimo 1.5 m, gettato ad una distanza  $\leq 1 \Phi$  dal fronte.



Per il primo campo di avanzamento, il consolidamento al contorno viene sostituito da un intervento di consolidamento eseguito da piano campagna mediante trattamenti colonnari in jet-grouting, come mostrato nella seguente figura.



Gli interventi posti in opera in avanzamento, dal fronte della galleria, riguardano i consolidamenti al fronte, costituiti da microtrattamenti in jet grouting  $\phi 300$ , armati con tubi in VTR L=18 m, sovr= 9m, i tubi metallici in calotta,  $\phi 88,9$  sp 10 mm disposti in calotta per un angolo di circa  $120^\circ$ , nonché i drenaggi.



#### 4.2.1.2. Sezione tipo C2p – (Imbocco Lato Alba)

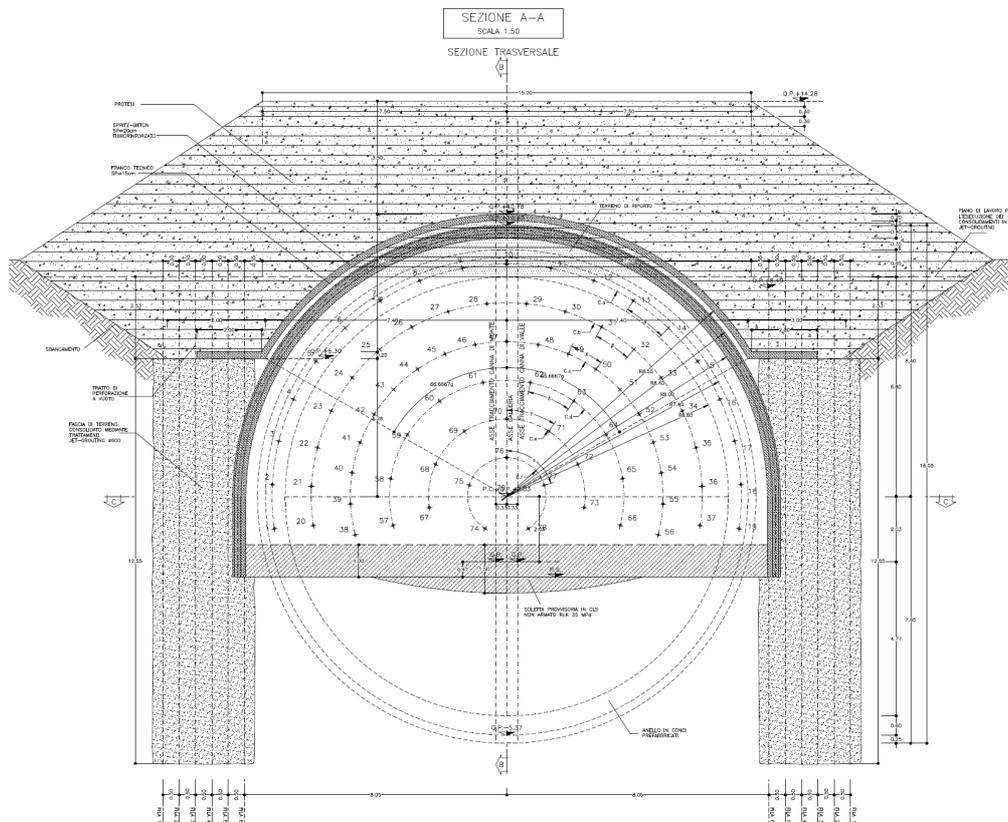
Le fasi esecutive per la realizzazione delle protesi sono le seguenti:

- Preparazione del piano di lavoro per l'esecuzione dei consolidamenti in jet-grouting  $\Phi 600$  L=12m, disposti secondo una maglia 100x100cm;
- esecuzione sbancamenti, eventuale riporto e riprofilatura del terreno in preparazione della geometria di intradosso della protesi;
- realizzazione in corrispondenza del filo scavo di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato sp. 20cm;
- realizzazione della protesi in misto stabilizzato, per strati di 30cm.

Verranno eseguiti i seguenti consolidamenti: al fronte 79 tubi in VTR (L=24m e sovrapposizione 12 m). Verrà eseguito lo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 1.00 m; dopo ogni sfondo verrà messa in opera una centina 2HEB200 p = 1.00 m e verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di sp = 40 cm (5+35) al contorno dello scavo. Verrà messo in opera, al fronte, uno strato di spritz-beton fibrorinforzato sp = 15cm a fine campo (lo spritz-beton potrà essere disposto anche a seguito di ciascuno sfondo, per questioni di sicurezza, qualora si riscontrino distacchi o rilasci di porzioni dal fronte). Il getto della soletta provvisoria verrà eseguito ad una distanza massima di 1  $\Phi$  dal fronte. Il rivestimento definitivo sarà costituito dai conci prefabbricati posati in opera dalla TBM al passaggio della stessa.

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- spritz-beton fibrorinforzato al contorno  $sp = 40$  cm;
- spritz-beton fibrorinforzato al fronte  $sp = 15$  cm;
- centine 2HEB200/1.00 m;
- n°79 tubi in VTR al fronte,  $L=24$  m,  $sovr= 12$ m;
- soletta provvisoria di spessore minimo 1.0 m, gettato ad una distanza  $\leq 1$   $\phi$  dal fronte;



#### 4.2.1.3. Sezione tipo C2p-TBM – (Imbocco Lato Cherasco)

Le fasi esecutive per la realizzazione dello scavo sotto protesi sono le seguenti:

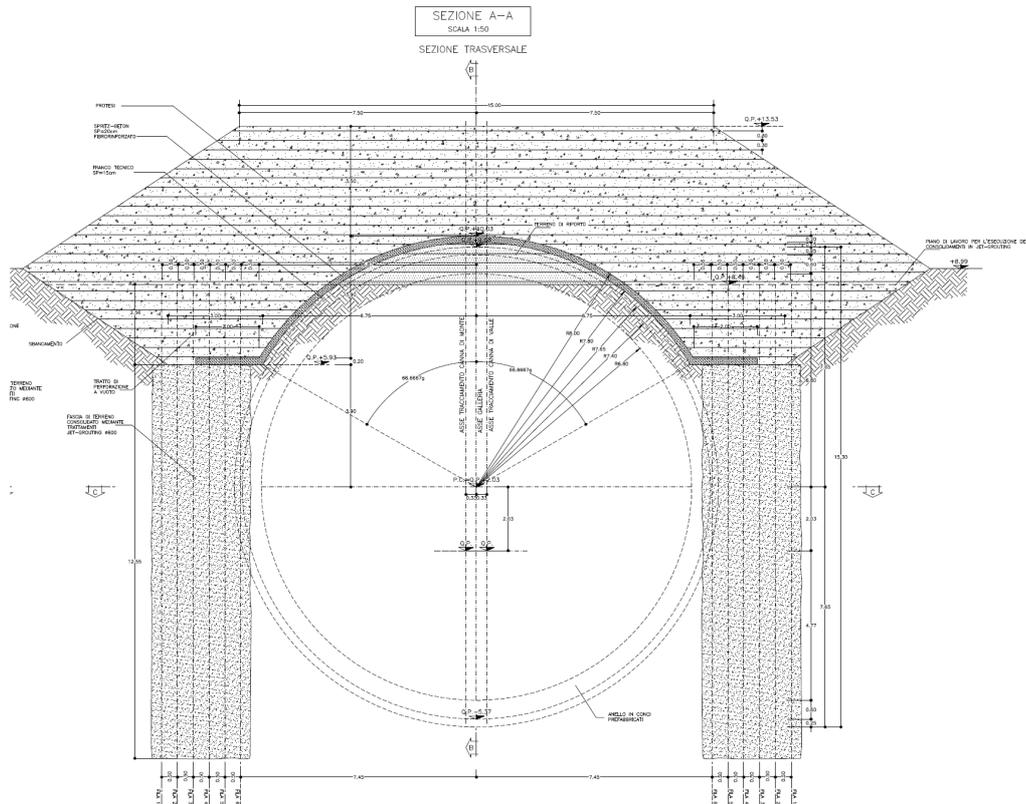
- Preparazione del piano di lavoro per l'esecuzione dei consolidamenti in jet-grouting  $\Phi 600$   $L=12$ m, disposti secondo una maglia  $100 \times 100$ cm;



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

- esecuzione sbancamenti, eventuale riporto e riprofilatura del terreno in preparazione della geometria di intradosso della protesi;
- realizzazione in corrispondenza del filo scavo di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato sp. 20cm;
- realizzazione della protesi in misto stabilizzato per strati di 30cm.

Una volta predisposta la protesi a piano campagna, lo scavo viene interamente effettuato con TBM-EPB avente diametro di scavo pari a 15.30m. L'anello di rivestimento è costituito da conci prefabbricati di spessore pari a 60 cm e lunghezza di 2.0 m, i quali vengono posizionati in coda allo scudo e a tergo degli stessi viene iniettata, in pressione, una miscela cementizia bicomponente di riempimento dello spazio anulare tra estradosso anello e profilo di scavo (potranno essere previsti drenaggi corti dall'interno della galleria, mediante perforazioni attraverso il rivestimento in conci prefabbricati).



#### 4.3. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Nelle tratte di imbocco della galleria, in presenza di bassi ricoprimenti, il progetto ha previsto, localmente, la realizzazione di interventi di consolidamento da piano campagna, aventi l'obiettivo di garantire la formazione di un effetto arco al contorno del profilo di scavo anche in presenza di modesti spessori di terreno, per lo più costituito da riporti, ovvero materiali di scadenti caratteristiche di resistenza. L'intervento di consolidamento è dunque volto a stabilizzare il profilo di scavo ed evitare l'innescio di rilasci con formazione di camini a piano campagna.

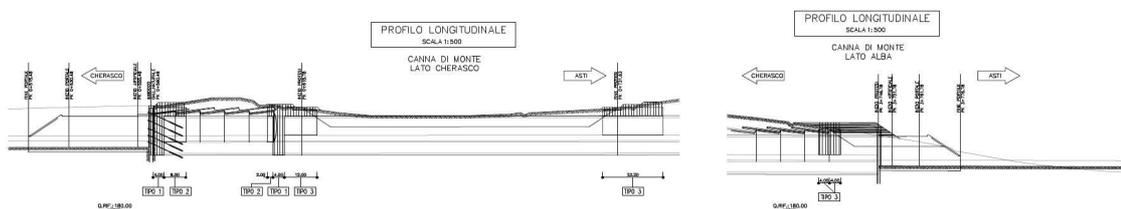
Il trattamento viene realizzato adottando la tecnologia del jet-grouting "bifluido", mediante trattamenti colonnari in jet-grouting di diametro nominale 1200 mm,

disposti a maglia quadrata di lato 1.0 m. Per la definizione dei parametri operativi saranno condotti specifici campi prova.

Gli interventi di consolidamento, a partire dall'imbocco lato Cherasco, sono ubicati:

- A tergo della paratia di imbocco lato Cherasco; vi è un primo tratto dove il trattamento interessa l'intero fronte di scavo della galleria, funzionando da tampone nei confronti della paratia, ed un tratto successivo dove è prevista la formazione di un arco consolidato, al contorno del profilo di scavo, dello spessore di 3.00 m;
- Nella zona di transizione tra lo scavo in tradizionale, condotto mediante la sezione tipo C1 all'imbocco Cherasco, e il tratto in "protesi" realizzato mediante la sezione tipo C2p-TBM.
- Al termine della protesi lato Cherasco, per consentire l'avvio dello scavo meccanizzato (fino a raggiungere coperture di circa 6 m).
- Nella zona di transizione tra lo scavo in tradizionale, condotto mediante la sezione tipo C1 all'imbocco Alba, e il tratto in "protesi" realizzato mediante la sezione tipo C2p.

Uno schema delle tratte di applicazione e le principali geometrie dei trattamenti, sono riportati nelle figure seguenti.

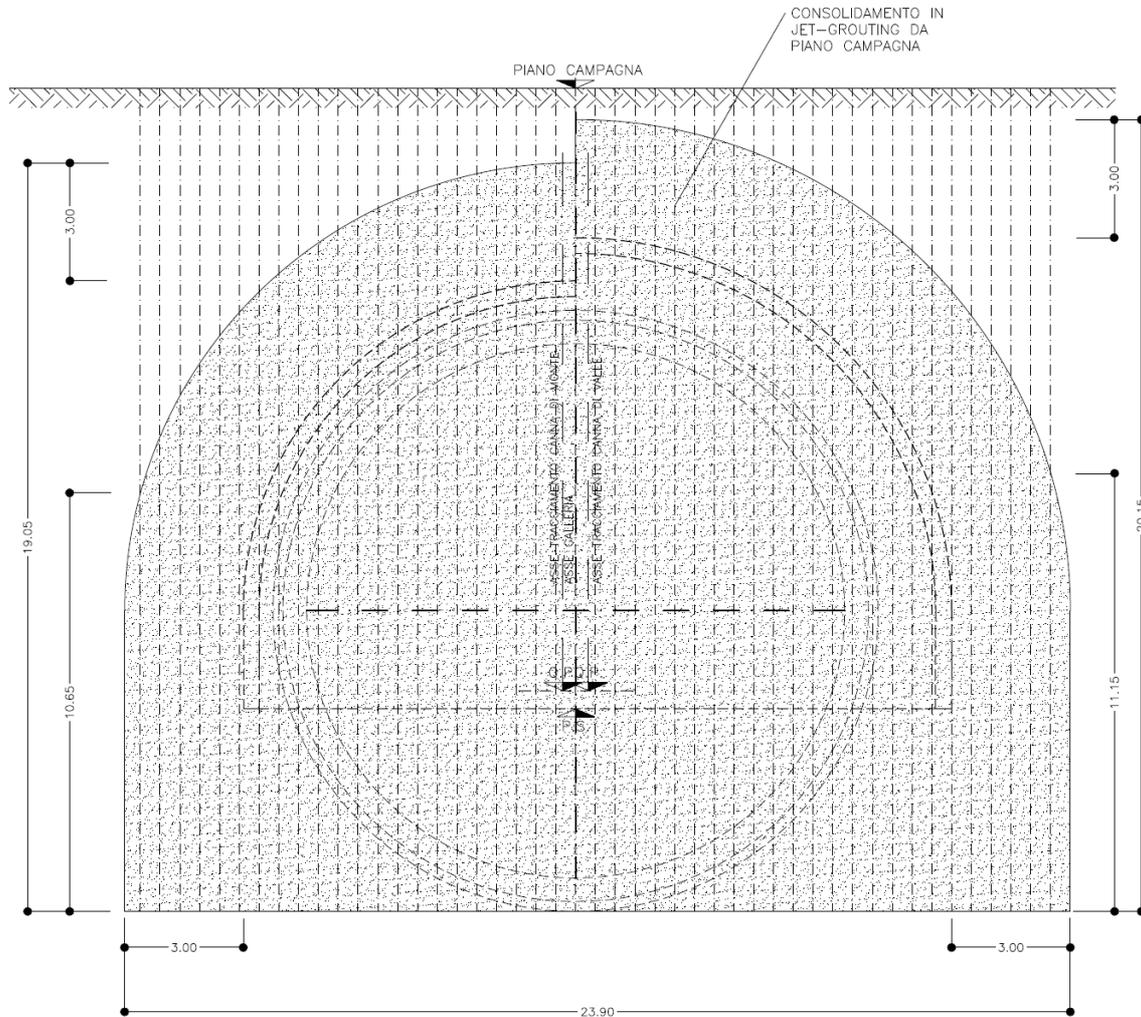




SEZIONE TRASVERSALE

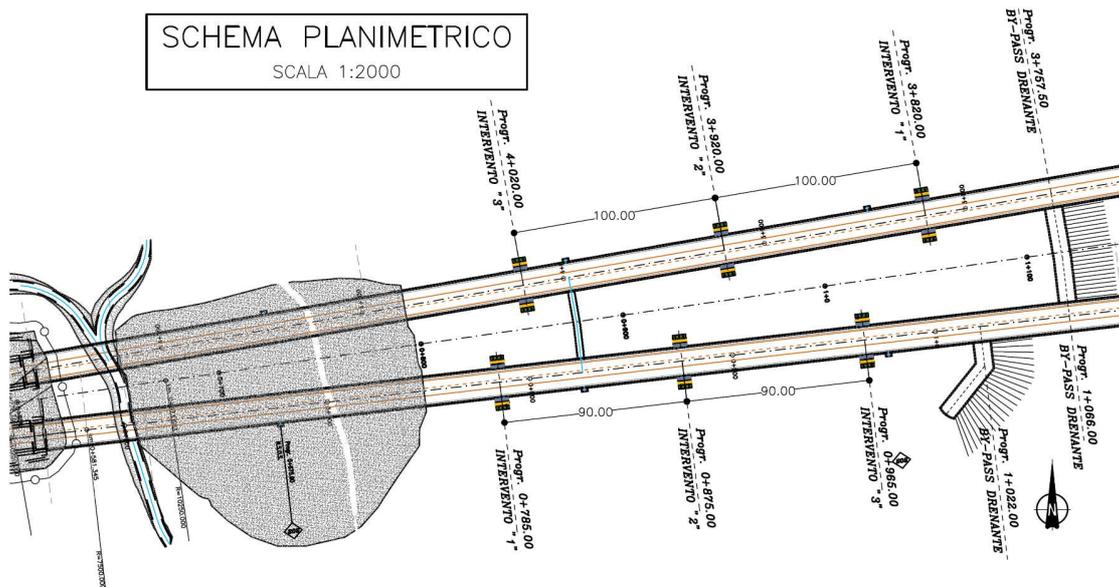
SCALA 1:100

TIPO 1

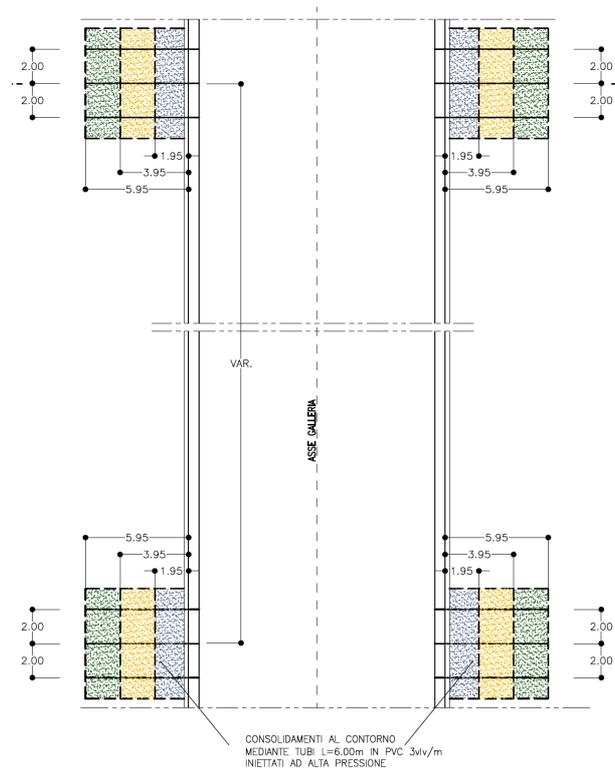


#### 4.4. INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE INIEZIONI RADIALI

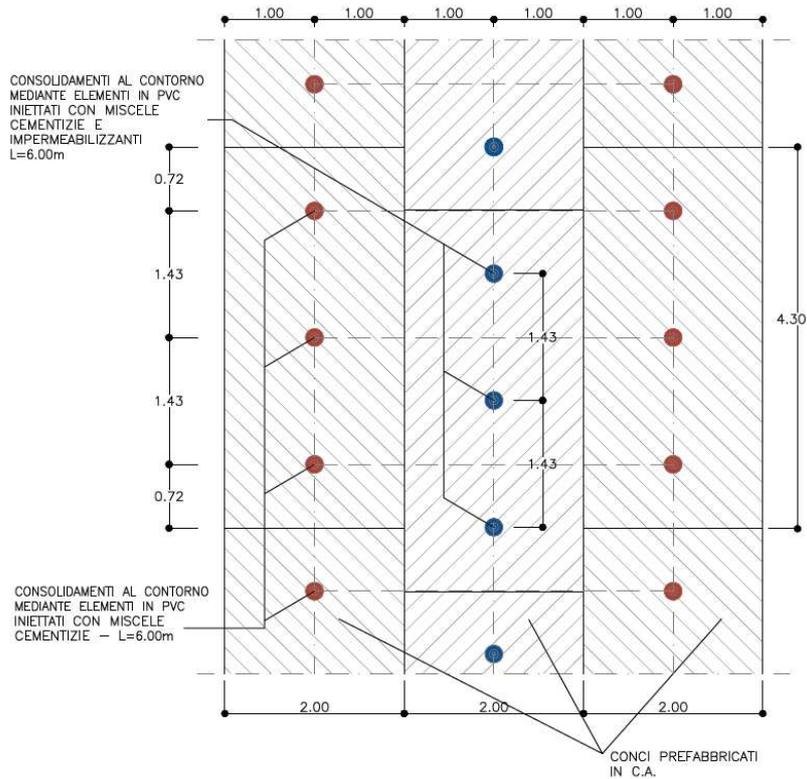
Nella tratta di imbocco della galleria, lato Cherasco, in cui lo scavo viene effettuato all'interno della formazione dei Gessi, è prevista la realizzazione di una serie di interventi di impermeabilizzazione al contorno dell'anello in conci prefabbricati (3 in corrispondenza della canna di monte e 3 in corrispondenza di quella di valle, come indicato nella figura seguente), al fine di impedire lo sviluppo di un flusso idrico longitudinale al contorno del cavo, che potrebbe dar luogo a fenomeni di dilavamento dell'ammasso.



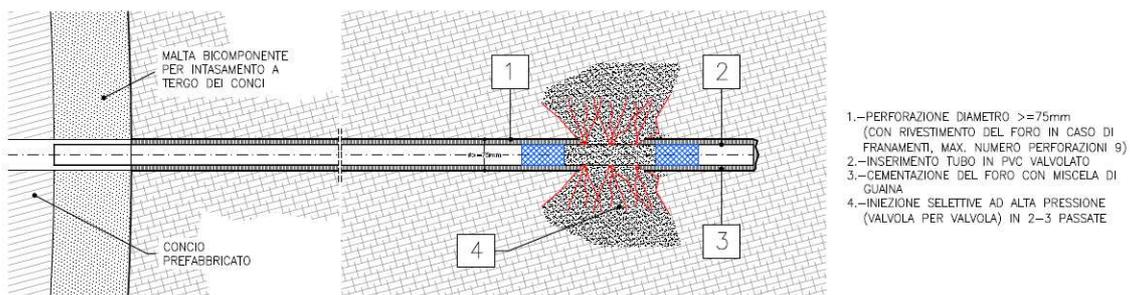
L'intervento prevede l'esecuzione di iniezioni di miscele cementizie e impermeabilizzanti, al fine di realizzare setti di materiale trattato per un'estensione di circa 6,0 m x 6,0 m al contorno della galleria, come indicato nello schema seguente.



Ogni intervento interesserà quindi tre anelli consecutivi, prevedendo l'esecuzione di iniezioni di miscele cementizie e impermeabilizzanti in corrispondenza di quello centrale e di sole miscele cementizie in quelli laterali.



Nel dettaglio le iniezioni verranno eseguite mediante tubi in PVC valvolati (3 vlv/m), prevedendo dapprima la cementazione del tubo (“guaina”) con boiacca cementizia e successivamente l’esecuzione di due/tre passate a pressioni e volumi controllati.



Di seguito si riportano le caratteristiche che dovranno avere le miscele cementizie:

- Miscela di guaina



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

- Acqua 1000 Kg
- Cemento 500 Kg
- Bentonite 50 Kg

- Miscela cementizia

- Acqua 800 Kg
- Cemento 1000 Kg  
Cemento ad alta resistenza ai solfati
- Bentonite 250 Kg
- Additivo eventuale

- Miscela integrativa impermeabilizzante

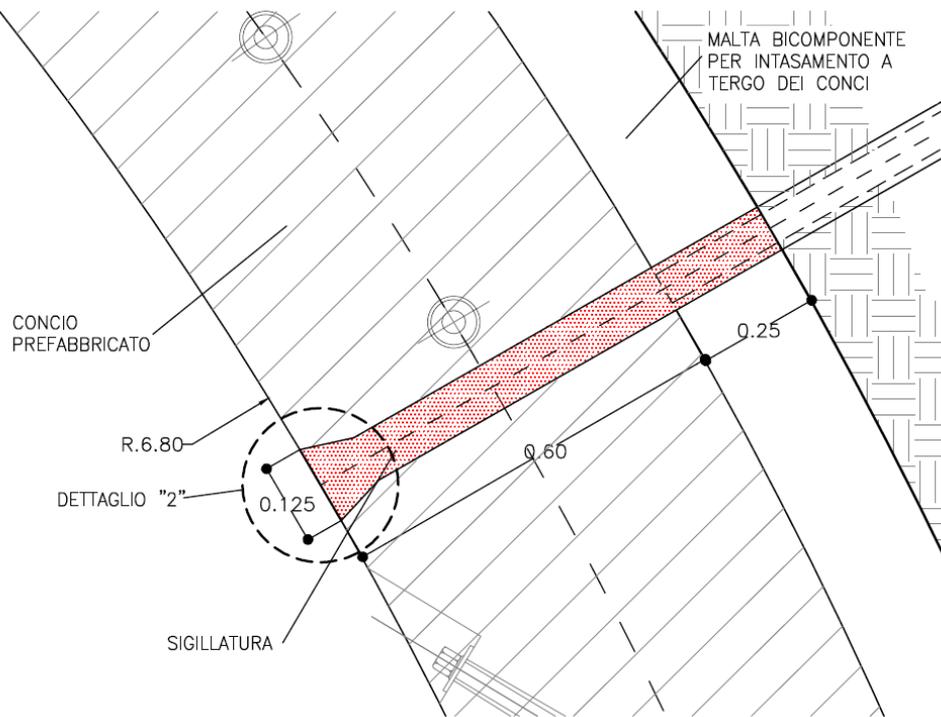
- Acqua 400 ÷ 500 Kg/mc
- Silicato di sodio 350 ÷ 450 Kg/mc
- Microcarbonato 200 ÷ 500 Kg/mc
- Reagente inorganico 150 ÷ 300 Kg/mc

I parametri di pressioni e volumi richiesti sono riportati nella tabella seguente.

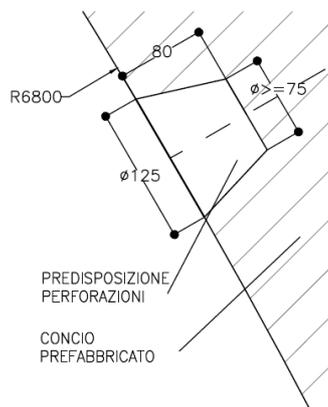
PRESSIONE DI INIEZIONE [bar]					VOLUME DI INIEZIONE [l/vlv]			PORTATA [l/min]
Rottura Valvola	1° Passata (CEM)	2° Passata (CEM)	3° Passata (CH)	Residua	1° Passata (CEM)	2° Passata (CEM)	3° Passata (CH)	
35 ÷ 40 bar	15 ÷ 20 bar	15 ÷ 20 bar	15 ÷ 20 bar	6 ÷ 8 bar	80 ÷ 100 l/vlv	60 ÷ 80 l/vlv	60 ÷ 80 l/vlv	15 ÷ 20 l/min

Le iniezioni verranno comunque interrotte al raggiungimento di 180 l/vlv di assorbimento massimo (malte cementizie).

I conci interessati dall'intervento dovranno essere preventivamente dotati di predisposizioni propedeutiche all'esecuzione delle perforazioni. terminate le procedure di iniezione i fori dovranno essere richiusi con un intervento di sigillatura mediante malte cementizie antiritiro.



### PREDISPOSIZIONE PERFORAZIONI



## 5. CUNICOLO PREVENTIVO

### 5.1. INQUADRAMENTO GENERALE

Il cunicolo in esame viene realizzato dalla sommità dell'imbocco lato Cherasco, subito a tergo della protesi in misto stabilizzato, con l'obiettivo di costituire una via preventiva ed eventualmente di emergenza rispetto allo scavo delle gallerie nel tratto dei gessi, oltre che elemento esplorativo delle condizioni degli ammassi gessosi successivamente interessate dallo scavo in meccanizzato delle gallerie autostradali. Da esso si prevede infatti di eseguire perforazioni sub-orizzontali, ortogonali all'asse del cunicolo, all'interno delle quali eseguire indagini sismiche tipo cross-hole per individuare eventuali cavità carsiche o porzioni di ammasso in avanzata fase di dissoluzione. Le perforazioni verranno eseguite in numero di 4 per ciascuna galleria (canna di monte e canna di valle), con lunghezza compresa tra 25 m e 40 m e disposte ad interasse di 10-12 m, come più in dettaglio riportato nell'elaborato "Intervento tipologico per l'individuazione delle cavità carsiche", documento 2.6-E.dD.2.3.1.15. Saranno inoltre successivamente eseguite ulteriori perforazioni disposte a passo di 2.00-2.40 m dalle quali eseguire iniezioni di miscele cementizie o riempimento in cls magro, al fine di riempire cavità o trattare l'ammasso gessoso posto al di sotto dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati, come indicato nell'elaborato "Fasi di intervento per la stabilizzazione delle cavità carsiche", documento 2.6-E.dD.2.3.1.16. Ulteriori perforazioni saranno condotte con geometrie necessarie a realizzare il riempimento delle cavità rilevate.

Il cunicolo, di lunghezza pari a 400 m, sarà realizzato con metodo in "tradizionale", impiegando come indicato nel "Profilo geomeccanico di progetto", documento 2.6-E.dD.2.1.25, le sezioni tipo di avanzamento B2V e B0.

La sezione tipo B2V prevede interventi di consolidamento del fronte e di presostegno in calotta, ed è da adottarsi nei depositi di versante e di frana, in presenza di basse coperture, o in zone di ammasso molto ammalorato; la sezione tipo B0 verrà invece applicata negli ammassi gessosi, per essa è prevista l'adozione eventuale di consolidamenti al fronte con un minimo numero di elementi strutturali in vetroresina.

## 5.2. METODOLOGIE DI SCAVO IN TRADIZIONALE

### 5.2.1. Sezione tipo B0

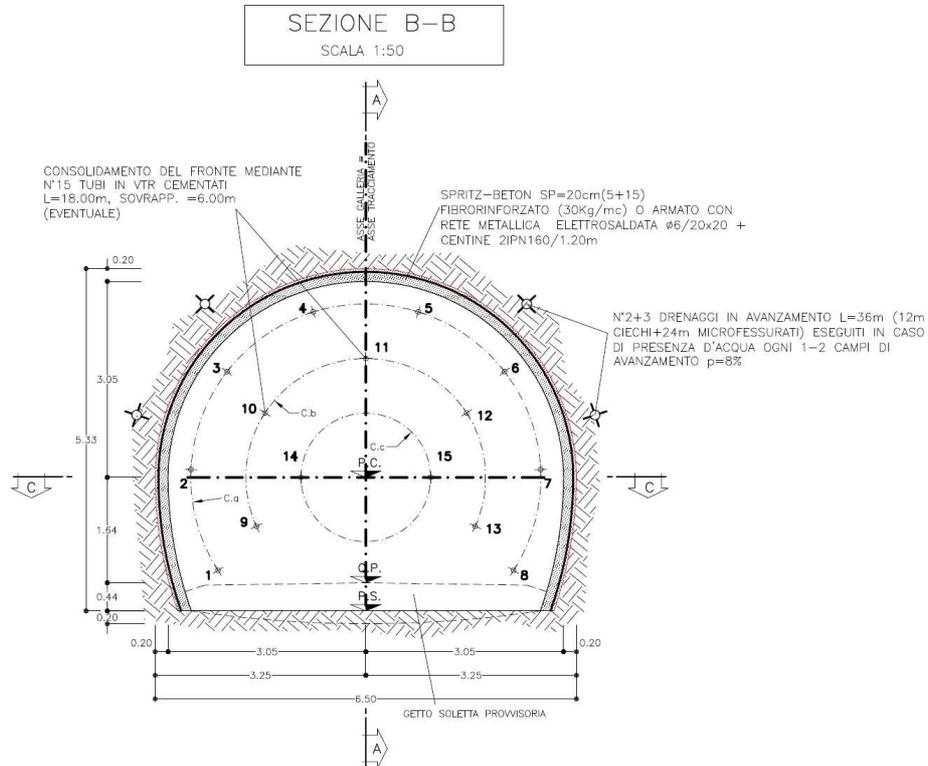
Verrà eseguito un eventuale intervento di consolidamento al fronte attraverso 15 tubi in VTR cementati ( $L=18\text{m}$  e sovrapposizione 6 m). Verrà eseguito lo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 1.00 m; dopo ogni sfondo verranno messe in opera le centine 2IPN160  $p = 1.20\text{ m}$  e verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di  $sp = 20\text{ cm}$  (5+15) al contorno dello scavo armato con rete metallica elettrosaldata  $\phi 6/20 \times 20$ . Verrà messo in opera al fronte, a fine campo, uno strato di spritz-beton fibrorinforzato  $sp = 15\text{ cm}$  (lo spritz-beton potrà essere disposto anche a seguito di ciascuno sfondo, per questioni di sicurezza, qualora si riscontrino distacchi o rilasci di porzioni dal fronte). Il getto della soletta provvisoria avverrà ad una distanza massima di 25-30 m dal fronte.

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- spritz-beton fibrorinforzato al contorno  $sp = 20\text{ cm}$  armato con rete metallica elettrosaldata  $\phi 6/20 \times 20$ ;
- spritz-beton fibrorinforzato al fronte  $sp = 15\text{ cm}$ ;
- centine 2IPN160/1.2 m;
- n° 15 elementi strutturali in VTR cementati al fronte,  $L=18\text{ m}$ ,  $sovr=6\text{m}$ ;
- soletta provvisoria in cls, di spessore di 0.64 m alla distanza massima di

25-30 m dal fronte;

- n° 2+3 drenaggi, di lunghezza L = 36.00 m con i primi 12 m da bocca foro ciechi ed i restanti 24 microfessurati.



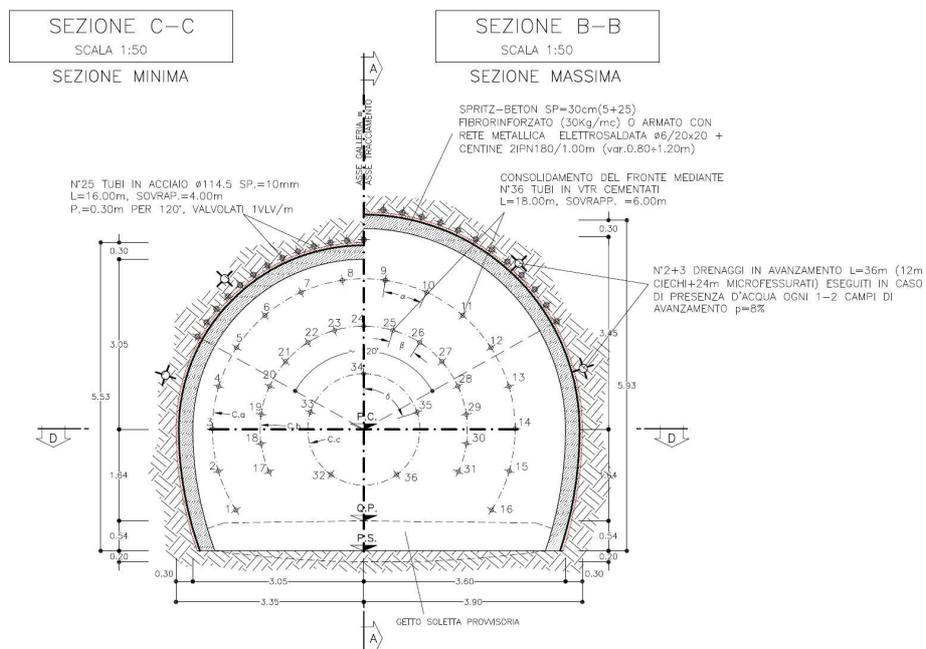
### 5.2.2. Sezione tipo B2V

Verrà eseguito un intervento di presostegno al contorno attraverso 25 tubi in acciaio valvolati (1 vlv/m)  $\Phi 114,5$  mm, sp=10 mm (L=16m e sovrapposizione 4 m) per 120°. Verrà eseguito un intervento di consolidamento al fronte attraverso 36 tubi in VTR cementati (L=18m e sovrapposizione 6 m). Verrà eseguito lo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 1.00 m; dopo ogni sfondo verranno messe in opera le centine 2IPN180 p = 1.0 m e verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di sp = 30 cm (5+25) al contorno dello scavo armato con rete metallica elettrosaldada  $\phi 6/20 \times 20$ . Verrà messo in opera, al fronte, uno strato di spritz-beton fibrorinforzato sp = 15 cm al termine di ogni campo di avanzamento (lo spritz-beton potrà essere disposto anche a seguito di ciascuno sfondo, per

questioni di sicurezza, qualora si riscontrino distacchi o rilasci di porzioni dal fronte). Il getto della soletta provvisoria avverrà ad una distanza massima di 15-20 m dal fronte.

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- spritz-beton fibrorinforzato al contorno  $sp = 30$  cm armato con rete metallica elettrosaldata  $\phi 6/20 \times 20$ ;
- spritz-beton fibrorinforzato al fronte  $sp = 15$  cm;
- presostegno con 25 tubi in acciaio valvolati (1 vlv/m)  $\Phi 114,5$  mm,  $sp=10$  mm,  $L=16$ m; sovr 4.0 m per  $120^\circ$ ;
- centine 2IPN180/1.0 m;
- n° 36 elementi strutturali in VTR cementati al fronte,  $L=18$  m, sovr= 6m;
- getto della soletta provvisoria dello spessore di 0.74 m alla distanza massima di 15-20 m dal fronte;
- n° 2+3 drenaggi, di lunghezza  $L = 36.00$  m con i primi 12 m da bocca foro ciechi ed i restanti 24 microfessurati.





### 5.3. INDAGINE ESPLORATIVA

Dal cunicolo si prevede di eseguire perforazioni sub-orizzontali, ortogonali all'asse del cunicolo, all'interno delle quali eseguire indagini sismiche tipo cross-hole per individuare eventuali cavità carsiche o porzioni di ammasso in avanzata fase di dissoluzione. Le perforazioni verranno eseguite in numero di 4 per ciascuna galleria (canna di monte e canna di valle), con lunghezza compresa tra 25 m e 40 m e disposte ad interasse di 10-12 m.

Nel dettaglio, le caratteristiche dei fori di sondaggio sono le seguenti:

- Minima inclinazione verso il basso 3°;
- Rivestimento con tubo in PVC (tipo piezometro cieco);
- Diametro interno 3";
- Cementazione del tubo con boiaccia cementizia;
- Tappo di fondo foro;
- Riempimento con acqua e mantenimento della stessa durante tutte le operazioni d'indagine;
- Verifica dell'orientamento del foro con misure di direzionalità (x,y,z).

#### Fasi d'indagine:

- Posizionamento in foro della sorgente di energia;
- Posizionamento nel foro adiacente degli idrofoni con interdistanza fissa;
- Esecuzione dell'energizzazione e registrazione dell'arrivo degli impulsi;
- Spostamento verso l'alto (1m) della sorgente di energia;
- Ripetizione delle operazioni fino a bocca-foro.

#### Fasi d'elaborazione:

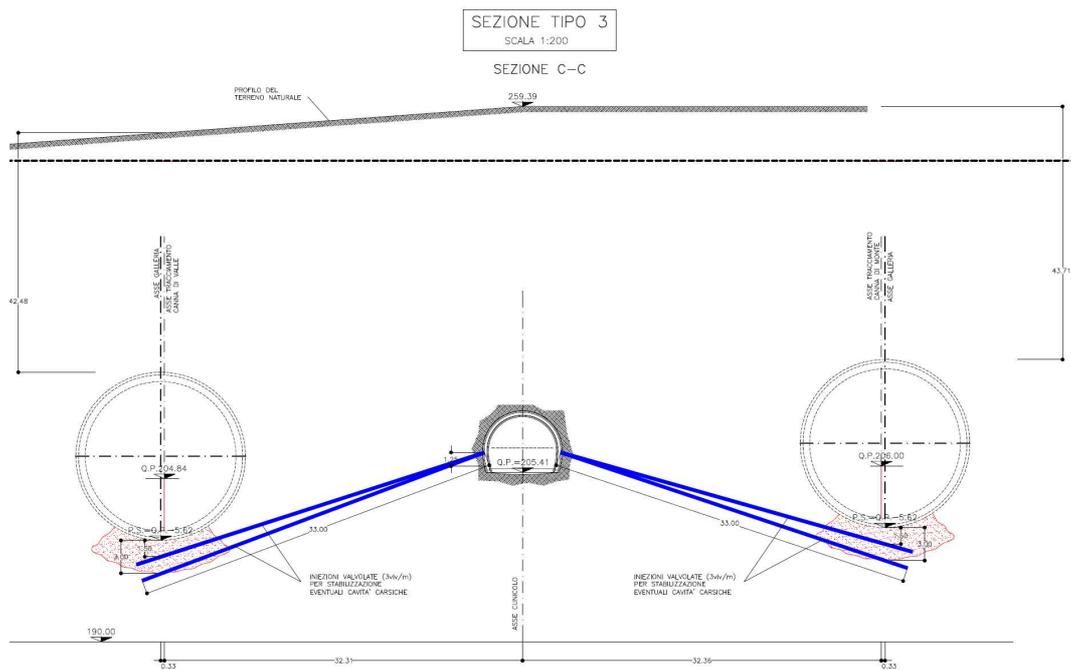
- Definizione dei tempi di primo arrivo;
- Costruzione delle matrici di inversione tomografica;



#### 5.4. INTERVENTI DI RIEMPIMENTO DELLE CAVITÀ CARSIICHE

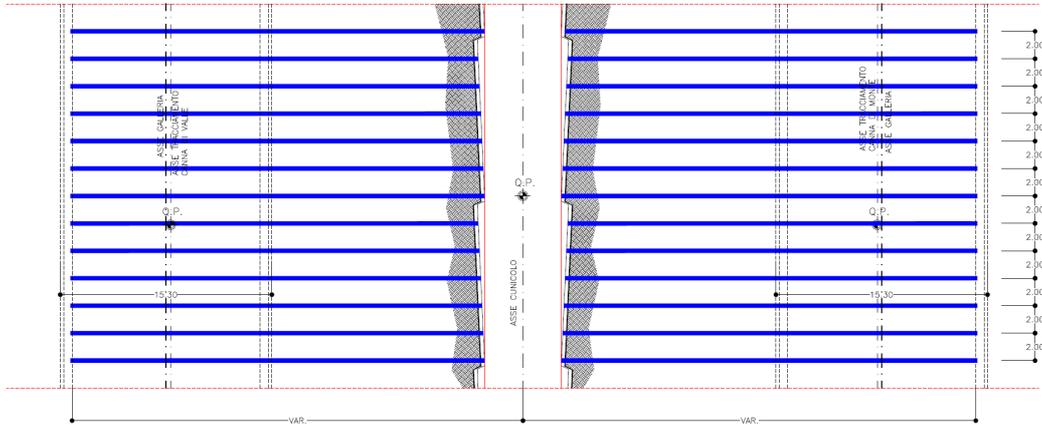
Vengono successivamente eseguite ulteriori perforazioni disposte a passo di 2.00-2.40 m dalle quali eseguire iniezioni di miscele cementizie o riempimento in cls magro, al fine di riempire cavità o trattare l'ammasso gessoso posto al di sotto dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati, secondo le seguenti fasi esecutive:

- Valutazione approssimativa delle dimensioni della cavità;
- Asportazione acqua residua;
- Riempimento con miscele a base cementizia;
- Verifica di avvenuto riempimento e stabilizzazione post intervento.

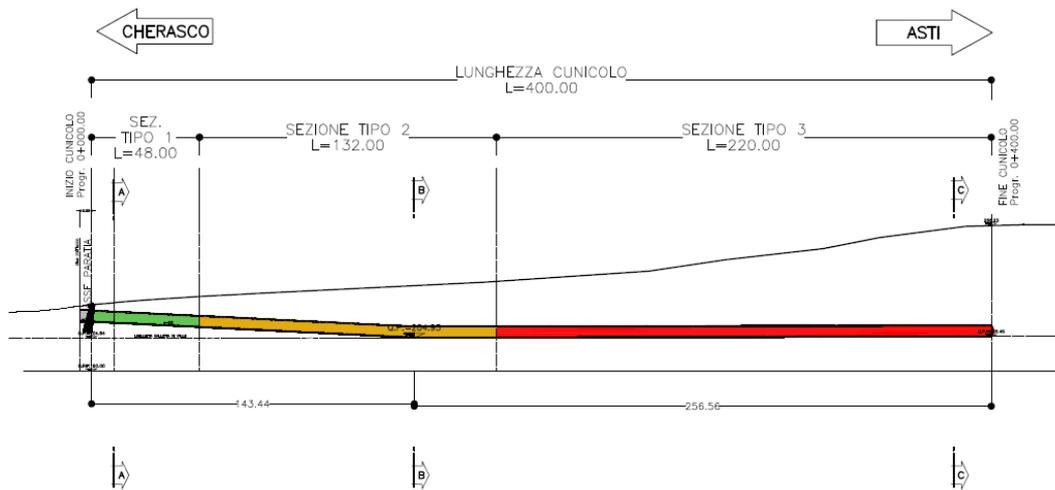


PIANTA TIPO  
 SCALA 1:200

SEZIONE D-D



Le perforazioni verranno eseguite con geometria differente a seconda della posizione lungo il cunicolo, distinguendo tre diverse sezioni tipo di intervento in funzione della posizione reciproca cunicolo/galleria principale, in modo tale da garantire il trattamento di una fascia di circa 2,50÷3,00 m di spessore al di sotto dell'anello in conci prefabbricati.

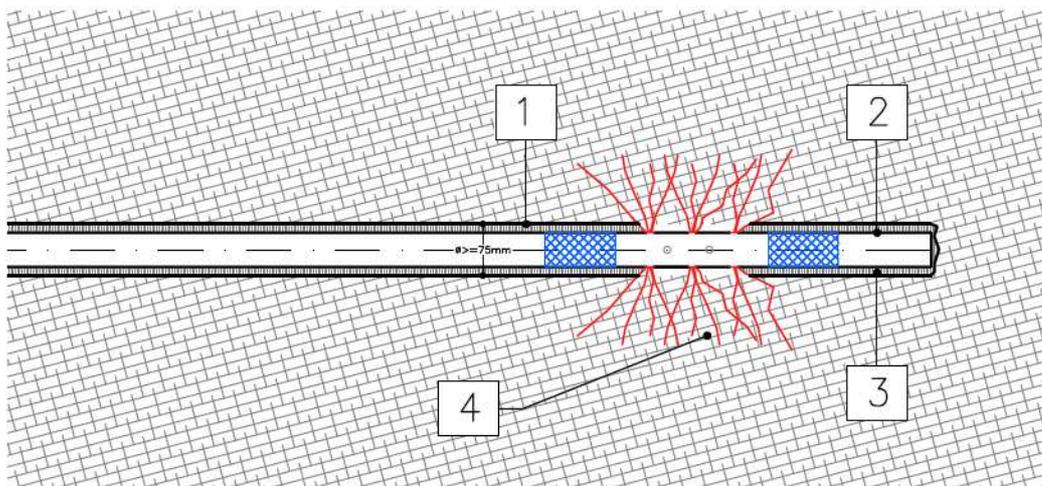


L'intervento di riempimento verrà eseguito, per ciascuna sezione tipo, mediante l'esecuzione di iniezioni in pressione di miscela cementizia per gli ultimi 12,0 m di perforazione.

Nel dettaglio le iniezioni verranno eseguite mediante tubi in PVC valvolati (3

vlv/m), prevedendo dapprima la cementazione del tubo (“guaina”) con boiaccia cementizia e successivamente l’esecuzione di due passate a pressioni e volumi controllati (per il riempimento delle cavità dopo una prima passata a gravità si procederà ad un’iniezione ad alta pressione al fine di garantire il corretto intasamento dei vuoti. Nel caso invece che l’intervento sia finalizzato al trattamento dell’ammasso gessoso al fine di evitare fenomeni di dissoluzione entrambe le passate saranno effettuate ad alta pressione).

- 1.-PERFORAZIONE DIAMETRO  $\geq 75\text{mm}$   
(CON RIVESTIMENTO DEL FORO IN CASO DI FRANGIMENTI)
- 2.-INSERIMENTO TUBO IN PVC VALVOLATO
- 3.-CEMENTAZIONE DEL FORO CON MISCELA DI GUAINA
- 4.-INIEZIONE SELETTIVE A GRAVITA' E/O AD ALTA PRESSIONE (VALVOLA PER VALVOLA) IN 2 PASSATE



Di seguito si riportano le caratteristiche che dovranno avere le miscele cementizie:

- Miscela di guaina
  - Acqua 1000 Kg
  - Cemento 500 Kg
  - Bentonite 50 Kg



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

- Miscela d'iniezione ad alta pressione
  - Acqua 800 Kg
  - Cemento 1000 Kg  
Cemento ad alta resistenza ai solfati
  - Bentonite 250 Kg
  - Additivo eventuale
  
- Miscela d'iniezione a gravità
  - Acqua 450 Kg
  - Cemento 1000 Kg  
Cemento ad alta resistenza ai solfati
  - Bentonite 50 Kg
  - Additivo eventuale

I parametri di pressioni e volumi richiesti sono riportati nella tabella seguente

	PRESSIONE DI INIEZIONE [bar]				VOLUME DI INIEZIONE [l/vlv]		PORTATA [l/min]
	Rottura Valvola	1° Passata	2° Passata	Residua	1° Passata	2° Passata	
Riempimento cavità	35 ÷ 40 bar	Riempimento a gravità	5 ÷ 10 bar	2 ÷ 4 bar	In funzione del volume della cavità	80 ÷ 100 l/vlv	15 ÷ 20 l/min
Rinforzo gessi in fase di dissoluzione	35 ÷ 40 bar	8 ÷ 12 bar	12 ÷ 16 bar	4 ÷ 6 bar	120 ÷ 140 l/vlv	100 ÷ 120 l/vlv	15 ÷ 20 l/min

Come indicato il volume di malta da iniettare non è definibile a priori per il riempimento delle cavità, per il trattamento dei gessi invece le iniezioni verranno comunque interrotte al raggiungimento di 260 l/vlv di assorbimento massimo.



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

I parametri di iniezione potranno comunque essere modificati in corso d'opera in funzione degli assorbimenti registrati durante le prime iniezioni.

In seguito alla realizzazione degli interventi si dovrà procedere all'esecuzione di ulteriori indagini sismiche per verificare l'avvenuto riempimento delle cavità.

Con analoghe modalità l'intervento verrà effettuato anche in corrispondenza dell'imbocco lato Cherasco, mediante perforazioni verticali effettuate da piano campagna (cfr. elab. 2.6.E-dD.2.3.2.48).

## 6. BY-PASS DRENANTE

Al termine dello scavo delle due gallerie autostradali sarà realizzato un by-pass drenante, attrezzato con raggieri di drenaggi. Tale dispositivo drenante ha la funzione di costituire un sistema di controllo degli innalzamenti piezometrici. Il by-pass drenante avrà una sezione corrispondente a quella di una galleria di servizio carrabile e sarà costituito da due tratte. La prima sarà innestata con direzione circa ortogonale sul paramento di monte della canna di monte (approssimativamente alla pk 1+000) e si svilupperà verso Sud per circa 40 m. Il secondo conetterà le due canne attraversando il cunicolo centrale (approssimativamente alla pk 1+100 della canna di monte) ed avrà una lunghezza complessiva di ca. 65 m. Dai due by-pass saranno lanciati fasci di tubi microfessurati in PVC, lievemente inclinati per facilitare il deflusso delle acque per gravità verso i by-pass stessi, da cui le acque saranno collettate ed allontanate all'esterno tramite le canalette di scarico dei tunnel. La disposizione delle estremità dei dreni è stata configurata in modo da massimizzare l'effetto di drenaggio: essi verranno collocati in corrispondenza della superficie di interfaccia tra gessi e marne sottostanti, cercando di conferire all'involuppo del fondo dei dreni una direzione quanto più possibile ortogonale alla direzione del deflusso della falda per il settore considerato, consentendo la massimizzazione dell'effetto drenante. Un'importante specificazione riguarda il fatto che, per caratteristiche geologiche intrinseche dell'acquifero dei gessi, che è composto da complesse alternanze di interstrati gessosi e marnosi, l'individuazione dell'effettiva interfaccia tra acquifero e substrato sottostante e quindi il dimensionamento definitivo della lunghezza dei dreni sarà effettuato sulla base delle effettive caratteristiche geologiche riscontrate in loco.

## 7. OPERE D'IMBOCCO

### 7.1. IMBOCCO LATO CHERASCO

Le opere di contenimento degli scavi dell'imbocco interessano prevalentemente un'area di versante dove, dal punto di vista litologico, sono presenti in sequenza: accumuli di frana e limo, argille limoso-sabbiose, rocce gessifere e marne. Le paratie di pali sono eseguite con pali di diametro 1.20 m disposti con passo 1.40 m. I pali hanno lunghezze variabili: 32 m, 31 m, 28 m, 22 m, 16 m e 10 m. La trave di testa ha dimensioni 100x150 cm.

La costruzione dell'imbocco lato Cherasco pone problematiche legate sia al contesto geomorfologico dell'area, caratterizzato da versanti con modestissima pendenza censiti dal PAI come un'area instabile, specie nei pendii degradanti verso il fondovalle del fiume Tanaro, sia per la presenza di formazioni gessose, con la conseguente possibilità di intercettare cavità con circolazione d'acqua. Al riguardo il settore dell'imbocco ha evidenziato nei sondaggi diversi passaggi caratterizzati dalla mancanza di carota per presenza di cavità correlate a dissoluzione dei gessi. Quali possibili interferenze con le opere di imbocco si segnala la presenza di alcune costruzioni isolate, in particolare (con riferimento alle denominazioni dell'elaborato "Planimetria edifici censiti") l'edificio 01, costituito da una cascina in località Rivalta.

Le criticità che devono essere quindi esaminate in sede di progetto dell'imbocco sono principalmente le seguenti:

- Possibili instabilità delle coltri superficiali in fase di realizzazione degli scavi di imbocco (va valutato anche il possibile rischio di innesco di superfici di scivolamento profonde)



- Interferenza con le preesistenze a monte dell'imbocco, rappresentate in particolare dalla cascina in località Rivalta.
- Presenza di cavità all'interno della formazione dei gessi.

Tali criticità costituiscono quindi dapprima le problematiche progettuali da risolvere nella scelta delle modalità di realizzazione dell'imbocco e successivamente rappresentano gli scenari di rischio che devono essere attentamente valutati in sede di progetto. Al fine di limitare gli scavi a cielo aperto si è avanzata la posizione dell'imbocco della galleria naturale, ubicandolo alle progr. 0+560.48 per la canna di monte e 4+263.00 per la canna di valle. Per l'attraversamento del tratto di galleria tra le progr. 0+615.78 – 0+731.63 (canna di monte) e 4+217.70 – 4+103.20 (canna di valle), dove i ricoprimenti non sono sufficienti a condurre uno scavo a foro cieco, si è predisposto l'impiego di una protesi in misto stabilizzato, così da evitare la realizzazione delle importanti opere di sbancamento qualora si fosse impostato l'imbocco della galleria naturale direttamente alle progr. 0+731 e 4+103.

Quali opere di sostegno degli scavi per la realizzazione dell'imbocco si è previsto l'impiego di pali di diametro 1200 mm, contrastati da tiranti in trefoli, così da garantire una adeguata rigidità delle opere di sostegno e minimizzare le deformazioni del versante a tergo dell'imbocco. Una parte di paratia riveste carattere di opera definitiva, dovranno quindi essere monitorati i tiranti allo scopo di valutare l'evoluzione della forza nel tirante, così da consentire, il controllo nel tempo della funzionalità dell'opera (per le frequenze di lettura si rimanda all'elaborato 2.6E-rD.2.1.08 "Relazione di monitoraggio")

Inoltre, per evitare il prodursi di instabilità delle coltri superficiali, si sono ridotte le altezze di sbancamento in assenza di opere di sostegno (altezza massima pari a 5 m) e soprattutto si sono adottate, anche in fase provvisoria, pendenze di sbancamento più ridotte, pari a 2 (verticale) su 3 (orizzontale), rispetto a quanto solito fare.



Nel seguito si riportano in dettaglio gli interventi previste e la successione delle fasi esecutive.

Al fine di sintetizzare le principali fasi esecutive relative alle opere da realizzare in corrispondenza dell'imbocco lato Cherasco, si sono individuate 4 macrofasi:

### Macrofase A

- 1a) Realizzazione delle piste per l'esecuzione della paratia di imbocco in pali  $\varnothing 1200$ ;
- 1b) Esecuzione degli scavi di sbancamento scotico superficiale e riporto terreno propedeutici alla realizzazione dei consolidamenti e delle paratie in jet-grouting;
- 2a) Esecuzione della paratia di imbocco in pali  $\varnothing 1200$  secondo la geometria di progetto e realizzazione della trave di testata;
- 2b) Esecuzione dei consolidamenti e delle paratie in jet grouting.

### Macrofase B

- 3) Realizzazione della canaletta per smaltimento acque e delle altre opere di regimazione idraulica superficiale;
- 4a) Scavo di ribasso, a valle della paratia di imbocco, fino al raggiungimento della quota piazzale;
  - Scavo fino a quota -0.50 m dalla quota del primo ordine di tiranti;
  - Realizzazione dei tiranti e dei drenaggi appartenenti al primo ordine e realizzazione a scendere sulla paratia di uno strato di spritz beton armato con rete elettrosaldata  $\varnothing 6$  mm maglia 15x15 cm o fibrorinforzato;



- Scavo fino a quota -0.50 m dalla quota del secondo ordine di tiranti;
  - Reiterazione delle suddette fasi fino al raggiungimento della quota di fondo scavo.
- 4b) Esecuzione degli scavi di sbancamento scotico superficiale e riporto terreno propedeutici al getto della protesi in misto stabilizzato;
- 4c) Realizzazione della strada di collegamento all'imbocco del cunicolo e scavo dell'imbocco del cunicolo.

### Macrofase C

- 5a) Realizzazione della dima di attacco in c.a. secondo la geometria di progetto;
- 5b) Realizzazione della protesi in misto stabilizzato;
- Realizzazione in corrispondenza del filo di scavo di uno strato di spritz beton fibrorinforzato spessore 20 cm;
  - Stesa di terreno stabilizzato a calce secondo la geometria di progetto per strati non superiori a 30 cm e successiva rullatura (per il dettaglio delle fasi esecutive della costruzione dei rilevati si veda la relazione tecnica);
- 5c) Scavo del cunicolo;
- 6a) Rimozione dei pali in corrispondenza della sagoma della galleria e attacco degli scavi previa realizzazione di una rampa per consentire ai mezzi di raggiungere la quota di scavo;
- 6b) Scavo e getto delle selle per la traslazione delle TBM non interferenti con la rampa di accesso alla galleria;
- 7) Scavo e getto dell'ultima porzione di sella;
- 8) Attacco degli scavi con TBM.



Macrofase Definitiva

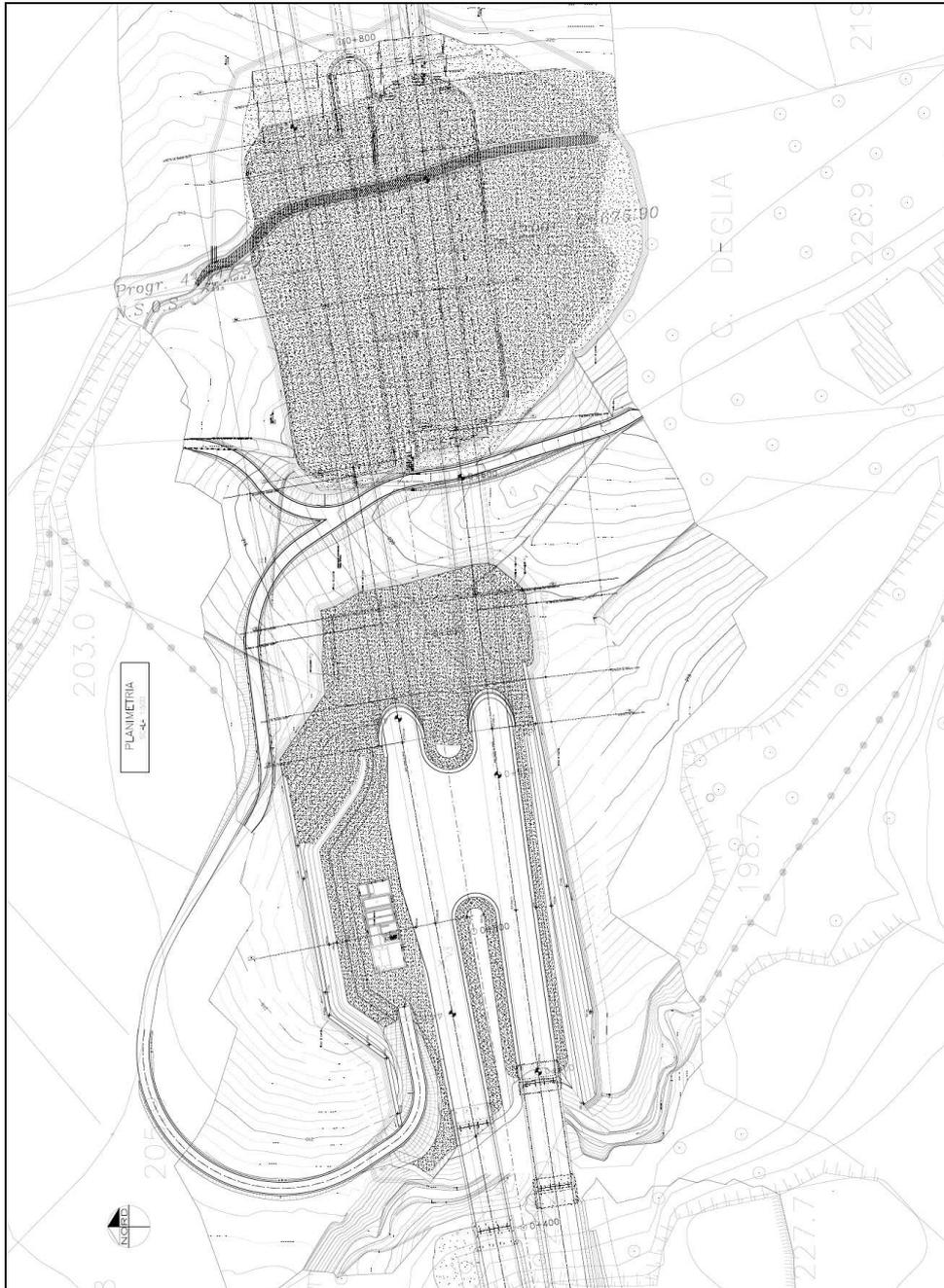
9) Realizzazione della galleria artificiale e del becco di flauto in c.a.;

10) Ritombamento dell'imbocco e sistemazione definitiva del piazzale.

Nella figura seguente si riporta un inquadramento planimetrico dell'area di intervento.



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**



## 7.2. IMBOCCO LATO ALBA

Le opere di contenimento degli scavi dell'imbocco interessano prevalentemente un'area di versante dove, dal punto di vista litologico, sono presenti in sequenza: accumuli di frana e limo, argille limoso-sabbiose, rocce gessifere e marne. Le paratie di pali sono eseguita con pali di diametro 1.20 m disposti con passo 1.40 m. I pali hanno lunghezze variabili: 31 m, 30 m, 28 m, 22 m, 16 m e 10 m. La trave di testa ha dimensioni 100x150 cm.

Con riferimento al quadro geologico-geotecnico precedentemente presentato, la costruzione dell'imbocco lato Alba pone problematiche principalmente correlate al contesto geomorfologico dell'area, che appare molto delicato sia per la presenza di un esteso deposito detritico ritenuto in frana, sia, più in generale, per la vulnerabilità che il versante in cui si inserisce l'opera ha mostrato in passato a seguito di lavorazioni di scavo, come in occasione dei lavori per la realizzazione del "Nuovo Ospedale di Alba-Bra". Questo sia per le caratteristiche dei terreni, specie corticali, che costituiscono il versante sia per la presenza di falda che, soprattutto in occasione eventi meteorici intensi, opera negativamente sulle condizioni di stabilità generale del versante e sui primi metri di coltri, favorendone dissesti.

Le criticità che devono essere quindi esaminate in sede di progetto dell'imbocco sono principalmente le seguenti:

- Possibili instabilità delle coltri superficiali in fase di realizzazione degli scavi di imbocco
- Innesco di possibili superfici di scivolamento profonde interessanti il versante
- Interferenza con le preesistenze a monte dell'imbocco, rappresentate dalle strutture del nuovo ospedale in fase di costruzione.



Tali criticità costituiscono quindi dapprima le problematiche progettuali da risolvere nella scelta delle modalità di realizzazione dell'imbocco e successivamente rappresentano gli scenari di rischio che devono essere attentamente valutati in sede di progetto.

Al fine di mitigare le problematiche prima evidenziate, l'impostazione delle modalità di esecuzione dell'imbocco ha privilegiato la limitazione delle altezze di sbancamento, così da evitare di intagliare significativamente il versante in corrispondenza del piede. La posizione dell'imbocco è stata quindi arretrata rispetto a dove sarebbe stato necessario ubicarla per avere adeguati ricoprimenti in corrispondenza dell'attacco degli scavi ed è stata introdotta la realizzazione di una "protesi", ovvero di un rilevato al piede del versante. L'altezza degli scavi in corrispondenza della paratia di imbocco interessa quindi solo parzialmente il terreno in posto; lo strato più superficiale è infatti in parte costituito dalla protesi stessa, realizzata in misto stabilizzato. Questo rappresenta sicuramente un'azione di presidio nei confronti delle condizioni di stabilità generale del versante. Inoltre, per evitare il prodursi di instabilità delle coltri superficiali, si sono ridotte le altezze di sbancamento in assenza di opere di sostegno (altezza massima pari a 5 m) e soprattutto si sono adottate, anche in fase provvisoria, pendenze di sbancamento più ridotte, pari a 2 (verticale) su 3 (orizzontale), rispetto a quanto solito fare. La problematica connessa alla falda è stata affrontata con due azioni principali; la prima, volta agli strati più corticali spesso messi in crisi da eventi meteorici intensi, ha previsto la realizzazione di trincee drenanti, di profondità pari a 4-5 m, finalizzate a favorire un corretto deflusso delle acque meteoriche e ad evitare l'instaurarsi di pressioni neutre. La seconda è finalizzata a mantenere bassa la quota di falda a tergo delle paratie di imbocco, ed è svolta da un sistema di drenaggi profondi realizzati in fase di ribasso, contestualmente ai tiranti; questo in particolare sul lato di paratia a sinistra dell'imbocco, ovvero sulla porzione rivolta verso il versante.



Nel seguito si riportano in dettaglio gli interventi previste e la successione delle fasi esecutive.

Al fine di sintetizzare le principali fasi esecutive relative alle opere da realizzare in corrispondenza dell'imbocco lato Alba, si sono individuate 4 macrofasi.

### Macrofase A

- Realizzazione della canaletta per lo smaltimento delle acque e di tutte le opere di stabilizzazione piezometrica mediante trincee drenanti.
- Realizzazione, dove previsto, di paratie in jet-grouting  $\phi 800$  propedeutiche ai successivi sbancamenti.
- Esecuzione degli scavi di sbancamento e riporto del terreno a preparazione del getto della protesi in misto stabilizzato.
- Realizzazione dei consolidamenti propedeutici alla fondazione della protesi.

### Macrofase B

- Realizzazione della protesi in misto stabilizzato tramite il getto di uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm (armato con rete elettrosaldata) e successiva stesa di terreno stabilizzato a calce secondo la geometria di progetto per strati non superiori a 30 cm con successiva rullatura.
- Esecuzione della paratia in pali di grosso diametro.

### Macrofase C

- Esecuzione degli scavi e realizzazione dei tiranti fino al raggiungimento della quota di scavo.
- Realizzazione degli scavi di sbancamento necessari al raggiungimento della quota di imposta murette della galleria naturale.



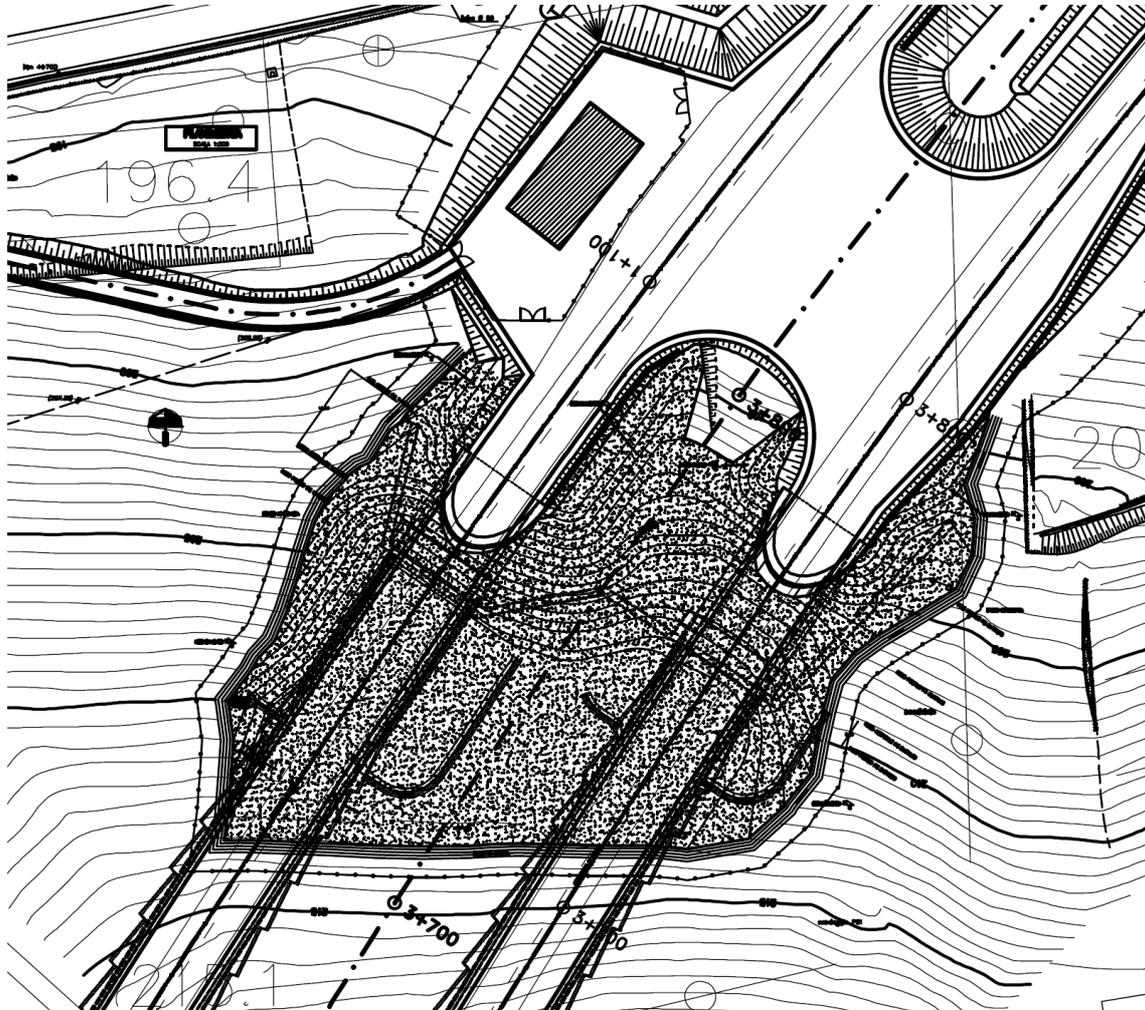
**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

- Realizzazione della dima di attacco in c.a..
- Rimozione dei pali in corrispondenza della sagoma della galleria e attacco degli scavi previa realizzazione di una rampa per consentire ai mezzi di raggiungere la quota di csvaro.
- Getto e scavo delle selle per la traslazione delle TBM non interferenti con la rampa di accesso alla galleria.
- Scavo e getto dell'ultima porzione di sella.
- Arrivo TBM.

Fase definitiva

- Successivamente allo scavo con metodo meccanizzato della galleria, realizzazione della gallerie artificiali e del becco di flauto in c.a..
- Ritombamento dell'imbocco e sistemazione definitiva anche delle opere di regimazione idraulica.

Nella figura seguente si riporta un inquadramento planimetrico dell'area di intervento.





**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco Il Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

## 8. OPERE ALL'INTERNO DELLA FORMAZIONE DEI GESSI

Come descritto in dettaglio in precedenza, in corrispondenza dell'imbocco lato Cherasco (zona 1 – cfr par 2.2 – da Progr. 0+559.9 a progr. 0+730.88 in canna di monte e da Progr. 4+263.60 a progr. 4+103.60 in canna di valle) e della porzione iniziale della galleria (zona 2 – cfr par 2.2 - tra Progr. 0+730.88 e progr. 1+137.88 in canna di monte e tra Progr. 4+103.60 e progr. 3+569.02 in canna di valle) le opere interesseranno la formazione dei gessi (le progressive di interesse potranno eventualmente essere modificate alla luce di quanto rilevato nel corso dello scavo del cunicolo preventivo).

La composizione della roccia gessifera, ricca di solfati, impone di prescrivere un calcestruzzo con classe di esposizione XA3, corrispondente ad un ambiente chimico fortemente aggressivo, per tutte le strutture di carattere definitivo previste in queste tratte.

In particolare le opere interessate sono sintetizzate nella seguente tabella:

Opera	Tratta applicazione	Elaborato di riferimento
Pali in c.a. definitivi (*)	Imbocco Cherasco	2.6E-dD.2.3.2.27 "Paratia di imbocco - Sviluppata opere di sostegno"
Sella in c.a. e Gallerie artificiali	Imbocco Cherasco	2.6E-dD.2.3.2.39 "Selle per partenza TBM - Carpenteria - Pianta e profili" 2.6E-dD.2.3.2.40 "Selle per partenza TBM - Carpenteria - Sezioni" 2.6E-dD.2.3.2.43 "Galleria artificiale e becco di flauto - Carpenteria"
Rivestimento definitivo in conci prefabbricati	pk 0+559,9 ÷ 1+137,9 (Canna di monte) (**) pk 4+263,6 ÷ 3+569,0 (Canna di valle) (**)	2.6E-dD.2.2.84 "Anello in conci prefabbricati - Concio tipo carpenteria"
Rivestimento definitivo by pass carrabile	pk 0+559,9 ÷ 1+137,9 (Canna di monte) (**) pk 4+263,6 ÷ 3+569,0 (Canna di valle) (**)	2.6E-dD.2.2.48 "By pass carrabile - Sezione tipo B2 - Carpenteria" 2.6E-dD.2.2.49 "By pass carrabile - Sezione tipo C2 - Carpenteria" 2.6E-dD.2.2.56 "Innesto by pass carrabile - Carpenteria"
Rivestimento definitivo by pass pedonale	pk 0+559,9 ÷ 1+137,9 (Canna di monte) (**) pk 4+263,6 ÷ 3+569,0 (Canna di valle) (**)	2.6E-dD.2.2.64 "By pass pedonale - Sezione tipo B0 - Carpenteria" 2.6E-dD.2.2.65 "By pass pedonale - Sezione tipo B2 - Carpenteria" 2.6E-dD.2.2.66 "By pass pedonale - Sezione tipo C2 - Carpenteria" 2.6E-dD.2.2.76 "Innesto By pass pedonale - Carpenteria"
Nicchie SOS	pk 0+559,9 ÷ 1+137,9 (Canna di monte) (**) pk 4+263,6 ÷ 3+569,0 (Canna di valle) (**)	2.6E-dD.2.2.43 "Nicchia SOS - carpenteria"
Iniezioni di miscela cementizia per stabilizzazione cavità carsiche	-	2.6E-dD.2.3.1.16 "Fasi di intervento per la staqbilizzazione delle cavità carsiche" 2.6E-dD.2.3.2.48 "Intervento tipologico per l'individuazione delle cavità"
Iniezioni radiali per impermeabilizzazione	-	2.6E-dD.2.2.78 "Intervento di impermeabilizzazione da galleria principale mediante iniezioni radiali"

(\*) Per i tiranti definitivi i bulbi di ancoraggio dovranno essere realizzati con miscele di cemento ad alta resistenza ai solfati

(\*\*) Le progressive di interesse potranno eventualmente essere modificate alla luce di quanto rilevato nel corso dello scavo del cunicolo preventivo



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

Il calcestruzzo utilizzato per le strutture di carattere definitivo dovrà inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

- Classe di resistenza minima                      C35/45
- Tipologia di cemento:                              Cemento ad alta resistenza ai solfati

## 9. SISTEMA DI MONITORAGGIO

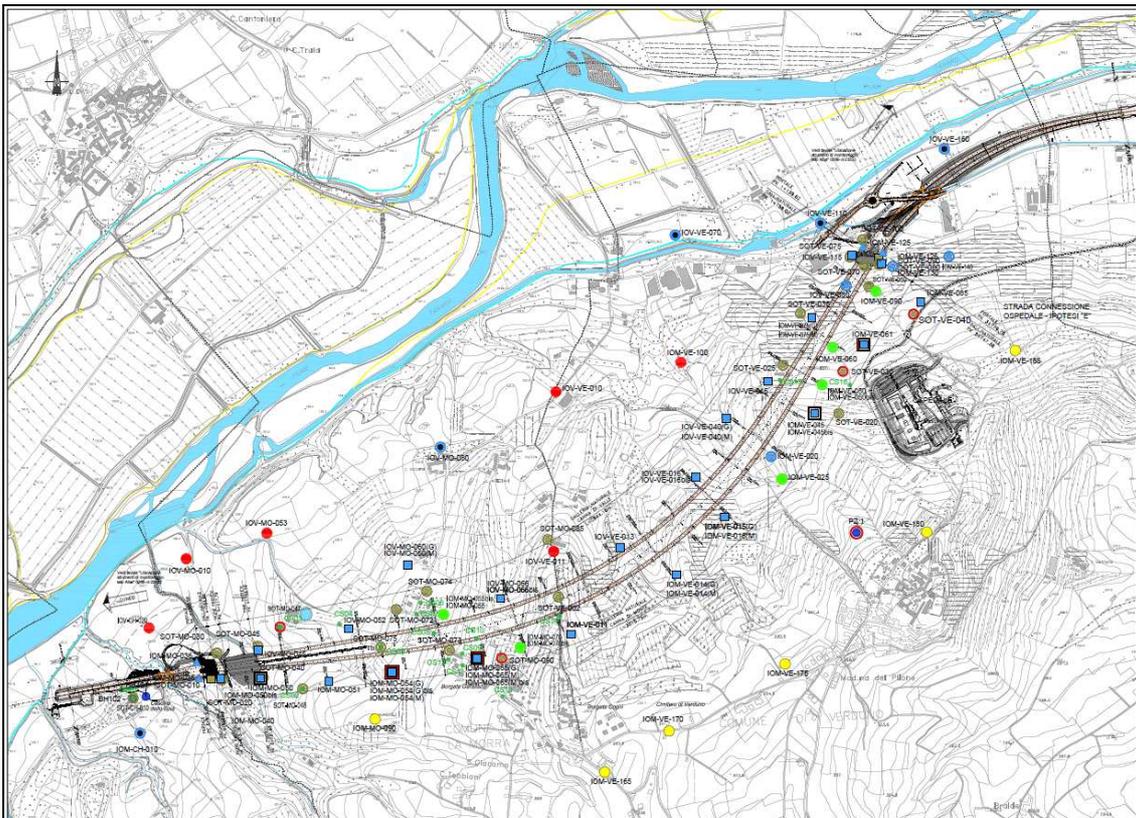
Al fine di verificare l' idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare in particolare che i valori di cedimento del piano campagna e gli eventuali spostamenti profondi siano compresi entro limiti accettabili si è predisposto un dettagliato sistema di monitoraggio.

La strumentazione da predisporre per il monitoraggio delle gallerie, durante le fasi di scavo, consente la misura delle seguenti grandezze:

- stato tensionale e di deformazione delle opere in sotterraneo in costruzione (cunicolo e gallerie autostradali), seguendone l'evoluzione temporale in rapporto alle lavorazioni in galleria ed alla distanza della sezione monitorata dalla posizione del fronte di scavo; sono previste stazioni di misura della convergenza e stazioni speciali attrezzate principalmente con barrette estensimetriche nei rivestimenti ed estensimetri multibase posti radialmente al profilo di scavo;
- cedimenti a piano campagna, in funzione delle perdite di volume durante le fasi di scavo, specie in corrispondenza delle zone di imbocco e delle aree morfologicamente più vulnerabili; si è predisposta una rete di capisaldi topografici;
- eventuali risentimenti profondi, in termini di scorrimenti o attivazione o riattivazione di superfici di scivolamento; si è predisposta l'ubicazione di inclinometri profondi, alcuni con lettura in continuo;
- variazione del contesto idrogeologico, ovvero della piezometrica monitorata mediante piezometri; anche in questo caso per alcuni strumenti si prevede la lettura in continuo.

Le suddette grandezze sono da monitorare allo scopo di validare ed eventualmente adeguare le modalità di avanzamento, considerando il disturbo arrecato all'ammasso al contorno del cavo ed la sua ripercussione sull'ambiente in prossimità delle gallerie. Questo in particolare modo per quanto attiene alla definizione dei parametri operativi della EPB in fase di scavo, che dovranno essere sistematicamente raccolti in corso d'opera. Il rilevamento delle grandezze di deformazione e spostamento deve permettere di valutare quando intensificare la frequenza di lettura della strumentazione allo scopo di seguire più accuratamente l'evolversi dei fenomeni evidenziati e/o quando attivare interventi di urgenza o variazioni progettuali.

Nel seguito si riporta una planimetria con l'ubicazione dei principali punti di monitoraggio profondo.





Nel seguito si riporta una sintesi delle principali grandezze attese che saranno oggetto di monitoraggio:

- Imbocco lato Cherasco: Spostamenti paratia pari a 20-35 mm; risentimenti entro 70-100 m a tergo dell'imbocco, con spostamenti minori di 10 mm; spostamenti millimetrici in corrispondenza delle preesistenze a 200-300 m dall'imbocco.
- Imbocco lato Alba: Spostamenti paratia pari a 20-40 mm; risentimenti entro 100-150 m a tergo dell'imbocco, con spostamenti minori di 10 mm; spostamenti orizzontali di 6-8 mm e cedimenti di 2 mm in corrispondenza del nuovo Ospedale posto a circa 350 m dall'imbocco
- Variazione della piezometria zona gessi: Fase costruttiva: 4.5 m per fascia di 40 m e 0.5 m per 250 m; Fase definitiva (by-pass drenante): 2.5 m per fascia 150-190 m, 1.5 m per 400-450 m.
- Cedimenti a piano campagna: i valori di cedimento massimo in asse galleria risultano variabili tra 9 mm e 112 mm; in corrispondenza dei fabbricati da 5 mm a 47 mm. A questi si possono associare cedimenti ulteriori di 5-10 mm per effetto del drenaggio operato

I valori di sintesi sopra riportati sono derivati principalmente da analisi numeriche e possono quindi essere affetti dalle semplificazioni che sono insite nelle metodologie di calcolo e, soprattutto, nei modelli numerici adottati, i quali non possono ovviamente tener conto di una serie di fattori difficilmente schematizzabili nelle computazioni eseguite. Al fine di impiegarli quali valori di soglia da confrontare con gli esiti dell'attività di monitoraggio previste, dovranno essere opportunamente innalzati in funzione del livello di attenzione o allarme considerati.

## 10. ALTRE PARTI PROGETTUALI INTEGRANTI

Il progetto dell'opera è completato da studi analisi e soluzioni per tutte le altre parti previste e necessario a definire la sua realizzazione ed esercizio, per le quali si rimanda ai relativi documenti specifici organizzati in sezioni dell'elenco elaborati. Si menzionano ad esempio gli argomenti:

- Cantierizzazioni e ripristini aree di lavoro e cantieri
- Sistema di Monitoraggio ambientale e mitigazioni
- Raccolta e smaltimento acque in galleria
- Impianti tecnologici
- Scenari di rischio e valutazioni per il Piano delle Emergenze

Al piano di monitoraggio strutturale e ambientale, e alle analisi condotte nei vari studi sulla galleria e in superficie è strettamente legato lo studio degli scenari di rischio connessi allo scavo della galleria, facente parte del presente progetto, necessario alla predisposizione del Piano delle Emergenze che sarà redatto dagli enti preposti (rif. rD.2.1.09 "SCENARI DI RISCHIO E LINEE GUIDA PER IL PIANO DELLE EMERGENZE).

## 11. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si è riportata la descrizione degli interventi e delle opere per la realizzazione della galleria naturale "Verduno", opera facente parte del Lotto 6, Tronco 2 del collegamento autostradale A6-A21 (Asti-Cuneo) eseguita mediante scavo meccanizzato, utilizzando una fresa a piena sezione (TBM) del tipo EPB.

Il delicato contesto in cui si inseriscono le opere in costruzione ha reso necessario operare importanti approfondimenti sia di natura geognostica, così da predisporre un affidabile modello geologico ed idrogeologico, sia riguardo



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06**  
**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione tecnica generale**

alla valutazione degli impatti sul territorio. Nei documenti di progetto si riportano in dettaglio le attività e le analisi condotte; si è inoltre predisposto un accurato sistema di monitoraggio per seguire l'evoluzione dei lavori e rilevare gli eventuali risentimenti in sotterraneo ed in superficie.