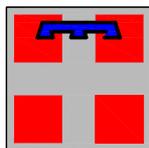


# AUTOSTRADA ASTI - CUNEO S.p.A.



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 DI MONITORAGGIO

Aggiornato: 00	Data : Marzo 2014	Descrizione: EMISSIONE	Redatto: Ing. Gatti	Controllato: Ing. Ossesia	Approvato: Ing. Ghislandi	Codifica: 2.6 E - r D.2.1.08 Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: MARZO 2014
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala:



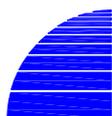
PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

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

CONSULENZA SPECIALIZZATA



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 GENERALE DELLE OPERE.....</b>	<b>11</b>
<b>4. OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO .....</b>	<b>14</b>
<b>5. MONITORAGGIO IN GALLERIA .....</b>	<b>15</b>
5.1. SCAVO MECCANIZZATO .....	15
5.2. SCAVO IN TRADIZIONALE E CUNICOLO .....	18
<b>6. MONITORAGGIO GEOTECNICO .....</b>	<b>20</b>
<b>7. MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>22</b>
7.1. ANALISI DEI DATI RILEVATI.....	24
<b>8. MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO .....</b>	<b>26</b>
<b>9. SINTESI DELLE GRANDEZZE ATTESE DA MONITORARE.....</b>	<b>28</b>



## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione si inserisce nei documenti previsti per la redazione del Progetto Esecutivo 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. In essa viene descritto il “programma di monitoraggio” che si intende adottare per il controllo, durante le fasi di realizzazione dell’opera, dei movimenti del terreno e del comportamento del cavo.

Il programma è stato predisposto 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. Nel seguito, dopo un breve inquadramento delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni interessati dagli scavi, si descrive in dettaglio la tipologia della strumentazione adottata (caratteristiche tecniche e sistema di acquisizione), la quantità ed l’ubicazione degli strumenti.

## 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-sabbioso/limo-sabbioso - Corpi detritici grossolani all'interno argille-mamose	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 mamose 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 mamose e siltose grigio-azzurre con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbie (Pliocene inferiore-medio).	5	 Argilla mamosa con noduli di gesso
M4 - Marne di S. Agata Fossili. Limi argillosi e argille mamoso-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 mamose 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:

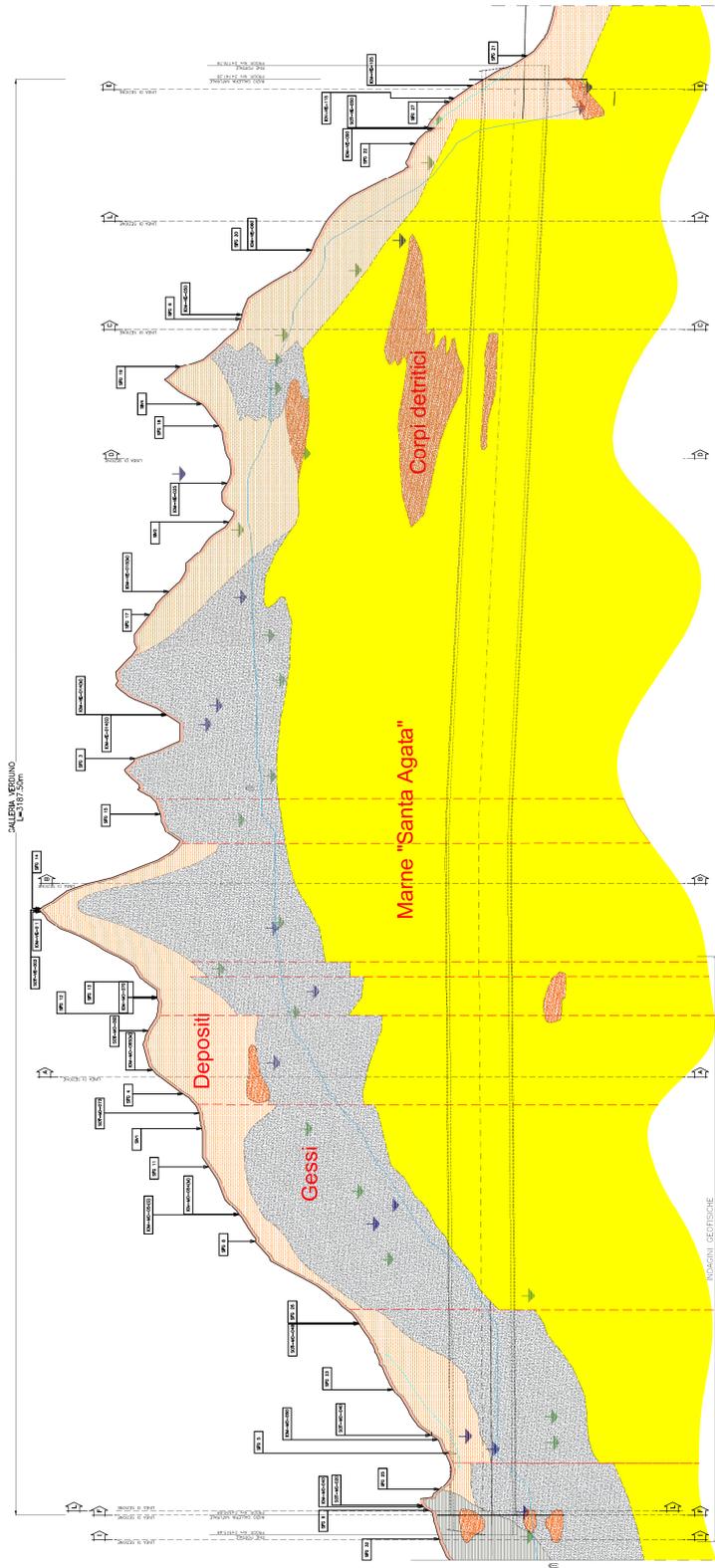
- **Unità 4:** Depositi di copertura e di frana, quali limi sabbiosi, argille limose e sabbiose.
- **Unità 5:** Argille marnoso-siltose, con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbia, appartenenti al Pliocene inferiore medio.



- 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.

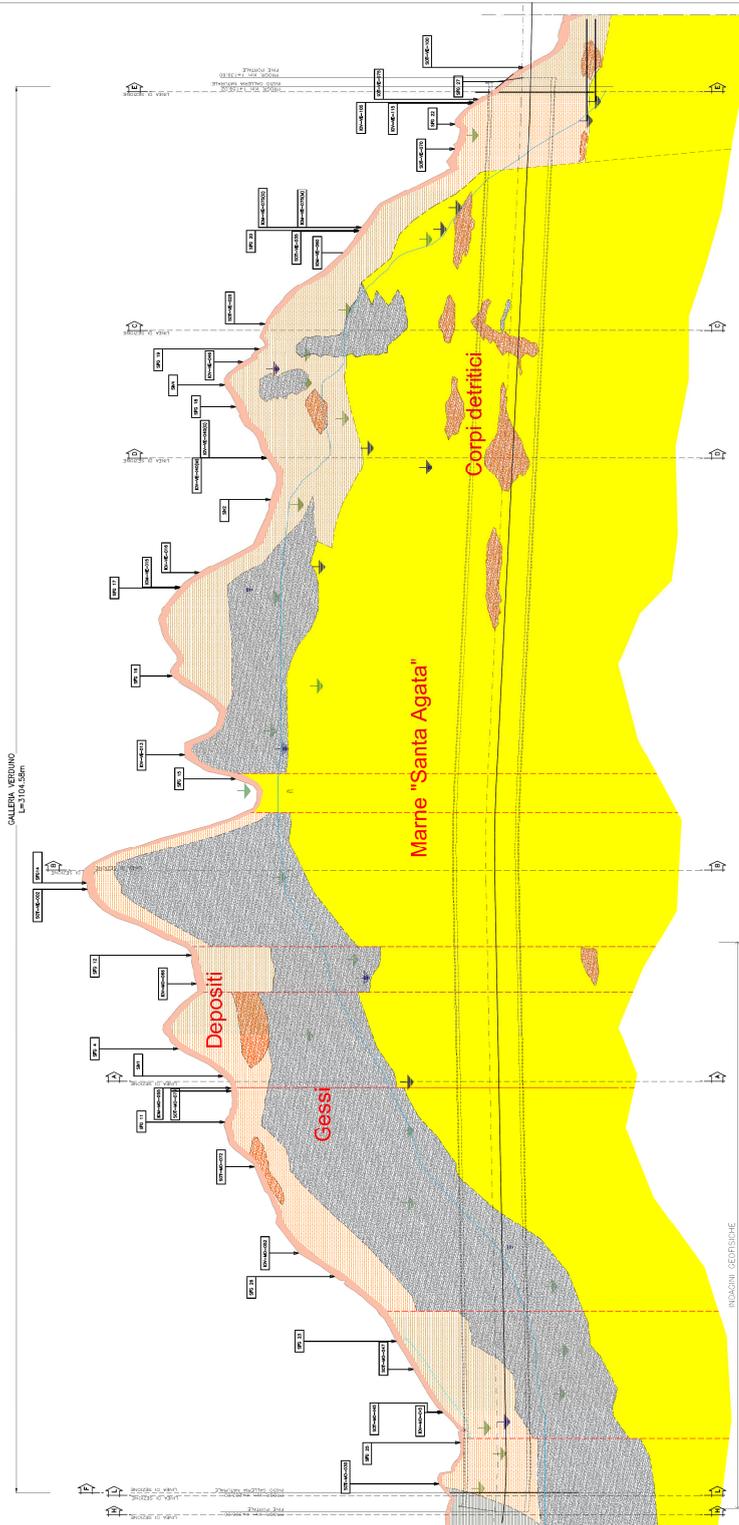
CANNA DI MONTE - TRATTE OMOGENEE



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



CANNA DI VALLE - TRATTE OMOGENEE



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



L'esame dei "Profili geomeccanici", nonché gli studi e gli approfondimenti svolti in preparazione alla redazione del 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.



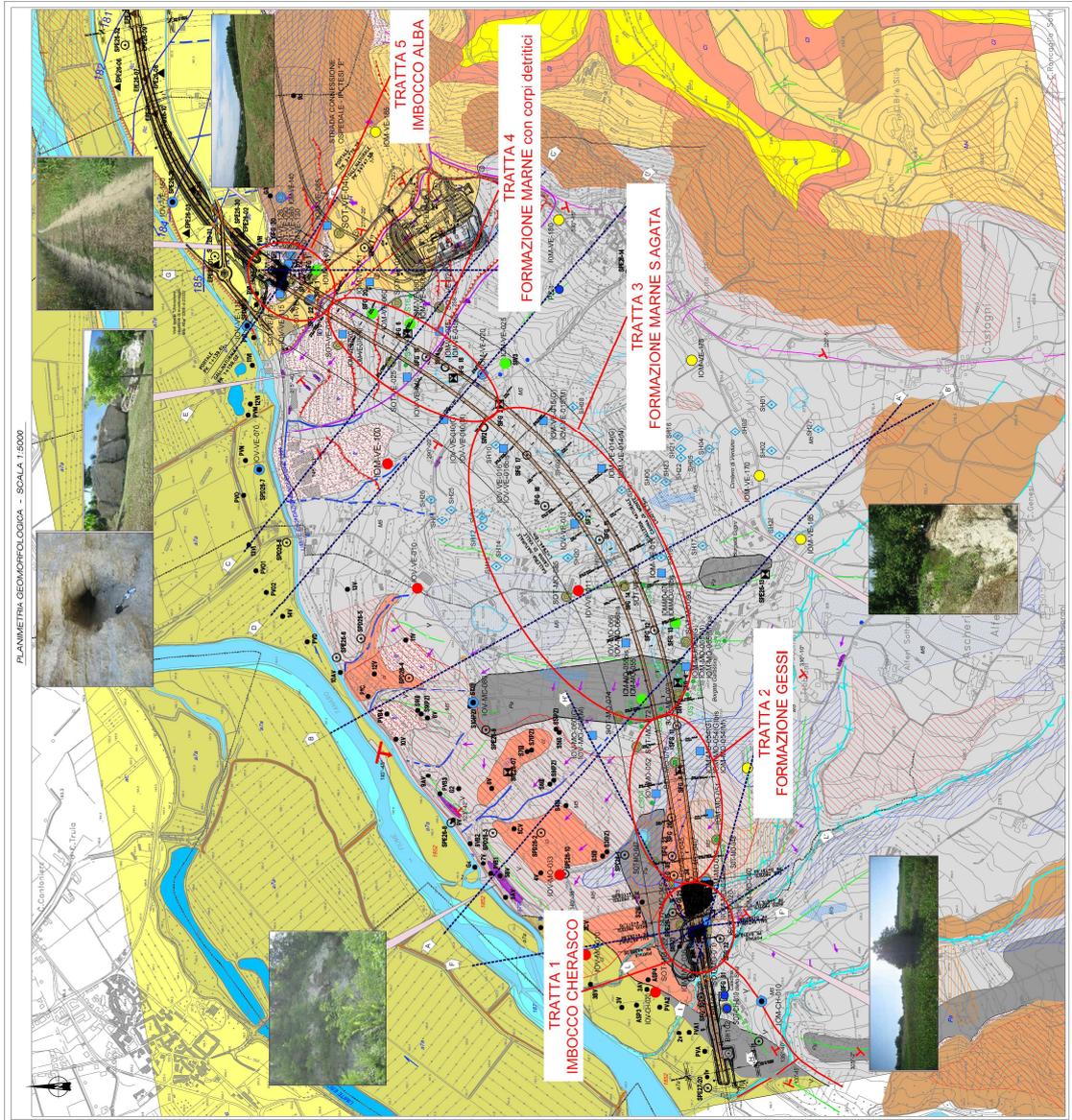
3. Zona di galleria interessata dall'attraversamento del substrato marnoso-argilloso della Formazione delle Marne di Sant'Agata. In questo tratto di galleria si raggiungono le massime coperture, variabili da 60 a 90 m. La permeabilità delle marne è bassa e, di conseguenza, anche i deflussi previsti nella 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. 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 GENERALE DELLE OPERE**

La galleria Verduno è composta da due fornici affiancati, ciascuno dei quali contiene una piattaforma stradale della larghezza di 11,20 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). Nel seguito si riporta un inquadramento planimetrico.





così da consentire la messa in pressione del fronte della TBM in presenza di idonei ricoprimenti (5-6 m), senza determinare importanti sbancamenti, che sarebbero risultati molto invasivi nel 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.



#### **4. OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO**

La strumentazione da predisporre per il monitoraggio delle gallerie, durante le fasi di scavo, deve consentire 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;
- 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;
- eventuali risentimenti profondi, in termini di scorrimenti o attivazione o riattivazione di superfici di scivolamento;
- variazione del contesto idrogeologico, ovvero della piezometrica.

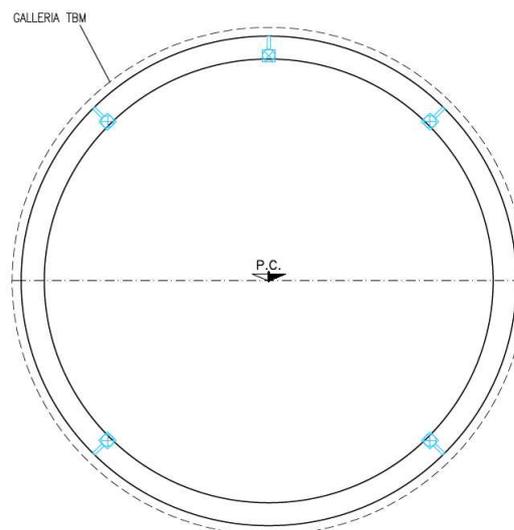
Le suddette grandezze sono da monitorare allo scopo di validare ed eventualmente adeguare le modalità di avanzamento, considerando il disturbo arrecato all'ammasso al contorno del cavo ed la sua ripercussione sull'ambiente in prossimità delle gallerie. Questo in particolare modo per quanto attiene alla 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.

## 5. MONITORAGGIO IN GALLERIA

### 5.1. SCAVO MECCANIZZATO

Si predispongono le seguenti stazioni di misura:

- Stazioni di convergenza, costituita da 5 target di misura della convergenza (realizzati mediante un chiodo con mira ottica riflettente) mediante strumento topografico di precisione (nel profilo tali stazioni sono indicate quali eventuali, con una frequenza di circa 200 m, data la difficoltà di raccogliere informazioni per la presenza del back-up);



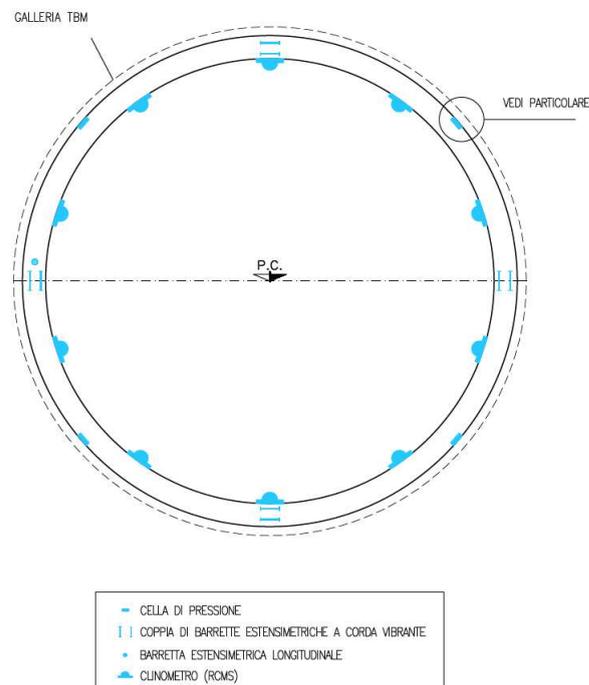
CHIODI O MIRE OTTICHE PER MISURE DI CONVERGENZA

- Anelli strumentati, costituita da 4 coppie di barrette estensimetriche, previste nel getto dei conci prefabbricati, fissate alle armature metalliche principali e finalizzate alla misura delle deformazioni/tensioni radiali. Le barrette sono del tipo a corda vibrante, con campo di misura 0 – 3000 microeps e termistore incorporato, e vengono ubicate in corrispondenza

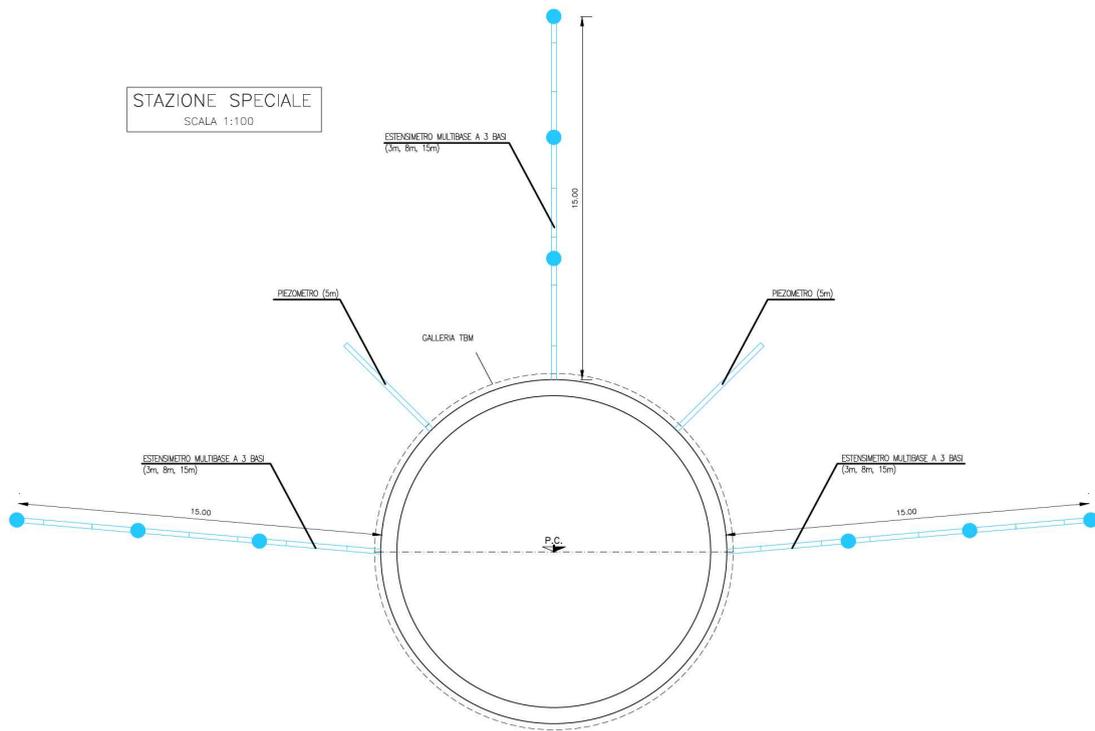
della chiave calotta e arco rovescio ed in corrispondenza del piano dei centri (da verificarsi in dettaglio con le posizioni dell'anello universale). E' prevista inoltre anche una barretta estensimetrica in direzione longitudinale.

Vengono predisposte infine anche celle di pressione e clinometri, secondo lo schema riportato di seguito.

Gli anelli strumentati sono previsti in numero di 6 per canna, nei contesti geomeccanici e di copertura ritenuti più significativi.



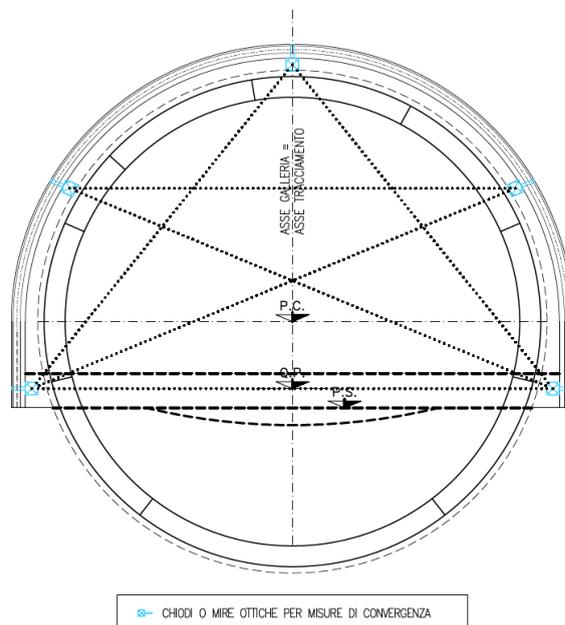
- Stazioni speciali, dove, in aggiunta alla strumentazione precedentemente descritta, si prevede inoltre la posa in opera di 3 estensimetri multibase a 3 basi, di lunghezza pari a 15 m, e 2 piezometri, ubicati alle reni, di lunghezza pari a 5 m. Tali stazioni sono previste in numero di 3 per canna.



## 5.2. SCAVO IN TRADIZIONALE E CUNICOLO

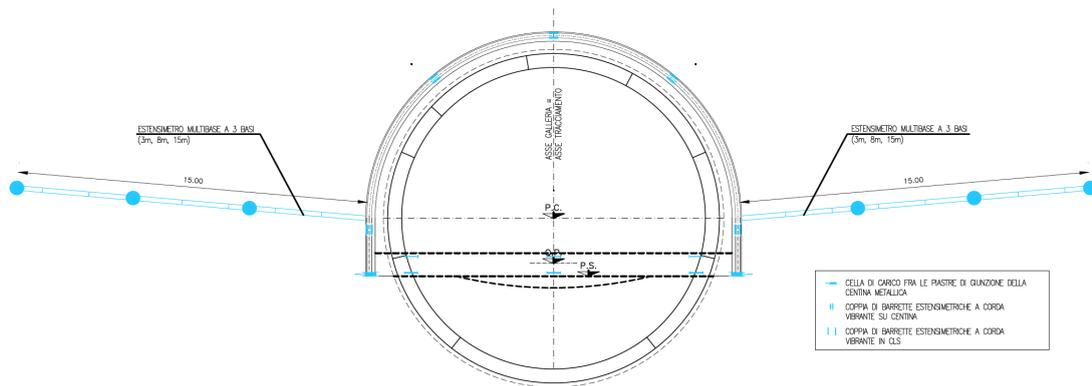
Si predispongono le seguenti stazioni di misura:

- Stazioni di convergenza, costituita da 5 target di misura della convergenza (realizzati mediante un chiodo con mira ottica riflettente) mediante strumento topografico di precisione, da porre in opera per ogni campo di avanzamento;



- Stazioni speciali, dove, in aggiunta alla strumentazione precedentemente descritta, si prevede inoltre la posa in opera di 2 estensimetri multibase a 3 basi, di lunghezza pari a 15 m.

E' prevista inoltre la posa in opera di barrette estensimetriche a corda vibrante sia in corrispondenza delle centine che del solettone in c.a. che di celle di carico al piede delle centine, secondo lo schema riportato di seguito.



E' prevista la predisposizione di una stazione speciale per ogni imbocco, per un totale di 4.

Durante gli avanzamenti dovranno inoltre essere condotti rilievi del fronte di scavo, consistenti nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo.



## 6. MONITORAGGIO GEOTECNICO

Al fine di raccogliere informazioni sulle deformazioni determinatesi nel terreno a seguito dello scavo delle gallerie in sotterraneo si prevede di predisporre:

- Strumentazione inclinometrica profonda, localizzata nelle aree morfologicamente più delicate (ad esempio in corrispondenza degli imbocchi ed a controllo delle pre-esistenze in superficie);
- Rete di capisaldi topografici, disposti a piano campagna in corrispondenza di edifici o manufatti presenti.

Nella figura seguente si riporta una planimetria di inquadramento della campagna di monitoraggio prevista. Indicazioni di dettaglio sono riportate nell'elaborato 2.6E-rM.0.1.01 "Piano di monitoraggio ambientale – Relazione".





## **7. MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO**

Sulla base della valutazione degli impatti e dei rischi idrogeologici si propone di attuare un piano di monitoraggio idrogeologico da effettuare attraverso misurazione dei livelli piezometrici.

E' stata quindi predisposta una rete di monitoraggio costituita da piezometri (la cui installazione è avvenuta più di 12 mesi prima dell'inizio dei lavori) e da 4 sorgenti in corrispondenza delle quali verranno effettuate misure in situ e prelievo di campioni.

Il dettaglio della strumentazione installata è riportato nella tabella seguente in cui, per ogni strumento, è indicato il codice identificativo e la profondità di indagine. Per ulteriori particolari si rimanda all'elaborato 2.6E-rM.0.1.01 "Piano di monitoraggio ambientale – Relazione".



**STRALCIO DI PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di monitoraggio**

CODICE PUNTO	PROFONDITA' (m)
IOM-CH-010	
IOV-CH-020	15
IOV-MO-010	15
IOM-MO-040	40
IOV-MO-045	40
IOM-MO-050	40
IOM-MO-050bis	35
IOM-MO-051	80
IOV-MO-052	80
IOV-MO-053	35
IOM-MO-054(G)	45
IOM-MO-054(G)bis	20
IOM-MO-054(M)	80
IOM-MO-055	80
IOM-MO-055bis	30
IOV-MO-060(G)	54.5
IOV-MO-060(M)	60
IOM-MO-065(G)	65
IOM-MO-065(M)	80
IOM-MO-065(M)bis	80
IOV-MO-066	80
IOV-MO-066bis	38
IOM-MO-070	80
IOM-MO-070bis	30
IOV-MO-080(S10)	18
IOM-MO-090	60
IOV-VE-010	50
IOM-VE-011	80
IOV-VE-011	60
IOV-VE-013	80
IOM-VE-014(G)	50
IOM-VE-014(M)	80
IOM-VE-015(G)	35
IOM-VE-015(M)	80
IOV-VE-016	80
IOV-VE-016bis	30
IOM-VE-020	
IOM-VE-025	80
IOV-VE-040(G)	45
IOV-VE-040(M)	60
IOM-VE-045	80
IOM-VE-045bis	24
IOV-VE-046	70
IOM-VE-050	75
IOM-VE-050bis	19
IOM-VE-060	65
IOM-VE-061	45

CODICE PUNTO	PROFONDITA' (m)
IOM-VE-075(G)	24
IOM-VE-075(M)	60
IOV-VE-080	
IOM-VE-085	45
IOM-VE-090	40
IOM-VE-100	35
IOM-VE-105	40
IOV-VE-110	6.15
IOV-VE-115	40
IOM-VE-130	
IOM-VE-140	
IOM-VE-165	60
IOM-VE-170	60
IOM-VE-175	60
IOM-VE-180	60
IOM-VE-185	60
IOM-RO-010	15
IOV-RO-010	15
IOM-RO-030(PZ6-2)	7.1
IOV-RO-030(PZ6-4)	7
IOM-RO-040	15
IOV-RO-040	15
IOM-AB-010	15
IOV-AB-010	15
BH101-2012	40
BH102-2012	40
PZ1	80



Su alcuni piezometri si è prevista l'installazione di strumentazione per la misura in continuo dei livelli piezometrici, al fine di monitorare costantemente l'acquifero.

I piezometri da monitorare in continuo sono stati scelti in funzione delle criticità maggiori che possono derivare da un abbassamento significativo del livello di falda indotto dal drenaggio della galleria di Verduno. Tali valutazioni sono state effettuate basandosi sul modello idrogeologico concettuale e numerico, oltre che sull'ubicazione degli abitati presenti, i quali costituiscono gli elementi di maggiore vulnerabilità di questo settore. Questo criterio ha quindi permesso di effettuare una scelta dei piezometri più significativi ai fini di un monitoraggio in continuo, da realizzare secondo le prescrizioni riportate nel DEC-VIA 576/2011.

I piezometri scelti tra quelli esistenti sono i seguenti:

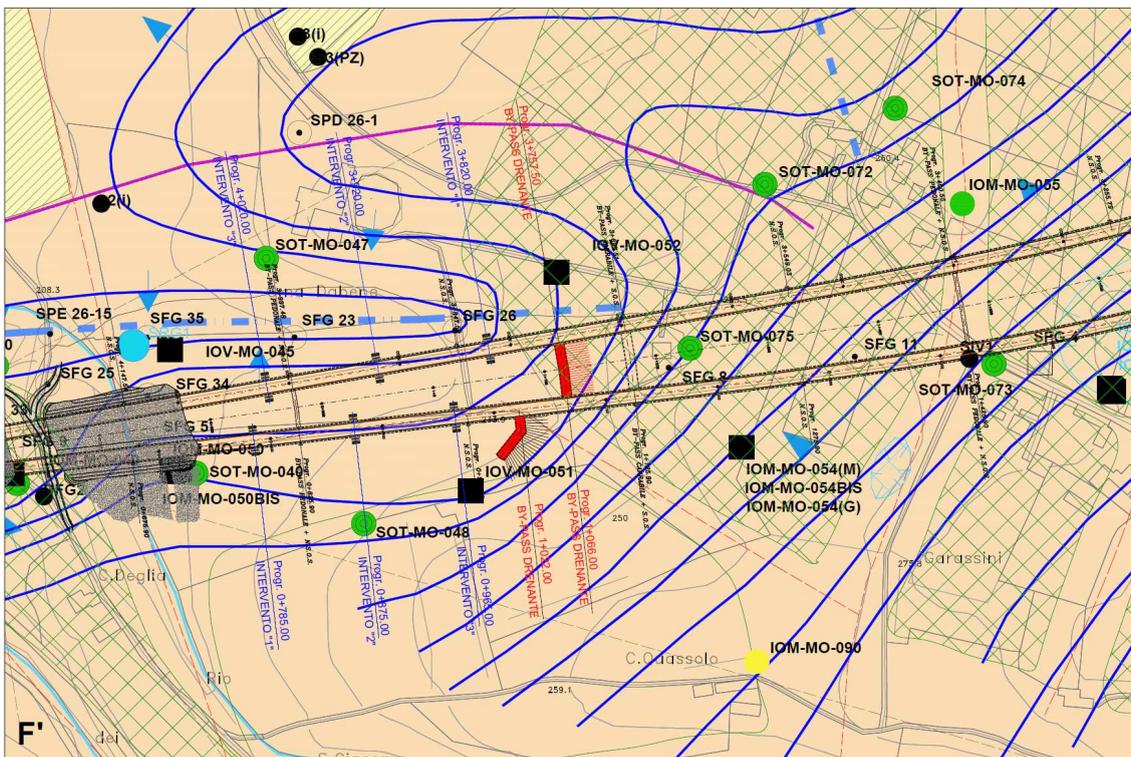
<b>Codice Piezometro</b>	<b>Fenestrazione</b>	<b>Abitati limitrofi</b>	<b>Caratteristiche</b>
IOM-MO-050	Gessi	-	Ubicato in una zona in cui è attesa una variazione del livello di falda di media entità
IOM-MO-054(G)	Gessi	-	Ubicato in una zona in cui è attesa una variazione del livello di falda di media entità
IOM-MO-065(G)	Gessi	In prossimità di Borgata Garassini	Ubicato ai limiti della fascia in cui iniziano a verificarsi variazioni del livello di falda
IOM-VE-045(M)	Corpi detritici	-	Ubicato nell'acquifero in pressione dei corpi detritici intercalati nelle marne
IOM-VE-061	Corpi detritici	-	Ubicato nell'acquifero in pressione dei corpi detritici intercalati nelle marne
Pz1	Corpi detritici	A valle di Verduno	Ubicato nell'acquifero in pressione dei corpi detritici a valle di Verduno

## **7.1. ANALISI DEI DATI RILEVATI**

La rete di monitoraggio predisposta consentirà di valutare costantemente il comportamento dell'acquifero, controllando l'impatto della costruzione dell'opera sul sistema idrogeologico dell'area.

Il controllo dei livelli piezometrici risulterà inoltre di fondamentale importanza per la valutazione dell'efficacia di alcuni degli interventi previsti.

In particolare i piezometri collocati in prossimità del by pass drenante dovranno verificarne l'effettivo funzionamento, misurando un abbassamento della falda al di sotto della quota di scavo della galleria (riduzione di circa 2.5 m in una fascia di ampiezza 150-190 m al contorno del by-pass).



In caso contrario si dovrà provvedere ad un'intensificazione del sistema di drenaggio secondo le modalità riportate nell'elaborato 2.6E-dD.2.2.83 "Galleria Verduno – Galleria Naturale – By pass drenante".

Anche il sistema di drenaggio all'interno dei corpi detritici potrà essere ridefinito qualora le misure rilevate dai piezometri evidenzino un innalzamento anomalo della quota di falda, sostituendo i drenaggi corti previsti con tubi  $\varnothing 4''$  di lunghezza  $L=10,0$  m.



## 8. MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO

Il presente progetto è corredato di un piano di monitoraggio illustrato in apposita tavola grafica finalizzato al controllo dei fenomeni deformativi indotti dagli scavi propedeutici alla realizzazione degli imbocchi. La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- deformazioni delle paratie;
- tassi di lavoro dei tiranti di ancoraggio;
- deformazioni profonde del versante;
- livello piezometrico della falda;
- deformazioni superficiali del terreno.

A tal fine è stata prevista la messa in opera di:

- inclinometri
- targets topografici per la rilevazione degli spostamenti della paratia;
- celle di carico toroidali per la rilevazione del tasso di lavoro delle teste dei tiranti;
- piezometri;

L'installazione degli inclinometri e del piezometro e la lettura dei rispettivi dati dovrebbe precedere di almeno sei mesi l'attivazione dei lavori (monitoraggio ante-operam); quelle relative agli altri strumenti procederanno contestualmente alla progressione dei lavori degli imbocchi. Le frequenze di lettura raccomandate sono settimanali per le fasi di costruzione dell'imbocco, mensili o bimestrali (in funzione della stabilizzazione delle misure) a scavi delle gallerie attivati. La sospensione delle letture potrà avvenire a ritombamenti avvenuti.



In corrispondenza dell'imbocco lato Cherasco, una parte di paratia di sostegno degli scavi, realizzata con pali di diametro 1200 mm contrastati da tiranti in trefoli, 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. Si prevedono letture con frequenza 2 volte al mese per i primi 6 mesi, seguiti da letture 1 volta/mese per l'anno successivo e 1/6 mesi durante la fase di esercizio dell'opera. La frequenza delle letture potrà essere variata in corso d'opera in funzione dei dati rilevati.



## 9. SINTESI DELLE GRANDEZZE ATTESE DA MONITORARE

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.