

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

**GALLERIA NATURALE DI VALICO
SCAVO IN MECCANIZZATO – BINARIO PARI E DISPARI
Relazione di monitoraggio**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G N 0 0 0 0	0 0 1	B

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	Rocksoil 	21/10/2013	Rocksoil 	23/10/2013	A. Palomba 	25/10/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
B00	Revisione per Istruttoria IG5102E07ISGN00000 02A del 23/12/2013	Rocksoil 	13/06/2014	Rocksoil 	16/06/2014	A. Palomba 	18/06/2014	

n. Elab.:

File: IG5102ECVROGN0000001B00

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p>	<p>Foglio 3 di 31</p>

INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA.....	5
2. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO.....	6
3. MONITORAGGIO PREVENTIVO.....	8
3.1. Analisi delle interferenze e relativo piano di monitoraggio.....	8
4. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA E IN ESERCIZIO.....	9
4.1. Indagini in avanzamento.....	9
4.2. Parametri macchina.....	9
4.3. Anello strumentato.....	10
4.3.1. Generalità.....	12
4.3.2. Barrette estensimetriche.....	12
4.3.3. Cella di pressione.....	13
4.3.4. Fessurimetri.....	13
4.3.5. Acquisitore.....	14
4.3.6. Installazione.....	14
4.3.7. Collaudo e lettura iniziale di riferimento.....	15
4.3.8. Documentazione.....	15
4.4. Controllo del regime idrogeologico.....	16
4.4.1. Piezometri da piano campagna.....	16
4.4.2. Piezometri da galleria.....	17
4.4.3. Misuratore di portata.....	17
4.5. Controllo delle deformazioni sul contorno di scavo - Estensimetri multibase radiali e da piano campagna.....	17
4.5.1. Estensimetri multibase da piano campagna.....	18
4.5.2. Estensimetri multibase radiali.....	20
4.6. Cedimenti a piano campagna.....	21
4.7. Monitoraggio degli edifici.....	21
4.7.1. Clinometri da parete.....	22
4.7.2. Frequenza delle letture.....	23
4.8. Stazioni di misura definitiva (nicchie tecnologiche U.A.D.).....	25
5. SOGLIE DI ALLARME E DI ATTENZIONE.....	30
5.1. Monitoraggio in galleria e superficiale.....	30
6. CONCLUSIONI.....	31

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5102ECVROGN0000001B00

Foglio
4 di 31

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 31</p>

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la descrizione dei sistemi di monitoraggio da prevedere durante lo scavo della galleria di Valico, facente parte del tracciato della linea ferroviaria del “Terzo Valico dei Giovi” che si estende da Genova a Tortona. Il progetto nel suo complesso prevede la realizzazione di una galleria prevalentemente a doppia canna di 27 km, dei quali 5.3 km circa per forniture verranno eseguiti mediante scavo meccanizzato.

Il presente documento è relativo all'intero sviluppo del binario dispari e del binario pari della galleria di Valico realizzata mediante scavo in meccanizzato (WBS: GN15V, GN15U, GN15T, GN15W).

Essendo lo scavo del binario dispari strettamente connesso a quello del binario pari, tutte le considerazioni contenute nel documento rimangono valide anche per quest'ultimo (WBS: GN14W, GN14V, GN14U, GN14T).

Il tracciato attraversa un insieme eterogeneo di unità geologico strutturali: si tratta infatti dell'area di contatto tra le estremità della catena alpina ad ovest e della catena appenninica settentrionale verso est. Tale zona, nota con il nome di Sestri-Voltaggio, è delimitata ad ovest dal Gruppo di Voltri e a est dalle unità liguri s.l.. Queste macro unità tettoniche sono, infine, delimitate a nord dalle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Ligure-Piemontese e dai depositi della Pianura Padana, anch'essi interessati dalla linea in progetto.

L'assetto strutturale si presenta articolato e complesso in quanto le tre grandi unità geologico-strutturali (Gruppo di Voltri, Zona Sestri-Voltaggio, Unità Liguri s.l.) oltre a presentare una marcata deformazione a carattere duttile sono organizzate in un sistema a falde tramite elementi strutturali a carattere regionale (come la linea Sestri-Voltaggio). A questo quadro strutturale già articolato si aggiunge la presenza di una estesa deformazione a carattere fragile.

Nel dettaglio le formazioni geologiche attraversate dalla galleria di valico sono elencate di seguito a partire dall'imbocco (PK 27+327.5) sino alla fine della tratta realizzata mediante scavo meccanizzato (PK 22+000):

- Formazione di Costa Areasa: Alternanze di strati arenaceo-pelitici, con prevalenza della frazione pelitica (spessore medio 1,5 m) e di marne calcaree, debolmente siltose, in strati di spessore centimetrico-decimetrico (fC). Areniti medie e fini mediamente cementate, in strati decimetrico-metrici con interstrati pelitici decimetrici; localmente presente laminazione piano parallela (fCa).
- Membro di Costa Montada della Formazione di Rigoroso: Successione torbiditica costituita da alternanze di marne e areniti medio-grossolane (uMc). Areniti medio-grossolane cementate, in strati decimetrici, gradati e laminati con subordinati livelli conglomeratici e contenuto fossilifero rappresentato da macroforaminiferi e bivalvi (uMb). Marne e marne silicizzate, talora con liste e noduli di selce; localmente sono presenti limitati corpi conglomeratici a supporto di matrice (uMa).
- Marne di Rigoroso: Marne siltose con strati arenitici decimetrici e subordinatamente metrici, a base erosiva e geometria complessivamente lenticolari (fR). Marne debolmente siltose, localmente con intercalazioni di sottili strati arenitici e livelli cineritici (mR).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 31</p>

- **Formazione di Molare:** Litofacies ruditica cementata a clasti calcarei dominanti (FMc): conglomerati poligenici e brecce a supporto di clasti, con clasti da centimetrici a metrici (1-2 m) costituiti da calcari, calcari dolomitizzati e subordinatamente da basalti, serpentiniti e metaofioliti. La scarsa matrice arenacea è di colore grigiastro. Localmente sono presenti livelli arenitici grossolani anch' cementati.
- **Litofacies ruditica parzialmente cementata (FMp):** conglomerati e brecce poligenici con tessitura a supporto di clasti e/o di matrice, in strati e gruppi di strati da decimetrici a plurimetrici con locali livelli arenitici grossolani, nel complesso cementati in modo eterogeneo . I clasti, da centimetrici a metrici (fino a 2-3 m), sono costituiti da metaofioliti ed in subordine da calcari, dolomie e basalti. Localmente contengono megablocchi di metabasiti (di dimensioni fino a 10 m circa).

Lungo il tracciato le coperture variano da un minimo di 20 m, in corrispondenza dell'imbocco della galleria, ad un massimo di 360 m..

2. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Di seguito si riporta la descrizione estesa del “programma di monitoraggio” che si intende adottare durante le fasi di scavo della galleria in meccanizzato di Valico.

Lo scopo del monitoraggio è quello di controllare l'evoluzione della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi della situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

L'organizzazione del sistema in questione prevede l'utilizzo di strumentazione topografica e geotecnica disposta a formare sezioni di monitoraggio distribuite lungo tutto il tracciato dell'opera. La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato e la presenza di interferenze antropiche. La frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Il monitoraggio geologico, geotecnico e strutturale è suddiviso in tre tipologie in base alle tempistiche in cui viene eseguito:

- monitoraggio “preventivo” effettuato precedentemente all'inizio delle lavorazioni;
- monitoraggio “in corso d'opera” effettuato durante le fasi di costruzione dell'opera;
- monitoraggio “in fase di esercizio dell'opera” effettuato dopo il termine dei lavori di realizzazione dell'opera.

Il monitoraggio preventivo è previsto per tutte quelle aree e strutture particolarmente a rischio (come ad esempio aree potenzialmente instabili, infrastrutture fatiscenti e fabbricati che ricadono nelle

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p> <p>Foglio 7 di 31</p>

immediate prossimità delle gallerie da realizzare) in modo da acquisire dati ancor prima della costruzione dell'opera, al fine di intervenire preventivamente e/o valutare al meglio gli eventuali effetti indotti.

Il monitoraggio in corso d'opera invece sarà finalizzato a valutare gli andamenti dei vari parametri considerati significativi, in relazione alle fasi costruttive, ai materiali scelti ed alle geometrie in gioco, con particolare riguardo alla sicurezza. La strumentazione geotecnica prevista per il monitoraggio in corso d'opera sarà tale da consentire l'acquisizione dei dati relativi ai parametri significativi sia per la verifica delle corrispondenze tra comportamento reale e comportamento ipotizzato, sia per l'eventuale attivazione di procedure di gestione del progetto (fasi esecutive, modalità di avanzamento, ecc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo. Attraverso il monitoraggio in corso d'opera si ottiene la risposta tenso-deformativa degli ammassi all'azione dello scavo, che è prima oggetto di previsione (al momento della progettazione), quindi oggetto di lettura e interpretazione (al momento della costruzione), ai fini di tarare il modello progettuale in corso d'opera.

Il monitoraggio in fase di esercizio invece avrà l'obiettivo principale di registrare eventuali variazioni a lungo termine dei parametri geotecnici e quindi di permettere la valutazione delle cause, strutturali o esterne di qualsiasi natura, che abbiano determinato tali variazioni. Il monitoraggio in fase di esercizio generalmente si basa sulla stessa strumentazione geotecnica del monitoraggio in corso d'opera per la quale letture vengono effettuate con cadenza meno frequente.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma predisposto in fase di scavo e si forniscono indicazioni su come gestire il flusso delle informazioni ottenute. In particolare sono descritte le attività, le caratteristiche e la strumentazione del monitoraggio in corso d'opera che avrà come obiettivo la determinazione per tratte omogenee delle seguenti grandezze:

- la misura dello stato tensionale del rivestimento definitivo;
- le indagini per il controllo del regime idrogeologico;
- la misura del comportamento deformativo dell'ammasso al contorno del cavo;
- lo studio di possibili interferenze con il tracciato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN0000001B00	Foglio 8 di 31

3. MONITORAGGIO PREVENTIVO

Il monitoraggio preventivo è previsto per tutte quelle aree e strutture particolarmente a rischio (come ad esempio aree potenzialmente instabili, infrastrutture fatiscenti e fabbricati che ricadono nelle immediate prossimità delle gallerie da realizzare) in modo da acquisire dati ancor prima della costruzione dell'opera, al fine di intervenire preventivamente e/o valutare al meglio gli eventuali effetti indotti.

Nel prossimo paragrafo verranno presentate le principali interferenze con lo scavo e il piano di monitoraggio che correlerà dati acquisiti in fase preventiva ai dati acquisiti nelle successive fasi costruttive e di esercizio.

3.1. Analisi delle interferenze e relativo piano di monitoraggio

Le interferenze riscontrate lungo la tratta in meccanizzato sono concentrate nella parte che va dalla pk 26+210.00 alla pk 27+657.93. Sono presenti edifici per civile abitazione ubicati all'interno di una fascia di 50m dalla parte esterna della galleria dei quali verranno monitorati in particolare quelli alle pk 27+180.00 e 27+391.00 (cfr. i relativi elaborati), inoltre dovrà essere adeguatamente monitorata la tratta di partenza degli scavi in cui il binario pari scavato in meccanizzato e il binario dispari scavato in tradizionale (GN15X) viaggiano con un interasse molto ravvicinato in uscita dal camerone GN16. In questa tratta in particolare, lunga circa 50m con coperture che vanno dai 5 ai 16 m, si vuole controllare l'effettivo stato deformativo causato dai passaggi successivi degli scavi.

Un ulteriore aspetto non secondario in questa zona a basse coperture è il regime idraulico, che andrà costantemente controllato sia in fase preventiva che costruttiva..

Verranno pertanto monitorati:

- i cedimenti da piano campagna tramite l'installazione di un sistema di sezioni di controllo con capisaldi topografici trasversale all'asse (cfr. §4.6),
- le deformazioni sul contorno dello scavo mediante estensimetri multibase (cfr. §4.4.3)
- i movimenti degli edifici tramite un sistema di punti di misura (cfr. §4.7)
- il regime idraulico mediante un sistema di piezometri da piano campagna (cfr. §4.4.1)

Si rimanda per ulteriori dettagli ai profili geomeccanici e alle tavole di planimetria interferenze relative alla tratta in esame.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p>	<p>Foglio 9 di 31</p>

4. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA E IN ESERCIZIO

4.1. Indagini in avanzamento

Si predispongono in corso d'opera indagini geognostiche in avanzamento in zone non coperte da indagini di superficie. In linea generale tali indagini eseguite mediante sondaggi di lunghezza pari a 30-50m con restituzione della descrizione geomeccanica delle carote, avranno una frequenza media di 1 sondaggio ogni 400m di galleria, comunque definiti in funzione delle reali necessità.

Dovrà essere prelevato mediamente un campione ogni 5m e comunque in corrispondenza di passaggi litologici significativi.

Su ciascun campione saranno eseguite le seguenti prove:

- Classificazione ($\gamma - w - \gamma_s$)
- Analisi mineralogiche e diffrattometriche (almeno su 2 campioni)
- Prove di compressione monoassiale in controllo di deformazione
- Prova di trazione brasiliana

Eventuali prove specialistiche saranno definite in corso d'opera in funzione dell'osservazione diretta del progettista (prove di creep – triassiali – prove su giunto).

4.2. Parametri macchina

Al fine di controllare che le frese a piena sezione vengano utilizzate correttamente, per non innescare fenomeni di subsidenza in superficie, è opportuno effettuare una registrazione in continuo durante gli avanzamenti della macchina di scavo. In tal modo sarà possibile valutare un bilanciamento tra volume teorico di scavo e volume del materiale smarinato allo scopo di evidenziare eventuali rilasci in calotta o sovrascavi di significative proporzioni. Inoltre, confrontando il volume teorico dello spazio anulare tra il profilo di scavo e l'estradosso dell'anello dei conci prefabbricati (tenendo conto dei cutter impiegati, della loro usura o di eventuali sovrascavi) e il volume del materiale di riempimento iniettato, dalla coda dello scudo, a tergo dei conci è possibile evidenziare la presenza di eventuali vuoti e/o cavità.

Tali misure, anche se non strettamente legate alla strumentazione di monitoraggio, permettono la comprensione dei fenomeni deformativi al contorno del cavo e indicano dove intervenire, se necessario, mediante interventi di consolidamento e riempimento a tergo dei conci.

In particolare dovranno essere acquisiti in continuo i seguenti parametri operativi:

- velocità di avanzamento;
- spinta dei martinetti;
- coppia della testa;
- velocità di rotazione;

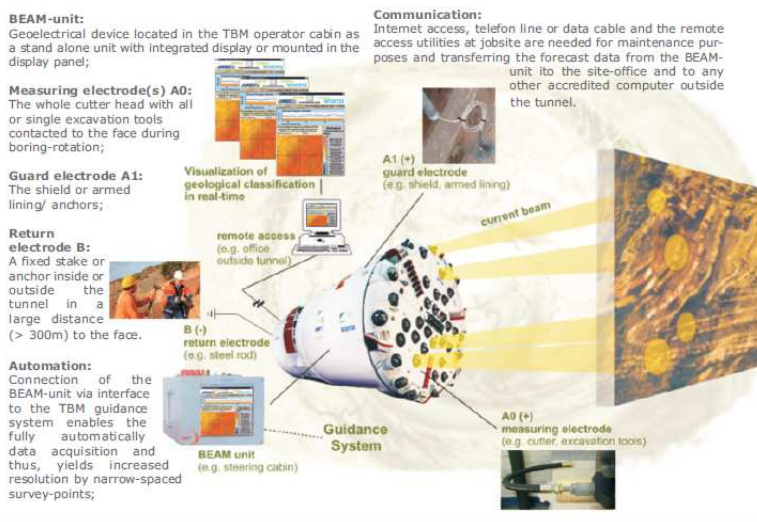
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p> <p>Foglio 10 di 31</p>

- assorbimento elettrico;
- energia specifica;
- quantità di materiale estratto dalla coclea;
- pressione applicata al fronte.

Inoltre come meglio dettagliato nelle relazioni tecniche si rende necessaria l'acquisizione in continuo di parametri geoelettrici al fine di poter prevedere la presenza di zone tettonizzate e di faglia particolarmente delicate per la tipologia di scavo.

Il sistema diagnostico proposto è noto come "BEAM System", che consente la rilevazione indiretta delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali mediante investigazioni di tipo geoelettrico impegnando elettrodi collocati in corrispondenza della testa fresante. Il "Beam system" tramite emissioni di impulsi elettrici fornisce dati relativamente a due parametri: il valore di resistività dei terreni e il valore di porosità efficace, espressa in percentuale di vuoti rispetto al volume di terreno analizzato.

General System Layout (Fig. 2)



4.3. Anello strumentato

Relativamente al controllo dello stato tensionale del rivestimento definitivo in galleria si adotteranno "anelli strumentati", cioè particolari conci al cui interno, in fase di costruzione degli stessi, verranno inseriti strumenti per la misura dello stato tenso-deformativo. Inoltre sarà previsto il fissaggio di una cella di pressione per la misura delle variazioni di pressione tra ammasso roccioso e struttura e il posizionamento di fessurimetri per monitorare l'evoluzione dei giunti.

In sintesi viene inserita la seguente strumentazione geotecnica:

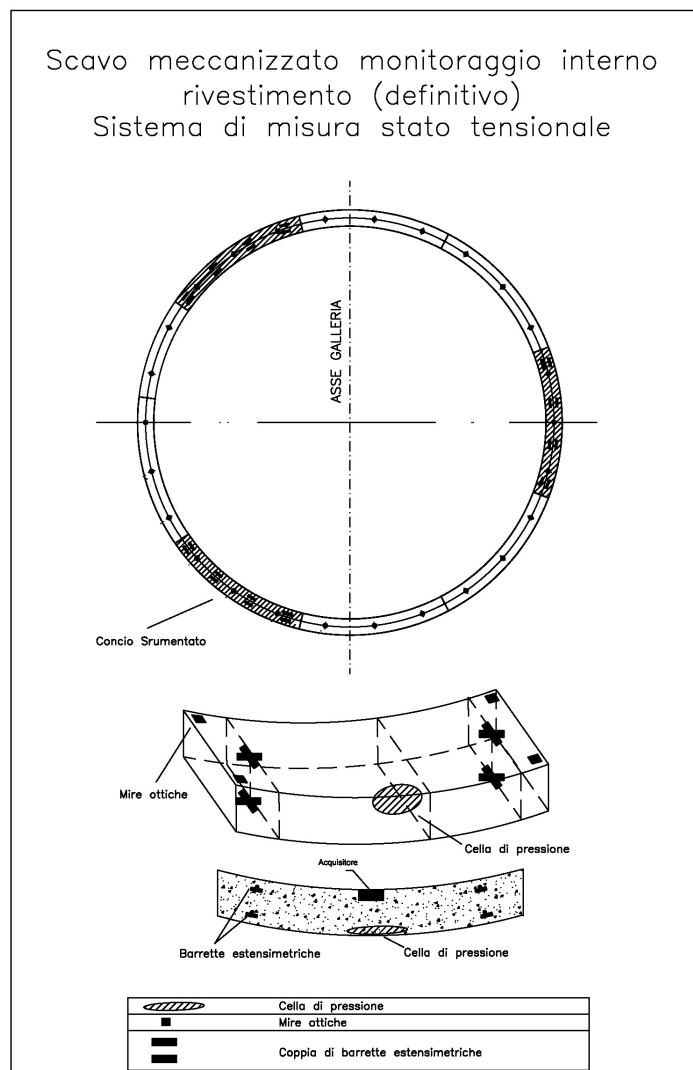
- barrette estensimetriche per calcestruzzo per la misura dello stato tenso-deformativo del cono in opera dotate di sensore di temperatura;

- celle di pressione per la misura delle variazioni di pressione tra ammasso roccioso e struttura;
- fessurimetri in corrispondenza dei giunti;
- mire ottiche per la misura di convergenza
- acquirettore che provvede ad alimentare i sensori ed a memorizzarne le misure.

I segnali, provenienti dai sensori elettrici e memorizzati nell'unità di misura, vengono periodicamente scaricati a mezzo di un PC portatile ed elaborati secondo formati idonei a fogli elettronici di uso comune. La strumentazione verrà attivata all'uscita dei conci dallo scudo.

Come valutazione preliminare, si prevede l'installazione di una sezione ogni 400 m circa di galleria e una in corrispondenza di ciascuna faglia attraversata. Il tratto iniziale primi 300m di scavo prevede l'installazione di n° 5 anelli strumentati da considerarsi integrativi al fine dello studio e della taratura del comportamento della macchina e della struttura.

Per la distribuzione si rimanda al profilo geomeccanico della linea.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN0000001B00	Foglio 12 di 31

4.3.1. Generalità

Per concio si intende un elemento in calcestruzzo armato prefabbricato, che fa parte di una struttura assemblabile, accostando fra loro vari elementi dello stesso tipo. Strumentato perché, al suo interno sono stati inseriti al momento della prefabbricazione, degli strumenti sensibili alle grandezze fisiche che si vogliono investigare.

4.3.2. Barrette estensimetriche

Si prevede l'installazione di coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo e si prevede inoltre l'aggiunta di barrette supplementari al fine di determinare la variazione della temperatura all'interno del rivestimento e gli effetti del ritiro. Le barrette estensimetriche a corda vibrante, in seguito rappresentate, sono contraddistinte dalle seguenti caratteristiche tecniche:

CARATTERISTICHE TECNICHE BARRETTA PER CLS

- ✓ Tipo di trasduttore: corda vibrante
- ✓ Range di misura nominale: 3.000 $\mu\epsilon$
- ✓ Sensibilità: 1,0 $\mu\epsilon$
- ✓ Accuratezza: 0,1% F.S.
- ✓ Non linearità: migliore dello 0,5% F.S.
- ✓ Range di temperatura funzionamento:
-30°C fino a +90°C
- ✓ Sensore di temperatura:
integrato NTC 3K Ω
- ✓ Resistenza della bobina: 162 +/-5 Ω
- ✓ Frequenza tipica: 800 Hz
- ✓ Segnale di uscita: Hz
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:
12,2 $\mu\epsilon$ /°C



Le barrette estensimetriche all'interno del concio saranno disposte a coppie una longitudinalmente all'asse galleria e l'altra trasversale, distribuite su 4 punti di misura. Per un totale di 8 strumenti ogni concio, pari a 24 strumenti nell'intero anello strumentato (n.3 conci strumentati per anello di rivestimento definitivo).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 13 di 31

4.3.3. Cella di pressione

N.1 cella di pressione viene fissata sull'estradosso dell'armatura del concio prefabbricato con apposite fascette metalliche ed in seguito annegata nel getto del concio medesimo. Il cavo del trasduttore di pressione viene raccolto nell'alloggio in ferro creato per la centralina di lettura.

Si avranno n° 3 celle di pressione ogni anello strumentato.

4.3.4. Fessurimetri

In corrispondenza dei conci strumentati è prevista l'installazione di fessurimetri elettrici che hanno lo scopo di monitorare l'evoluzione dell'apertura di giunti.

Ogni fessurimetro è costituito da un cilindro solidale ad un lato della fessura e contenente un trasduttore di spostamento potenziometrico, un'asta scorrevole collegata al trasduttore ed una piastra di riscontro solidale all'altro lato della fessura. In questo modo eventuali allargamenti o restringimenti della fessura vengono seguiti dall'asta e dal trasduttore e convertiti in un segnale elettrico; le misure, essendo elettriche, vengono eseguite tramite una centralina di misura portatile o mediante collegamento elettrico ad un sistema automatico di acquisizione dati.

Le caratteristiche tecniche richieste sono le seguenti:

- campo di misura 0-25 mm
- sensibilità 0.01 mm
- precisione ±0.05 mm
- range di temperatura -10 +40 °C
- materiale cilindro acciaio inox / alluminio / pvc
- materiale asta di misura acciaio inox
- materiale riscontro acciaio inox

Installazione

Le procedure da osservare per l'installazione sono le seguenti :

- stabilire la geometria del movimento fessurativo, effettuare l'installazione secondo la direzione del massimo spostamento;
- eseguire con il trapano due fori profondi sui due lati delle pareti della fessura da monitorare;
- infilare i due bulloni di ancoraggio nei fori e cementarli con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- infilare lo strumento di misura negli ancoraggi e stringere fino a fondo corsa le viti corrispondenti;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 14 di 31

- eseguire la taratura mediante collegamento ad una centralina di misura.

Restituzione dati

I dati acquisiti vengono riportati graficamente nel diagramma “ampiezza della fessura - tempo” dove è possibile verificare nel tempo l’andamento delle eventuali deformazioni.

4.3.5. Acquisitore

L’acquisitore dovrà provvedere autonomamente ad acquisire i dati provenienti dai sensori e registrarli in memoria per poi poterli trasferire su di un PC portatile. Trova alloggiamento all’interno di un vano ricavato fra i ferri di armatura in fase di prefabbricazione su ogni concio strumentato.

4.3.6. Installazione

Nello stabilimento

- le barrette devono essere estratte dall’imballo e misurate con la centralina portatile;
- fissaggio delle barrette a coppie formando una croce;
- posizionare le coppie di barrette sui 4 punti di misura previsti tramite l’utilizzo di fascette metalliche o in plastica, su delle strutture di supporto, al fine di mantenere in posizione lo strumento durante le fasi di getto del calcestruzzo. Le strutture di supporto possono essere sia le armature del cemento armato, sia appositi tondini (diametro 8 mm) opportunamente predisposti;
- posizionare la cella di pressione sull’estradosso dell’armatura del concio strumentato;
- i cavi elettrici, dotati di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto e raccolto nell’alloggio in ferro creato per la centralina.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l’avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Dopo il getto del calcestruzzo i conci iniziano il periodo di maturazione, in tale periodo verranno eseguite 2 letture una in fase iniziale l’altra alla fine.

Prima dell’installazione in galleria

- inserimento delle centraline nell’alloggio previsto;
- settaggio della frequenza d’acquisizione;
- sigillatura dell’alloggio per le centraline, con materiale impermeabile e placca metallica per la protezione da urti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN0000001B00	Foglio 15 di 31

- Installazione dei fessurimetri
- Installazione delle mire per le letture di convergenza

I conci strumentati saranno montati insieme agli altri conci a costituire l'intero arco della struttura.

Poiché i conci strumentati si presentano identici a quelli non strumentati non sono necessarie particolari operazioni aggiuntive in fase di installazione.

4.3.7. Collaudo e lettura iniziale di riferimento

Durante le fasi di installazione verranno effettuate delle misure, sia con centralina manuale che automatica per verificare la corrispondenza e il corretto funzionamento della strumentazione. Come lettura di zero si può considerare una qualsiasi lettura prima del montaggio in galleria.

4.3.8. Documentazione

- informazioni generali; data di posa in opera;
- codice e matricola di ogni strumento installato;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione;
- lettura di zero; tabelle con letture.

I dati vengono graficati nel diagramma "deformazioni - tempo" che permette di valutare nel tempo l'andamento delle deformazioni subite dal calcestruzzo dei conci.

Frequenza dei rilevamenti

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento è il seguente:

- 5 misure alla settimana nelle prime due settimane dalla messa in opera dei conci;
- 1 lettura alla settimana fino ad un mese dalla messa in opera dei conci;
- 1 lettura al mese fino alla stabilizzazione dei lavori.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 16 di 31

4.4. Controllo del regime idrogeologico

4.4.1. Piezometri da piano campagna

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle pressioni neutre al contorno del cavo mediante un'apparecchiatura (piezometro) posta all'interno di un foro di sondaggio eseguito dall'interno della galleria o da piano campagna.

Si prevede l'installazione di n° 6 piezometri da piano campagna nel tratto iniziale dell'opera in esame alle pk indicate nel profilo geomeccanico. Si ha l'obiettivo di rilevare l'entità del carico idraulico nel tratto di scavo caratterizzato da basse coperture e il comportamento in prossimità dell'interferenza con il torrente.

Installazione

La messa in opera dei piezometri richiede l'esecuzione di un foro di sondaggio, all'interno del quale vengono posizionati i suddetti piezometri. Il foro deve essere opportunamente sigillato alla base onde evitare fuoriuscite d'acqua.

E' richiesta l'installazione di uno dei seguenti tipi di piezometri:

- a) piezometro pneumatico: costituito da un diaframma flessibile che controlla una valvola pneumatica, la quale indica quando la pressione del gas immesso dall'operatore nel sistema pneumatico eguaglia la pressione neutra della cavità;
- b) piezometri a corda vibrante: sono piezometri a diaframma, in cui l'inflessione dell'elemento sensibile sotto l'azione della pressione dell'acqua viene rilevata con sensori a corda vibrante; il segnale, modulato in frequenza, è poco sensibile all'influenza dei fattori esterni e alla lunghezza o alle caratteristiche delle linee di trasmissione. (campo di misura: 0 ÷ 50 bar; precisione : ≤ 0.3% F.S.);
- c) piezometro elettrico: in questo altro tipo di trasduttore di pressione neutra, il carico esercitato dall'acqua, che in una camera interna dello strumento, va a sollecitare un diaframma in ceramica su cui sono fotoincisi degli estensimetri; la deformazione del diaframma è misurata in termini di variazione di resistenza di un ponte Wheatstone e quindi trasformata in segnale elettrico corrente, facilmente misurabile anche a lunga distanza. (campo di misura: 0 ÷ 20 bar; precisione : ≤ 0.2% F.S.).

Il sistema di acquisizione si compone di un manometro e di un'unità di lettura elettronica dedicata in grado di alimentare i trasduttori e di visualizzare su display alfanumerico il segnale di ritorno.

Restituzione dati

Il sistema di elaborazione dati avviene su software apposito e si richiedono i diagrammi ed i tabulati relativi alle variazioni della pressione neutra in funzione del tempo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN0000001B00	Foglio 17 di 31

Frequenza dei rilevamenti

A seguito dell'installazione e delle successive manovre di spurgo si procede alla lettura di riferimento.

Le successive letture sono così cadenzate:

- 1 lettura la settimana per il primo mese;
- 1 lettura ogni 15 giorni per i seguenti 3 mesi;
- 1 lettura al mese fino al termine dei lavori.

4.4.2. Piezometri da galleria

Si prevedono n°14 sezioni di monitoraggio dei carichi idraulici mediante l'esecuzione di 2 piezometri radiali su ogni sezione installati sul piano dei centri di lunghezza maggiore di 10m. La posizione della cella di Casagrande verrà definita in seguito alla realizzazione delle perforazioni di installazione.

L'impiego del piezometro tipo cella di Casagrande è adatto a terreni con permeabilità medio-bassa ($k > 10^{-8}$ m/sec).

I dati ricavati dalle misure vengono graficati nel diagramma "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

Il passo delle sezione è di circa 1000m, a parte le zone molto tettonizzate dove verrà monitorato ogni tratto in cui è presente una faglia (cfr. profili geomeccanici).

4.4.3. Misuratore di portata

Per la misura delle portate d'acqua in galleria, verranno adoperati due misuratori di portata ogni 1000 m, montati sui tubi $\phi 300$.

4.5. Controllo delle deformazioni sul contorno di scavo - Estensimetri multibase radiali e da piano campagna

L'estensimetro multibase da foro è costituito da una o più aste di vetroresina alla cui estremità è posizionato il punto di misura costituito da una barra in acciaio a aderenza migliorata, ancorata in profondità all'interno di perforazioni e libera di scorrere all'interno di una guaina in nylon rilsan.

Le aste trasmettono rigidamente il movimento degli ancoraggi profondi rispetto alla testa. Tali spostamenti relativi sono misurabili utilizzando un semplice calibro oppure possono essere acquisiti utilizzando trasduttori elettrici di spostamento lineare remotizzabili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN0000001B00	Foglio 18 di 31

Questo strumento consente di rilevare lungo lo stesso asse spostamenti a profondità diverse rispetto alla bocca foro.

L'estensimetro multibase viene largamente impiegato per la misura del bulbo di deformazione in galleria, se eseguito radialmente, o per il calcolo dei cedimenti dovuti allo scavo della galleria se installati a piano campagna.

4.5.1. Estensimetri multibase da piano campagna

Installazione

Per l'opera in esame si prescrive l'installazione di n° 3 estensimetri multibase da piano campagna aventi le seguenti caratteristiche:

- N° basi = 3-5-6
- Lunghezza: Nel caso di installazione da interno cavo L=25 - 30m

Nel caso di installazione a basse coperture da piano campagna: la lunghezza deve raggiungere il piano dei centri della galleria.

Si riporta un particolare dell'estensimetro ed un particolare della testa.



Le caratteristiche tecniche risultano essere le seguenti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN0000001B00	Foglio 19 di 31

CARATTERISTICHE TECNICHE ASTA DI COLLEGAMENTO

- ✓ Materiale: vetroresina
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:
5,0 x 10⁻⁶/C°
- ✓ Diametro: 7 mm
- ✓ Guaina protettiva: rilsan
- ✓ Peso: 0,2 Kg/m

CARATTERISTICHE TECNICHE ANCORAGGIO PROFONDO

- ✓ Diametro ancoraggio: 16 mm
- ✓ Lunghezza: 400 mm
- ✓ Materiale: acciaio

Si prevede l'impiego di centraline di misura contenute in un involucro realizzato in robusto materiale con adeguato grado di protezione con l'obiettivo finale di:

- alimentare i sensori della sonda;
- amplificare i segnali rilevati
- registrare e visualizzare i valori di lettura.

Frequenze di lettura e restituzione finale dati

La frequenza delle letture rispetterà le seguenti cadenze:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino +-10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino +-30 m.
- n. 1 lettura alla settimana fino a stabilizzazione avvenuta.

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 20 di 31

- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- osservazioni e note eventuali.

I dati vengono graficati nel diagramma “cedimenti verticali - profondità” che permette di valutare l'andamento delle deformazioni dell'ammasso lungo la verticale dello strumento.

4.5.2. Estensimetri multibase radiali

Installazione

E' prevista l'installazione di n°16 sezioni strumentate radiali alla sezione di scavo con n°3 estensimetri posizionati rispettivamente sui due paramenti della galleria e in mezzeria di lunghezza pari a 15m e 3 basi poste a 3m, 9m e 15m.

Frequenza di lettura e restituzione finale dei dati

La frequenza delle letture rispetterà le seguenti cadenze:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino +-10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino +-30 m.
- n. 1 lettura alla settimana fino a stabilizzazione avvenuta.

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;
- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- osservazioni e note eventuali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 21 di 31

4.6. Cedimenti a piano campagna

Al fine di raccogliere informazioni sulle deformazioni determinatesi nel terreno a seguito delle perdite di volume connesse allo scavo delle gallerie in sotterraneo occorre misurare lo spostamento di punti ubicati a piano campagna, in corrispondenza dei quali vengono disposte mire topografiche.

Si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio dei cedimenti superficiali mediante n° 16 sezioni di controllo trasversale all'asse della galleria, tutte ubicate tra la pk 26+210.00 e la pk 27+657.93.

Le sezioni saranno costituite ognuna da 5 capisaldi di misura dei cedimenti mediante strumento topografico di precisione, disposti trasversalmente al tracciato della galleria, ad una distanza reciproca di 5.0-10.0 m in funzione degli spazi disponibili in superficie. La fascia monitorata dalla stazione risulta pertanto di ampiezza mediamente compresa tra i 20 m e 35 m.

Per l'ubicazione degli strumenti si veda l'elaborato relativo alle interferenze di superficie.

Per ogni caposaldo deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio, inoltre dovrà riportare le coordinate spaziali, correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M. e con quella utilizzata per la redazione della cartografia.

I dati vengono graficati nel diagramma "spostamenti verticali - tempo" che permette di valutare l'andamento delle deformazioni per la ricostruzione del bacino di subsidenza legato alle lavorazioni.

Dovranno essere eseguite n° 2 letture al giorno degli strumenti sino alla stabilizzazione delle misure.

In caso di rilevamenti anomali le misure potranno essere incrementate in accordo con le richieste del progettista.

4.7. Monitoraggio degli edifici

Al fine di raccogliere informazioni su eventuali deformazioni o assestamenti di edifici prossimi ai lavori di scavo occorre controllare:

- lo spostamento di punti solidali agli edifici, sia di tipo "verticale" (in questo caso appare particolarmente significativo il cedimento differenziale tra punti dello stesso edificio), che "rotazionale" dovute ad eventuali inclinazioni delle facciate degli edifici a seguito di un cedimento fondazionale;
- l'evoluzione di lesioni preesistenti ai lavori di scavo o di eventuali nuove lesioni, soprattutto in termini di ampiezza di lesione;
- lo stato generale di consistenza e di degrado correlabile alle lavorazioni delle opere in costruzione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p> <p>Foglio 22 di 31</p>

In aggiunta alla rete topografica di superficie, laddove si renda necessario (edifici sensibili con classe di danno >1), si predisporranno le seguenti stazioni di misura integrative:

- Stazioni CL, costituite da clinometri di parete, per la misura della rotazione degli edifici, con trasduttore di temperatura e sensore potenziometrico o servoinclinometrico;
- Stazioni F, costituite da fessurimetri per la verifica dell'ampiezza di fessure e della sua evoluzione temporale, mediante base in lega metallica e lettura con deformometro elettrico millesimale di tipo digitale, risoluzione +/- 0.001 mm;
- Stazioni LIV, costituite da catene livellometriche idrauliche, con acquisizione automatica dei dati, della temperatura e dispositivo di allarme, con risoluzione 0.01 mm.

4.7.1. Clinometri da parete

Lo strumento permette di valutare i movimenti della struttura (fabbricato, muro ecc..) su cui è posizionato, consentendo di individuare l'entità e la direzione degli eventuali spostamenti utilizzando un sensore potenziometrico biassiale per misurare le minime variazioni di pendenza delle strutture su cui viene posto in opera.

Ogni sensore è dotato di particolarità costruttive, caratteristiche tecniche e robustezza tali da poter essere applicato agevolmente nel campo civile e nelle situazioni più gravose ed avverse.

Lo strumento è costituito da un corpo in acciaio inossidabile contenente un sensore potenziometrico mono o biassiale di precisione e da una piastra di fissaggio a parete completa di supporto (eventualmente snodato) con relative bolle livellometriche per il posizionamento. Permette la registrazione della variazione angolare dell'asse di misura dei sensori rispetto la verticale gravitazionale.

Il dato da misurare è la variazione di angolo dello strumento e quindi della struttura a cui esso è collegato e le sue variazioni nel tempo. Il segnale elettrico letto sulla centralina, uno per ogni canale corrispondente ad un piano verticale, viene trasformato in unità ingegneristiche (in gradi) moltiplicandolo per una costante ricavabile direttamente dalla scheda tecnica di ogni strumento.

La lettura dei dati avviene o direttamente tramite apposita centralina manuale o rilevati a distanza in automatico. L'acquisizione continua dei dati permette, al superamento dei limiti di soglia preimpostati, di attivare segnali di allarme.

Le caratteristiche tecniche richieste sono elencate di seguito:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • tipo di misura • tipo di sensore • campi di misura • sensibilità • precisione | <ul style="list-style-type: none"> variazioni angolari su strutture esterne potenziometrico biassiale $\pm 10^\circ$ 0.05% f.s. < 0.5% f.s. |
|---|--|

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 23 di 31

- campo di temperatura 0°C +50°C

Installazione

Lo strumento inclinometrico montato su una apposita piastra viene fissato ad una parete del fabbricato. Uno o più strumenti, installati sullo stesso fabbricato, misurano quindi tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che lo stesso fabbricato potrebbe subire.

Le procedure da osservare sono le seguenti:

- eseguire con il trapano il numero di fori necessari per l'installazione della piastra sulla parete della struttura da tenere sotto osservazione;
- infilare i bulloni di ancoraggio nei fori predisposti e cementarli con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- infilare la piastra dello strumento di misura negli ancoraggi e stringere fino a fondo corsa le viti corrispondenti;
- installare lo strumento alla piastra e mettere in bolla; eseguirne la taratura mediante collegamento dei cavi elettrici ad una centralina di misura.

Restituzione dati

I dati acquisiti vengono graficati nel diagramma "variazione angolare - tempo" dove è possibile verificare nel tempo l'andamento delle eventuali variazioni di inclinazione.

4.7.2. Frequenza delle letture

La frequenza di lettura della strumentazione è funzione della posizione dello strumento rispetto alle lavorazioni in corso di svolgimento (in galleria ed in superficie) ed in particolare, nel caso di scavo in sotterraneo, rispetto al fronte di scavo.

Si sono definite, in relazione al fronte di scavo, le seguenti zone caratterizzate da comportamenti deformativi dell'ammasso al contorno del cavo omogenei:

- 1) Distanza dal fronte superiore a 30 m: zona non direttamente influenzata dagli scavi; in questa zona i movimenti monitorati sono legati a variazioni di tipo ambientali ("Background monitoring");
- 2) Distanza compresa tra 15 e 30 m, a monte del fronte di scavo: zona in cui si osservano i primi risentimenti deformativi connessi allo scavo;
- 3) Distanza compresa tra il fronte e 15 m a monte di esso: zona di influenza dei fenomeni estrusivi del nucleo di scavo e di pre-convergenza al fronte;

- 4) Distanza compresa tra -10.0 m circa ed il fronte: zona coperta dallo scudo della macchina;
- 5) Distanza compresa tra -10.0 m e -30.0 m: zona interessata dal montaggio degli anelli, dall'esecuzione dell'iniezione di intasamento a tergo dell'anello in conci prefabbricati e da possibili assestamenti dovuti a eventuali vuoti nel terreno al contorno del profilo di scavo o variazioni dello stato tensionale e delle pressioni neutre nel terreno;
- 6) Distanza superiore a -30 m dove è presumibile la stabilizzazione dei fenomeni deformativi (da verificarsi mediante la lettura della strumentazione).

In considerazione del tipo di strumentazione nella tabella seguente si riporta la frequenza di lettura, impiegando la seguente simbologia: /g = al giorno, /2g = ogni 2 giorni, /s = alla settimana, /m = al mese, /2m = ogni 2 mesi (con "d" posizione dello strumento rispetto al fronte di scavo).

Strumenti Zone	Monitoraggio superficiale	Monitoraggio degli edifici
0. Consolidamenti	2/g (*)	2/g (*)
1. $d > 30m$ (backgr.)	1/s	1/s
2. $15m < d < 30m$	1/g	1/g
3. $0 < d < 15m$	2/g (*)	2/g (*)
4. $-10m < d < 0$	1/g	1/g
5. $-30m < d < -10m$	1/2g	1/2g
6. $d < -30m$	1/s → 1/2m	1/s → 1/2m

(*) 4/g nel caso si evidenzino deformazioni superiori ai limiti di Capitolato

Per quanto concerne le misure dei piezometri la frequenza di lettura è la seguente:

Strumenti Zone	Tipo di lettura	Frequenza di lettura
0. Consolidamenti	Manuale	1/s
1. $d > 30m$ (backgr.)	Manuale	2/s
2. $15m < d < 30m$	Manuale	4/s
3. $0 < d < 15m$	Manuale	1/g (*)
4. $-10m < d < 0$	Manuale	2/s
5. $-30m < d < -10m$	Manuale	1/s
6. $d < -30m$	Manuale	1/m

(*) solo se prossimo alla galleria (distanza entro i 10-20 m)

Tutti gli strumenti dovranno inoltre avere una lettura di zero non appena installati. Per le catene livellometriche, che hanno la possibilità di essere lette in automatico, si prevede di impostare 1 lettura ogni 2 ore nelle zone 2, 3 e 4.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN0000001B00 Foglio 25 di 31

4.8. Stazioni di misura definitiva (nicchie tecnologiche U.A.D.)

In accordo con il PD, sono previste stazioni di misura a carattere definitivo al fine di valutare le caratteristiche d'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo nella fase di esercizio ferroviario. Le stazioni di misura possono essere di tre tipi (tipo α , β , γ), le strumentazioni di registrazione dati sono allocate in apposite nicchie (*nicchie tecnologiche U.A.D.*).

In particolare, nel caso in esame sono presenti 6 nicchie, tre per binario, alle seguenti pk (relative al binario pari):

- 23+385.00 tipo β
- 25+820.00 tipo β
- 27+425.00 tipo α

In accordo con quanto riportato nella Relazione tecnica di PD (*A30100DCVROGN000X014 – Linea III Valico – Stazioni di misura definitiva – Relazione tecnica*), alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti, le stazioni di interesse sono strumentate come segue:

Stazione tipo α

1. 5 coppie di barrette estensimetriche di tipi resistivo posizionate sulle ali delle centine metalliche;
2. 2 celle di carico posizionate sotto il piede delle centine;
3. 5 punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento di prima fase;
4. Realizzati da piano campagna, 2 estensoinclinometri tipo TRIVEC posti a circa 3 m di distanza dall'estradosso piedritto + 1 estensimetro multibase o incrementale posto in opera in asse galleria, fino a circa 1 m sopra l'estradosso galleria;
5. 2 celle piezometriche installate in un foro da sondaggio da p.c., poste rispettivamente all'altezza dell'arco rovescio e dall'altezza della calotta;
6. 5 coppie di barrette estensimetriche del tipo a corda vibrante che verranno annegate nel getto dell'arco rovescio, delle murette e della calotta, ovviamente in tempi leggermente diversi;
7. 4 mire per la misura della convergenza sul rivestimento definitivo;
8. 1 misuratore di portata.

Frequenza dei rilevamenti

La lettura di zero per gli strumenti di cui ai punti 1-5 va effettuata il prima possibile e comunque prima di prevedere l'avanzamento del fronte o il superamento della sezione strumentata, per gli strumenti di cui al punto 6-7 la lettura di zero invece viene eseguita all'atto del disarmo dei getti.

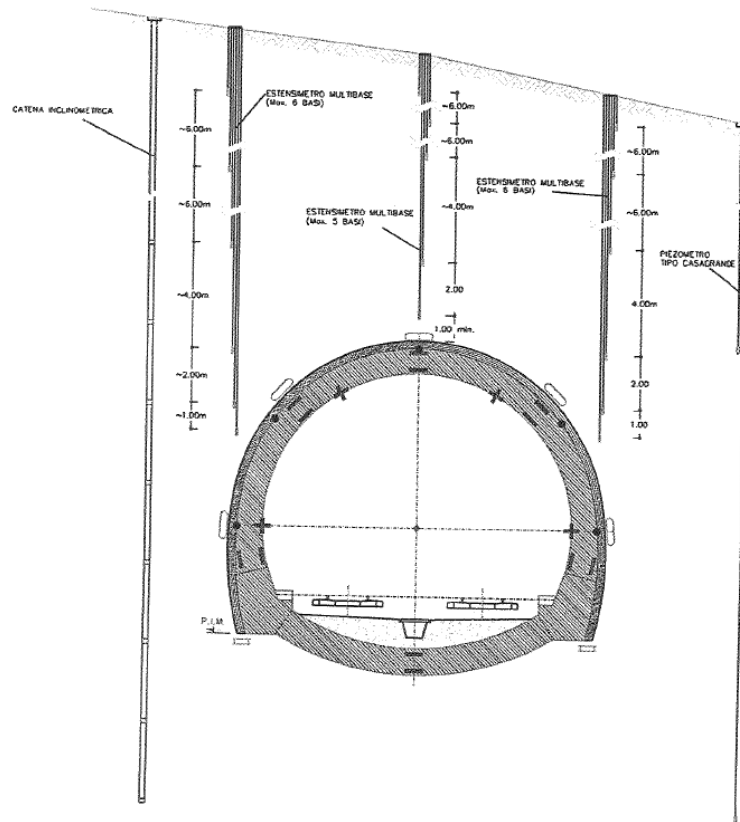
<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p>	<p>Foglio 26 di 31</p>

Successivamente per tutti gli strumenti di cui al punto 1, 2, 3, 6 e 7 l'intensità indicativa delle letture è la seguente:

- barrette estensimetriche sul rivestimento di prima fase e celle di carico sotto il piede delle centine:
 - 1 misura ogni tre giorni con il fronte distante fino a 30m;
 - 1 misura alla settimana con il fronte distante da 30 a 50 m, e fino al getto del rivestimento definitivo.
- Punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento di prima fase:
 - 1 misura al giorno fino ad una distanza dal fronte di 15 m, quindi 2 misure alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo.
- Punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento definitivo:
 - 1 misura alla settimana per il primo mese;
 - 1 misura al mese fino al termine dei lavori.
- Barrette estensimetriche annegate nel rivestimento definitivo:
 - 1 misura al fine al termine dei lavori.

Tali frequenze sono indicative e potranno essere adattate a quanto riscontrato il corso d'opera e durante l'acquisizione dei primi dati.

STAZIONE DI MISURA TIPO "α"

Stazione tipo β

1. 5 celle di pressione tra ammasso e rivestimento di prima fase;
2. 2 celle di carico posizionate sotto il piede delle centine;
3. 5 punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento di prima fase e 4 punti sul rivestimento definitivo;
4. 3 estensimetri multibase o estensimetri incrementali posti in opera radialmente in zona di calotta e ai reni della cavità, immediatamente dopo il passaggio del fronte sulla sezione prescelta. Ciascun estensimetro multibase deve avere almeno 4 basi di misura poste come indicato nelle figure citate;
5. 2 coppie di piezometri posti in direzione radiale
6. 9 celle di pressione o 9 barrette estensimetriche che verranno annegate nel getto dell'arco rovescio, delle murette e della calotta, ovviamente in tempi leggermente diversi
7. 1 misuratore di portata.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p>	<p>Foglio 28 di 31</p>

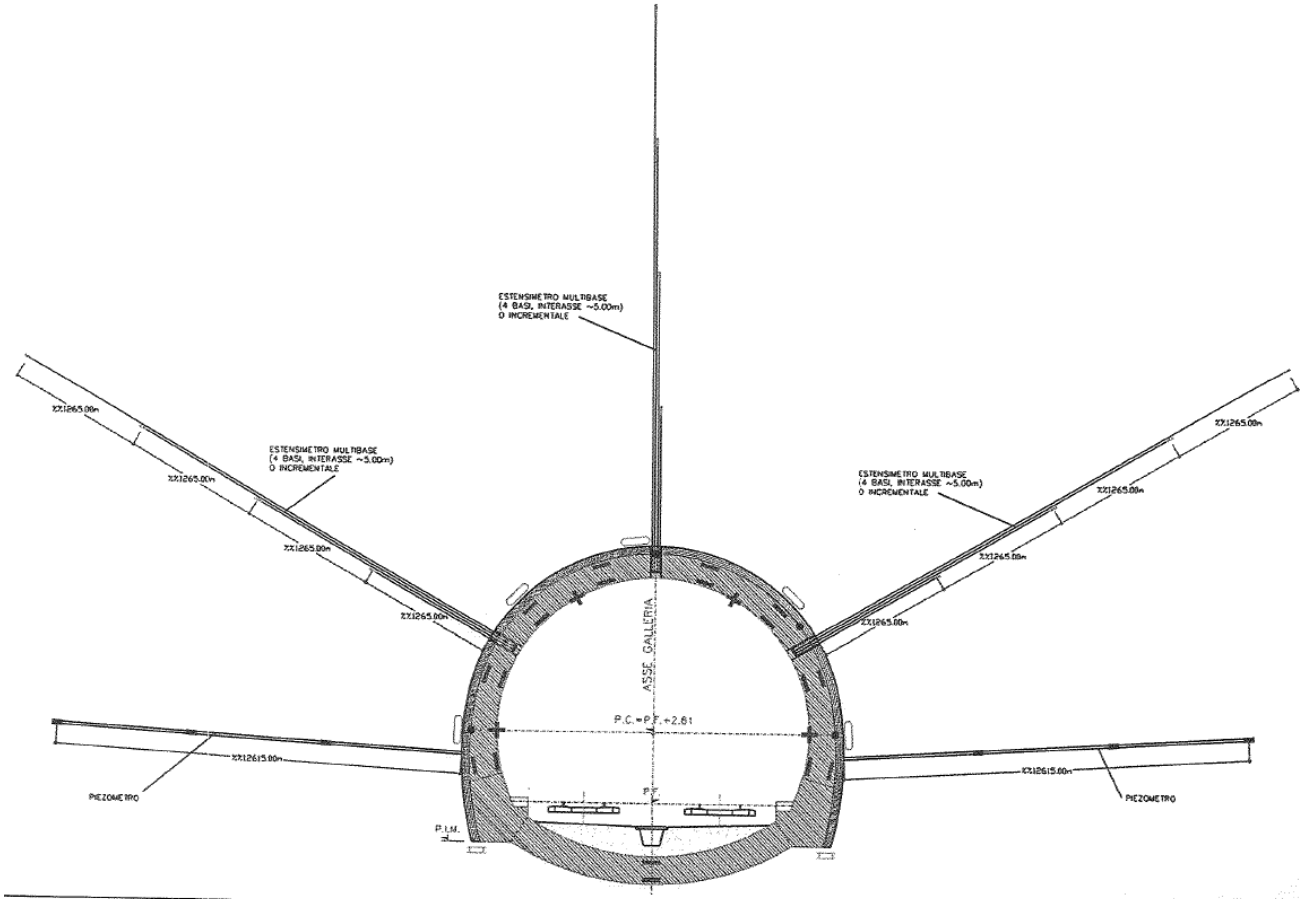
Frequenza dei rilevamenti

La lettura di zero per gli strumenti di cui ai punti 1-5 va effettuata il prima possibile e comunque prima di prevedere l'avanzamento del fronte o il superamento della sezione strumentata, per gli strumenti di cui al punto 6 la lettura di zero invece viene eseguita all'atto del disarmo dei getti.

Successivamente per tutti gli strumenti di cui al punto 1, 2, 3 e 6 l'intensità indicativa delle letture è la seguente:

- Celle di pressione tra ammasso e rivestimento di prima fase, celle di carico sotto il piede delle centine:
 - 1 misura ogni 3 giorni con il fronte distante fino a 30m;
 - 1 misura alla settimana con il fronte distante da 30 a 60 m;
- Punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento di prima fase:
 - 1 misura al giorno fino ad una distanza dal fronte scavato di 10 m
 - 3 misure alla settimana con in fronte fino a 40 m;
 - 1 misura alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo;
- Punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento definitivo:
 - 1 misura alla settimana per il primo mese
 - 1 misura al mese fino al termine dei lavori
- Celle di pressione o barrette estensimetriche annegate nel rivestimento definitivo:
 - 1 misura al mese fino al termine dei lavori.

STAZIONE DI MISURA TIPO "β"



5. SOGLIE DI ALLARME E DI ATTENZIONE

Nel seguito verranno indicate le soglie di attenzione e all'allarme per le strumentazioni installate.

5.1. Monitoraggio in galleria e superficiale

Anello strumentato

L'analisi dei dati ottenuti attraverso le strumentazioni precedentemente descritte installate negli anelli strumentati consentiranno in ultimo di ricostruire lo stato tensionale all'interno dei conci ed il comportamento dei giunti.

Fenomeno monitorato	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Stato tensionale conci	11 Mpa	15 Mpa
Apertura massima giunti	5mm	8mm

Il monitoraggio effettuato in continuo permetterà inoltre di cogliere l'evoluzione nel tempo dei fenomeni tenso-deformativi all'interno dell'anello e di rilevare eventuali importanti variazioni incrementali.

Monitoraggio di superficie

Il monitoraggio superficiale è stato predisposto nel tratto di scavo in cui sono presenti interferenze (vedi §3.1) ovvero nella parte iniziale che va dalla pk 26+210.00 alla pk 27+657.93. Verranno rilevati gli effettivi volumi persi e tarare in ultimo i parametri macchina (pressione/velocità di scavo/condizionamento,ecc) al fine di raggiungere un volume perso inferiore alla soglia di attenzione sotto riportata.

Fenomeno monitorato	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Volume perso	1.0%	2.0%

Le analisi effettuate hanno mostrato che i cedimenti massimi misurati dai caposaldi in superficie in corrispondenza dell'asse galleria saranno dell'ordine rispettivamente di 2 cm e 4 cm per volumi persi dell' 1.0% e del 2.0%.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5102ECVROGN0000001B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 31 di 31</p>

6. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato descritto il programma di monitoraggio previsto per lo scavo meccanizzato della galleria di Valico, in particolare per le seguenti WBS:

- Binario pari: GN14W, GN14V, GN14U, GN14T;
- Binario dispari: GN15V, GN15U, GN15T, GN15W

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in tre fasi finalizzate al monitoraggio del fronte di scavo, dei priverestimenti e dei rivestimenti definitivi. Al fine di ottenere una corretta procedura di monitoraggio si è descritta la strumentazione da adottare e si sono definiti per ciascuna fase i criteri di rilevamento, acquisizione e restituzione dei dati ottenuti.