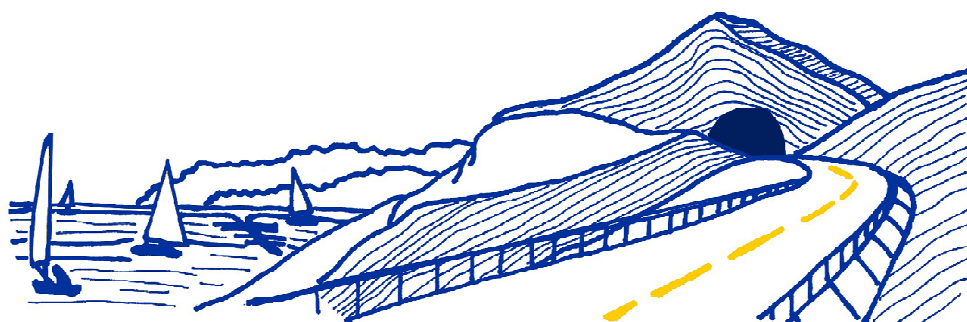


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA  
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

**PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GE265**



VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MAGGIORI**

GALLERIE NATURALI  
GALLERIA NATURALE LE FORNACI I

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEL SISTENA DI MONITORAGGIO

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG. N. PROG.

0000\_P00GN04GETRE02\_B

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GN04GETRE02

B

VARIE

B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	Ottobre 2021	G. Naretto	M. Barale	A. Rodino
A	EMISSIONE	Marzo 2021	G. Naretto	M. Barale	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



<b>INDICE</b>	<b>Pag.</b>
1. INTRODUZIONE .....	1
2. GALLERIA FERROVIARIA “VORTICOSA” .....	2
3. RILEVATO DELLA LINEA FERROVIARIA GENOVA-PISA .....	11
4. MONITORAGGIO INTERNO ALLA GALLERIA FORNACI I .....	15
5. GALLERIA ARTIFICIALE SUD .....	23
6. LIVELLI DI SOGLIA TENSO-DEFORMATIVI .....	25



## 1. Introduzione

La presente Relazione viene redatta nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo di Completamento dello "Stralcio C" dei "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° Lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale".

Ne seguito, viene analizzata la problematica relativa ai lavori di completamento della galleria naturale Fornaci I, che nel tratto che rimane da realizzare presenta alcune significative criticità relative all'interferenza con infrastrutture ferroviarie.

Si tratterà in particolare del sistema di monitoraggio relativo al sottoattraversamento della esistente galleria ferroviaria "Vorticosa" della linea commerciale di connessione con il bacino portuale.

Quanto redatto costituisce il Progetto di dettaglio, da sottoporre all'esame tecnico di RFI S.p.A., il cui parere tecnico è vincolante ai fini della stipula dell'apposita Convenzione che regoli, tra ANAS S.p.A. e RFI S.p.A., i rapporti tecnico-amministrativi in fase di realizzazione della galleria.

Si evidenzia che rispetto a quanto era previsto nella precedente fase progettuale (Infra engineering e Rocksoil S.p.A., 2017) i sistemi di monitoraggio sono stati integrati con nuove strumentazioni, facendo ricorso il più possibile all'acquisizione di dati automatica in continuo, con possibilità di acquisizione delle letture in remoto in tempo reale.

## 2. Galleria ferroviaria “Vorticosa”

Per il monitoraggio nel tempo dell’evoluzione tensionale della struttura nel corso ed in seguito alle operazioni di sottoattraversamento, si prevede la messa in opera di sezioni tipo che, come verrà specificato nel seguito, verranno abbinate tra loro:

- Sezioni T1: composta da n. 4 microprismi;
- Sezioni T2: composta da n. 6 coppie di barrette estensimetriche (tipo Vibrating Wire Strain Gauges), sia disposte trasversalmente che longitudinalmente alla struttura (tre nell’arco rovescio e tre in calotta);
- Sezioni T3: composta da n. 6 martinetti piatti, per la misura delle variazioni tensioni circonferenziali nel rivestimento (tre nell’arco rovescio e tre in calotta);
- Sezioni T4: composta da n. 3 coppie di barrette estensimetriche (tipo Vibrating Wire Strain Gauges), sia disposte trasversalmente che longitudinalmente alla struttura nell’arco rovescio e n. 5 in calotta poste sulle centinature di rinforzo;
- Sezioni T5: composta da coppie di microprismi per monitoraggio nel binario.

Si prevedono per n. 10 sezioni di monitoraggio (vedasi planimetria riportata nel seguito) le seguenti composizioni delle sezioni di monitoraggio.

Sezioni tipo monitoraggio (*)	SEZIONI DI MONITORAGGIO									
	SM 01	SM 02	SM 03	SM 04	SM 05	SM 06	SM 07	SM 08	SM 09	SM 10
T1				X	X	X		X		X
T2				X	X	X				
T3			X		X		X			
T4			X		X		X			
T5	X	X	X		X		X		X	X

Figura 1 – Composizioni delle sezioni tipo di monitoraggio

Il monitoraggio topografico verrà eseguito in continuo mediante l'utilizzo di stazione totale robotizzata.

In merito al monitoraggio vibrazionale, si ritiene che la metodologia di scavo "in tradizionale" della galleria "Fornaci I" generi un impatto vibrazionale estremamente ridotto e che quindi lo stesso non possa influire sostanzialmente sulle strutture della soprastante galleria "Vorticosa". Nella successiva fase di esercizio i transiti dei veicoli certamente avranno poi un impatto vibrazionale di gran lunga inferiore a quello derivante dai transiti dei convogli ferroviari.

È da evidenziare che l'acquisizione in continuo dei dati del monitoraggio genererà già di per sé un'elevata efficienza del sistema.

Come già previsto dalla precedente fase progettuale, si è stati molto conservativi nella definizione delle soglie di monitoraggio, in particolare per quanto riguarda i valori tensionali nei rivestimenti della galleria Vorticosa. Le soglie di attenzione e di allarme delle sollecitazioni a trazione nel calcestruzzo sono state poste pari rispettivamente alla metà (0.5 MPa) ed allo stesso valore (1 MPa) di quelle risultanti dalle modellazioni di calcolo.

Per tali motivi al superamento della soglia di attenzione dovranno essere intensificate le analisi dei dati di monitoraggio, mentre al superamento della soglia di allarme saranno previsti approfondimenti sul comportamento tensio-deformativo della struttura attraverso l'analisi comparata di tutti i dati disponibili.

Potrà eventualmente essere valutata l'esigenza di l'esecuzione di indagini sulle strutture del rivestimento quali, ad esempio, prove door-stopper atte a ricostruire lo stato tensionale presente non solo in intradosso ma anche in estradosso della struttura.

Una serie di prove door-stopper verrà inoltre in ogni caso eseguita al termine delle operazioni di sottoattraversamento per determinare lo stato tensionale complessivo della galleria Vorticosa al termine dei lavori.

Tutte le strumentazioni automatizzabili saranno collegate ad un'unica centrale di acquisizione trasmissione dei dati.

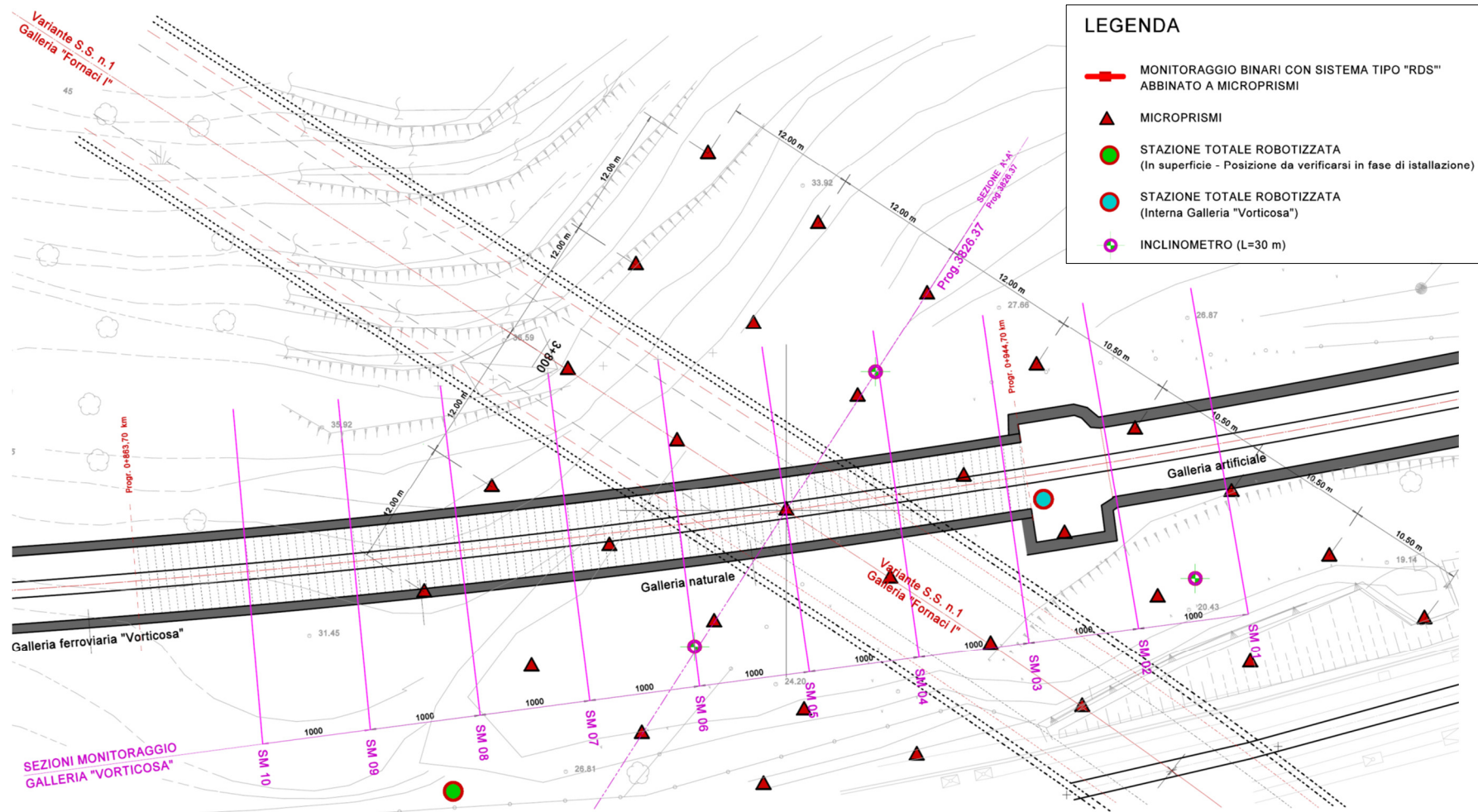


Figura 2 – Sistemi di monitoraggio – Stralcio planimetrico





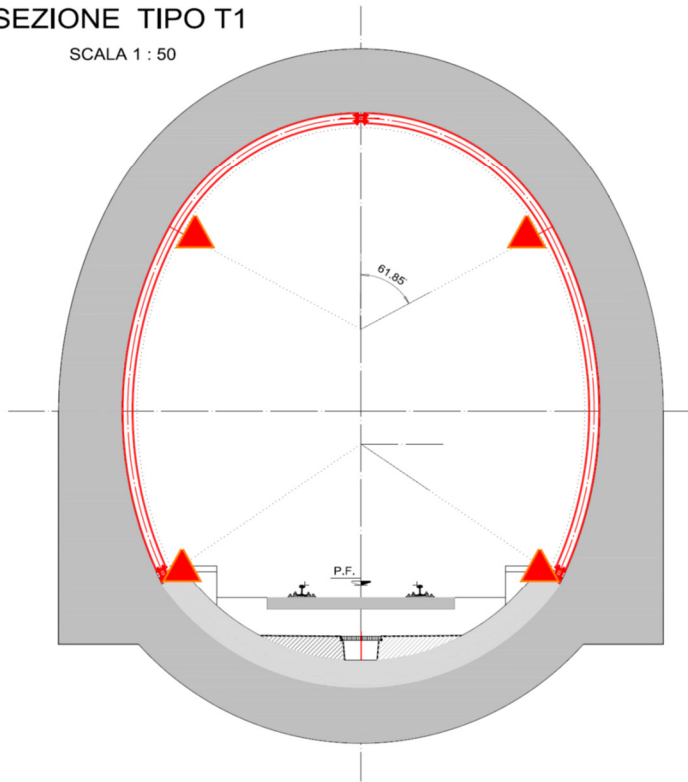
**Figura 3 –Stazione di monitoraggio con teodolite robotizzato**



**Figura 4 –Stazione di monitoraggio con teodolite robotizzato in galleria**

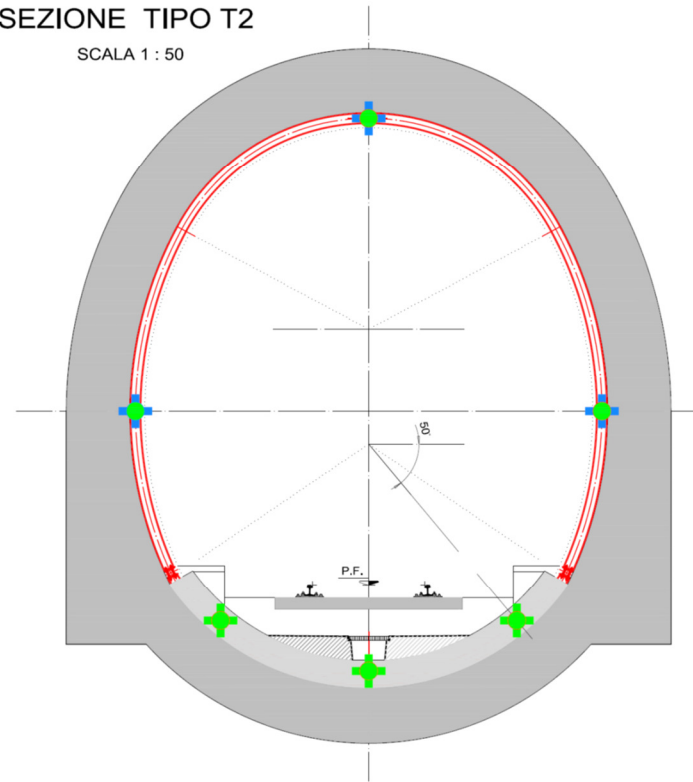
**SEZIONE TIPO T1**

SCALA 1 : 50



**SEZIONE TIPO T2**

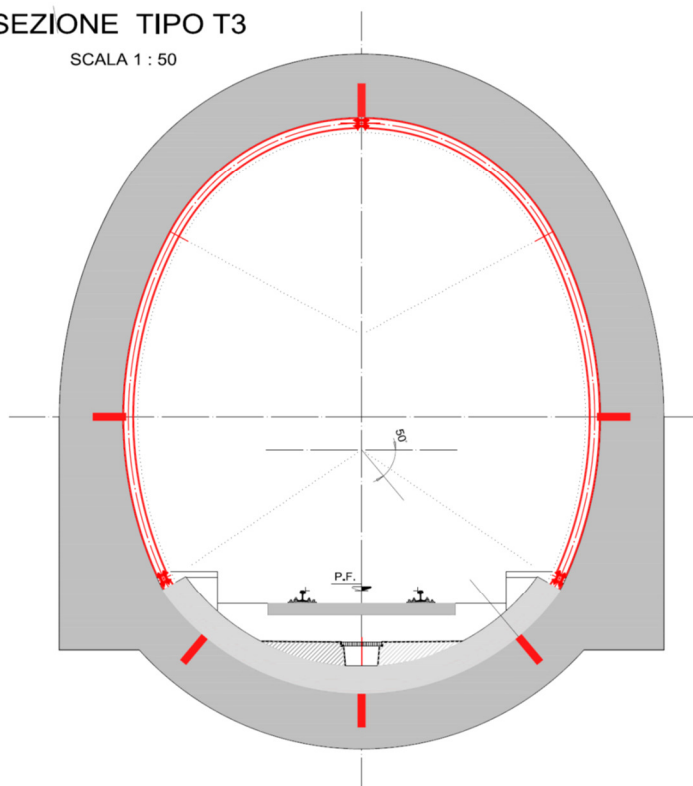
SCALA 1 : 50



**Figura 5 –Galleria “Vorticosa” - Sezioni tipo di monitoraggio (1 di 3)**

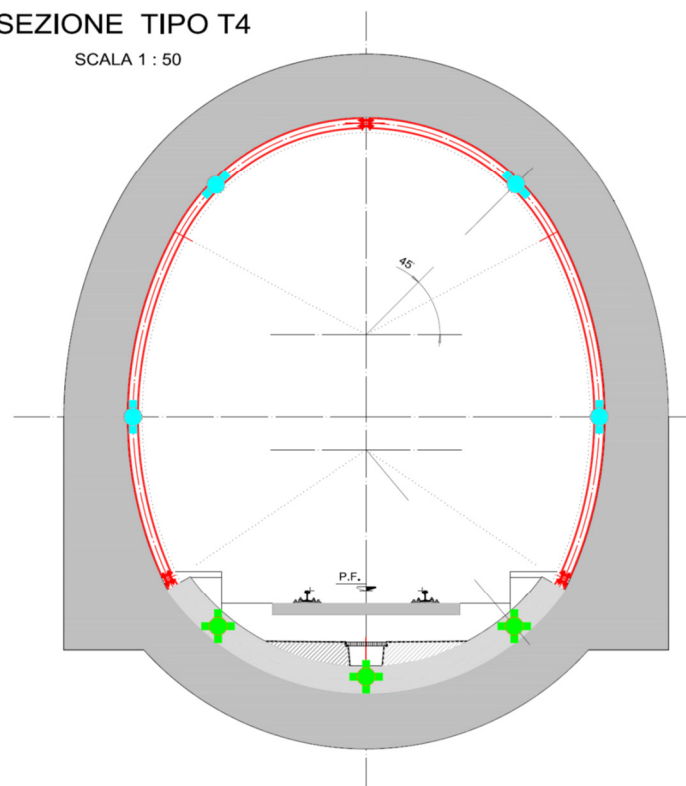
**SEZIONE TIPO T3**

SCALA 1 : 50

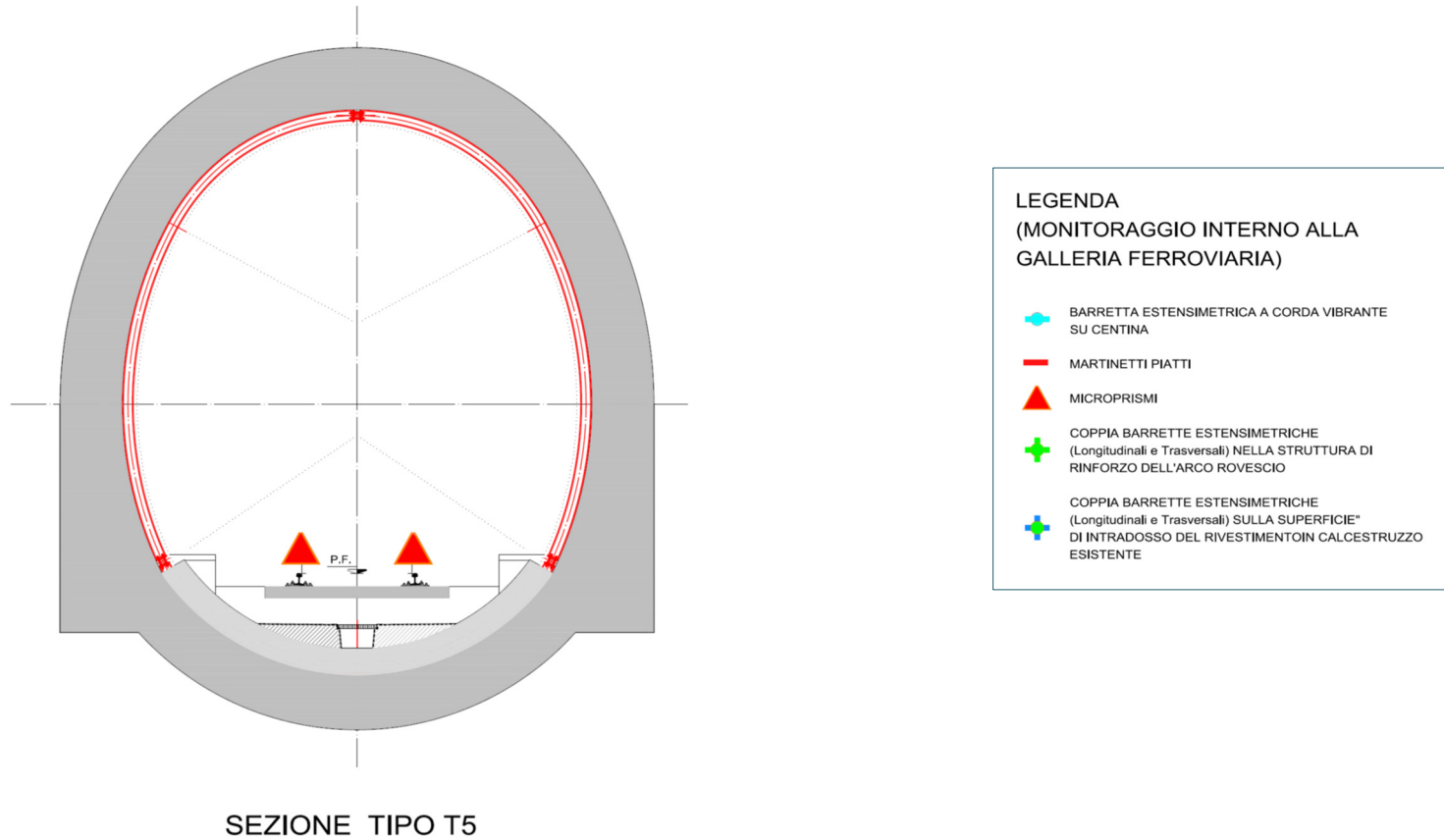


**SEZIONE TIPO T4**

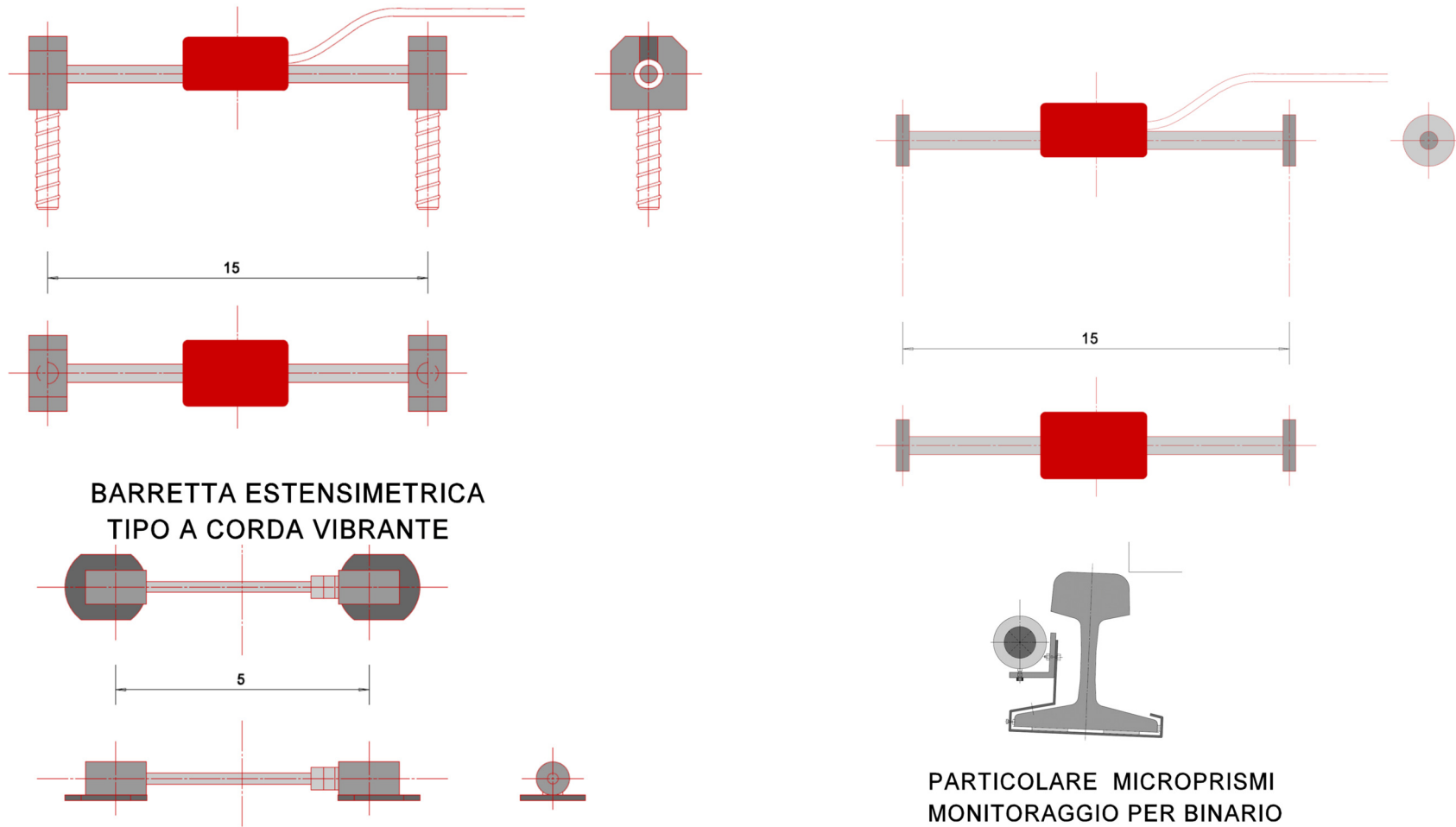
SCALA 1 : 50



**Figura 6 –Galleria “Vorticoso” - Sezioni tipo di monitoraggio (2 di 3)**



**Figura 7 –Galleria “Vorticosa” - Sezioni tipo di monitoraggio (3 di 3)**



**Figura 8 –Galleria “Vorticoso” – Particolari della strumentazione**

### 3. Rilevato della Linea ferroviaria Genova-Pisa

Anche per il monitoraggio nel tempo dei cedimenti superficiali indotti dallo scavo della galleria “Formaci I” nel tratto di interferenza con il rilevato ferroviario, si è cercato di ricorrere il più possibile a strumentazioni a lettura automatica in continuo.

Si prevede la messa in opera di:

- il monitoraggio topografico di superficie è previsto con teodolite robotizzato in continuo con trasmissione dei dati in remoto in tempo reale;
- monitoraggio automatizzato dei binari mediante Elettrolivelle tipo RDS (Railway Deformation System) abbinato con prismi di misura dei cedimenti;
- inclinometri spinti alla profondità superiore a 10 m della quota inferiore all’arco rovescio della galleria “Fornaci I”, a lettura manuale.

Per quanto riguarda le cadenze delle letture del monitoraggio topografico e quello con Elettrolivelle tipo RDS si eseguirà in continuo con una lettura all’ora, riducibile anche da remoto, quando lo si ritiene.

Per quanto riguarda gli inclinometri la frequenza di lettura potrà giornaliera nelle fasi considerate più critiche ed estesa fino a settimanale in quelle meno critiche.

Per la misura della variazione del regime idraulico verranno eseguite misure ripetute nei n. 3 piezometri esistenti nelle vicinanze (PZ3, S2 e S3). In particolare, il piezometro S3 che interferisce con la sagoma di scavo della galleria Le Fornaci I potrà essere ripristinato dopo la realizzazione della stessa.

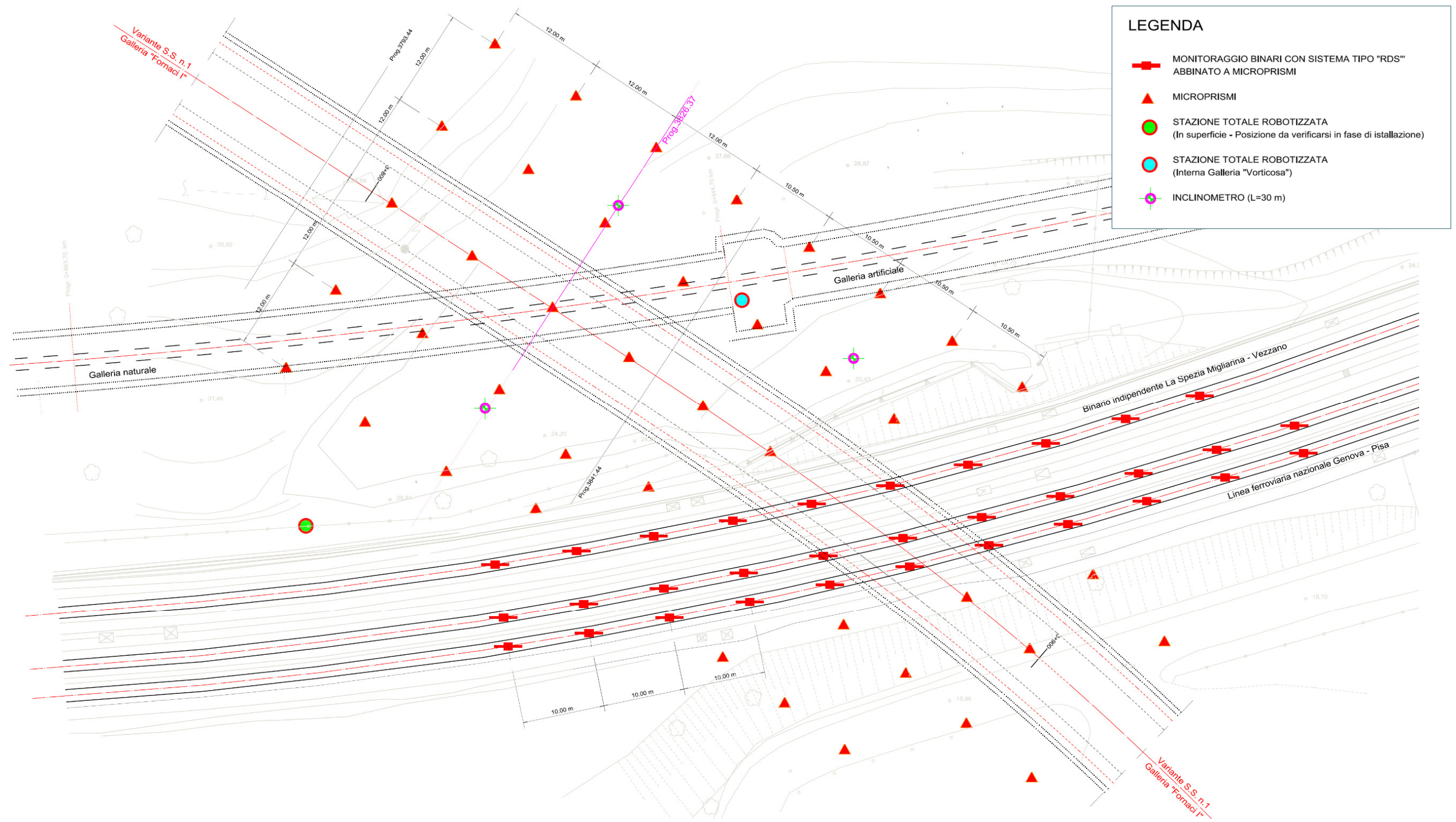
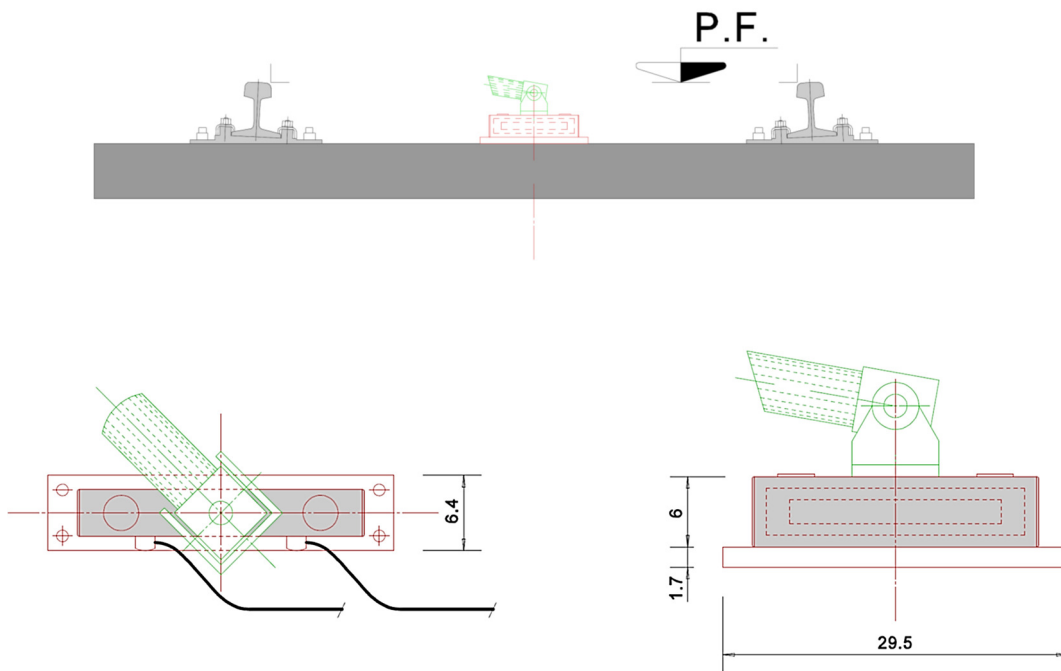
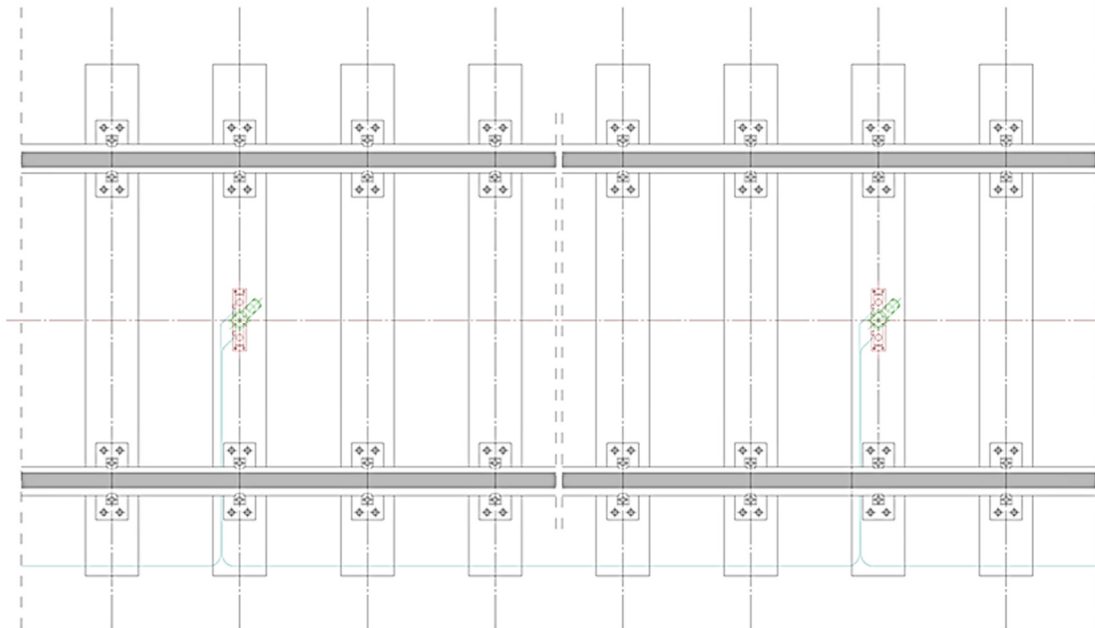


Figura 9 – Sistemi di monitoraggio – Stralcio planimetrico





**Figura 10 – Sistemi di monitoraggio – Particolare sistema tipo “RDS” abbinato a microprismi**



**Figura 11 –Stazione di monitoraggio con teodolite robotizzato**

## 4. Monitoraggio interno alla galleria Fornaci I

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivanti dai rilievi e dalle misure in corso d'opera durante lo scavo della galleria e durante il successivo esercizio ha lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e la risposta tenso-deformativa dell'ammasso all'azione di avanzamento e il comportamento delle strutture di rivestimento di prima fase e definitive, permettendo così di adeguare tempestivamente la tipologia e l'intensità degli interventi previsti, nonché la successione delle lavorazioni;
- assicurare che l'opera espliciti le sue funzioni, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste.

In generale le grandezze da monitorare sono le seguenti:

- condizione geomeccanica del fronte di scavo;
- convergenza dell'intradosso della galleria;
- deformazione e stato di sforzo del rivestimento di prima fase;
- deformazione dell'ammasso nell'intorno della galleria;
- tensioni di interazione tra ammasso e rivestimento;
- sovrappressioni idrauliche a tergo del rivestimento;
- stato tensionale del rivestimento definitivo;
- cedimenti del piano campagna;
- controllo delle strutture preesistenti.

Di seguito si riportano sinteticamente le caratteristiche principali di ogni sistema di controllo e misura.

La strumentazione prevista per il monitoraggio dello scavo della Galleria Fornaci I è la seguente:

### ***Rivestimento di prima fase.***

- N. 5 caposaldi per misure di convergenza.
- N. 5 celle di pressione.
- N. 5, coppie di barrette estensimetriche.
- N. 1 estensimetro multibase.

### ***Rivestimento definitivo***

N. 6 coppie di barrette.

Le stazioni di misura della convergenza con microprismi andranno posizionate alla fine di ogni campo di avanzamento.

Le sezioni strumentate di controllo sono da posizionare alle Progressive 3+815.94 - 3+826.37 - 3+845,94 - 3+877.44.

Le sezioni strumentate del rivestimento definitivo sono da posizionare alle Progressive 3+826.37 - 3+877.44.

Nel seguito si riportano le frequenze di misura e le soglie per il monitoraggio interno alla galleria in costruzione.

FREQUENZA MISURE		
MONITORAGGIO IN GALLERIA - FORNACI I		
STRUMENTAZIONE	DISTANZA DAL FRONTE	FREQUENZA DELLE MISURE
Estrusimetro	-	- una a inizio campo - una a metà campo - una a fine campo
Mire ottiche per la misura della convergenza	$d < +27m$	Ogni 3 sfondi e comunque una volta al giorno
	$+27m < d < +50m$	Una volta alla settimana fino a stabilizzazione misure
	Nel caso di superamento delle soglie	Le frequenze dovranno avvenire secondo le indicazioni della Direzione Lavori
Barrette estensimetriche nei rivestimenti di prima fase	$d < +27m$	Misure in automatico 4 volte al giorno con scarico dati giornaliero
	$+30m < d < +60m$	Misure in automatico 4 volte al giorno con scarico dati 1 volta a settimana
Rilievo del fronte	-	Ogni campo di consolidamento e comunque ad ogni cambio di geologia

### ***Rilievi geomeccanici al fronte***

I rilievi geologico-strutturali saranno eseguiti sistematicamente al fronte di scavo della galleria al fine di riconoscere le condizioni litostratigrafiche del fronte, riconoscere le famiglie di discontinuità nel caso di ammasso roccioso ed i principali lineamenti tettonici, a conferma ed integrazione delle indicazioni degli studi geologici, e valutare gli indici di classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Sulla base del rilievo, considerate le condizioni di copertura ed i risultati del monitoraggio di campi precedenti scavati in condizioni geomeccaniche simili, sarà scelta la sezione tipologica di scavo per il tratto in avanzamento.



### ***Deformazione dell'ammasso***

Per la misura della distribuzione delle deformazioni nell'ammasso circostante la galleria saranno installati, in direzione radiale, estensimetri multibase.

Si tratta di strumenti costituiti da una testa di riferimento posta sul profilo della galleria e da almeno tre basi di riferimento costituite da aste in vetroresina installate in un perforo radiale ed ancorate in profondità all'ammasso roccioso (L=4, 8 e 12 m, rispettivamente per la prima, la seconda e la terza base), mediante cementazione: la misura consiste nel rilievo dello spostamento relativo tra la testa di riferimento e gli estremi delle aste di misura.

Il rilievo dello spostamento sarà effettuato mediante l'installazione sulla testa di riferimento di trasduttori di spostamento a corda vibrante.

La frequenza di lettura può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

- - Prima del getto dell'arco rovescio: 2 letture / giorno;
- - Dopo il getto dell'arco rovescio: 1 lettura / giorno;
- - Dopo il getto del rivestimento definitivo: 1 lettura / settimana fino a stabilizzazione.

Sono previste misure estrusometriche del fronte, con estensimetro incrementale, in continuità lungo l'avanzamento (si ipotizza una lunghezza iniziale dell'estensimetro pari a 30 m, messo in opera ogni due campi di avanzamento). L'estrusometro è costituito da tubi in PVC muniti di ancoraggi anulari posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro, resi solidali al foro mediante l'iniezione di miscele cementizie leggermente espansive. Una volta maturata la miscela di iniezione, si effettuerà la lettura di zero di riferimento e successivamente una lettura ad ogni campo di avanzamento. Le letture termineranno per lunghezze del tubo residue inferiori a 5 m.

L'obiettivo è quello di acquisire conoscenze in avanzamento, per poter intervenire in caso di deviazione del comportamento del cavo da quanto atteso, adottando opportune correzioni delle tecnologie di consolidamento e dei metodi e tempi di avanzamento.

### ***Tensioni tra ammasso e rivestimento***

La misura della tensione al contatto tra ammasso e rivestimento viene effettuata mediante celle di pressione: l'installazione di tali dispositivi all'estradosso del rivestimento di prima fase richiede particolare cura nella verifica del contatto con il terreno adiacente.

La frequenza di lettura può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

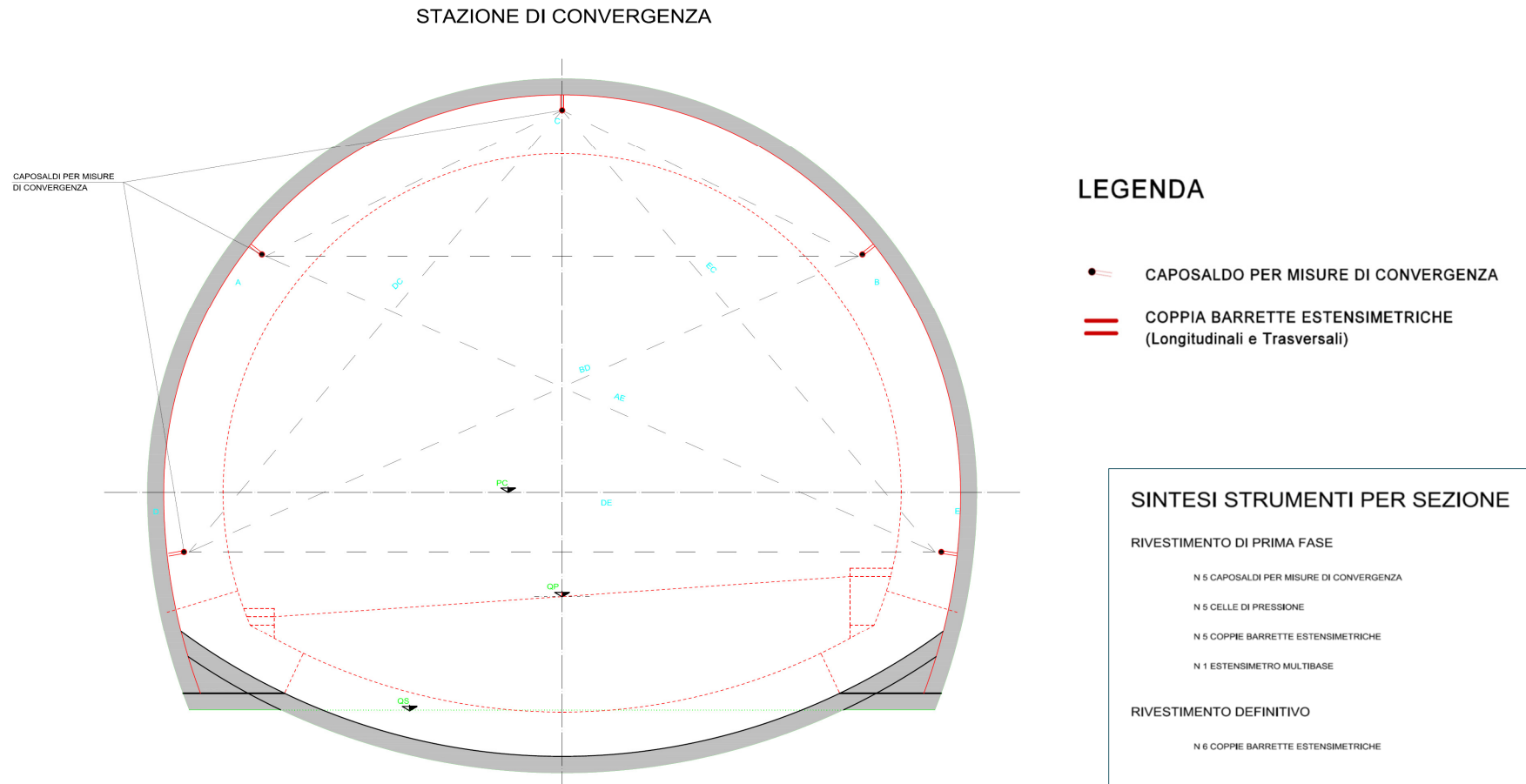
- Prima del getto dell'arco rovescio: 2 letture / giorno;
- Dopo il getto dell'arco rovescio: 1 lettura / giorno.

### ***Stato di sollecitazione dei rivestimenti definitivi***

Ai fini del controllo dello stato tensionale delle strutture definitive di rivestimento nel medio-lungo termine, ed in corrispondenza di condizioni geomeccaniche per le quali è possibile ipotizzare un comportamento viscoso con sviluppo di deformazioni a tensione costante, si prevede l'installazione di una sezione di misura costituita da 6 coppie di barrette estensimetriche da calcestruzzo per la misura delle deformazioni (e delle tensioni) all'intradosso ed all'estradosso in quattro punti dell'anello di rivestimento (in calotta, in arco rovescio e sui piedritti). La frequenza di lettura viene fissata ad 1 lettura/settimana per i primi 60 giorni dal getto del rivestimento ed 1 lettura/mese fino a completa stabilizzazione delle misure.

### ***Strutture di sostegno all'imbocco nord***

- 1 sezione di mire ottiche (sulla paratia frontale dell'imbocco Nord).
- 4 sezioni di mire ottiche sulle paratie laterali dell'imbocco Nord.
- Celle di carico per la misura del tiro dei tiranti (CT) posizionate entro le strutture di testa in numero pari al 10% dei tiranti di ciascuna tipologia di tirante previsto per ogni paratia, con un minimo di 1 cella per tipologia e per paratia.



**Figura 13 –Galleria “Fornaci I” - Sezioni tipo di monitoraggio di controllo delle convergenze)**



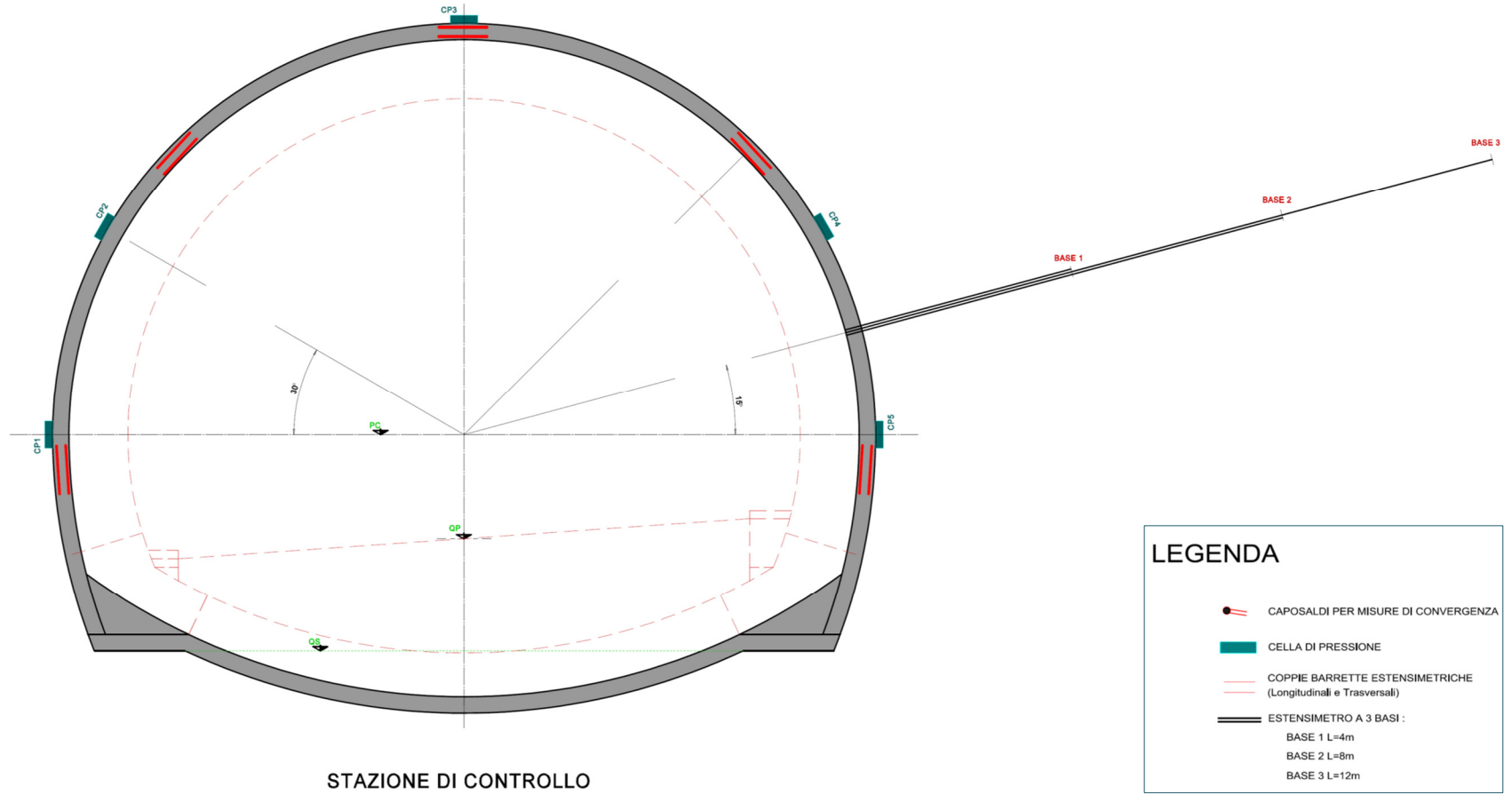


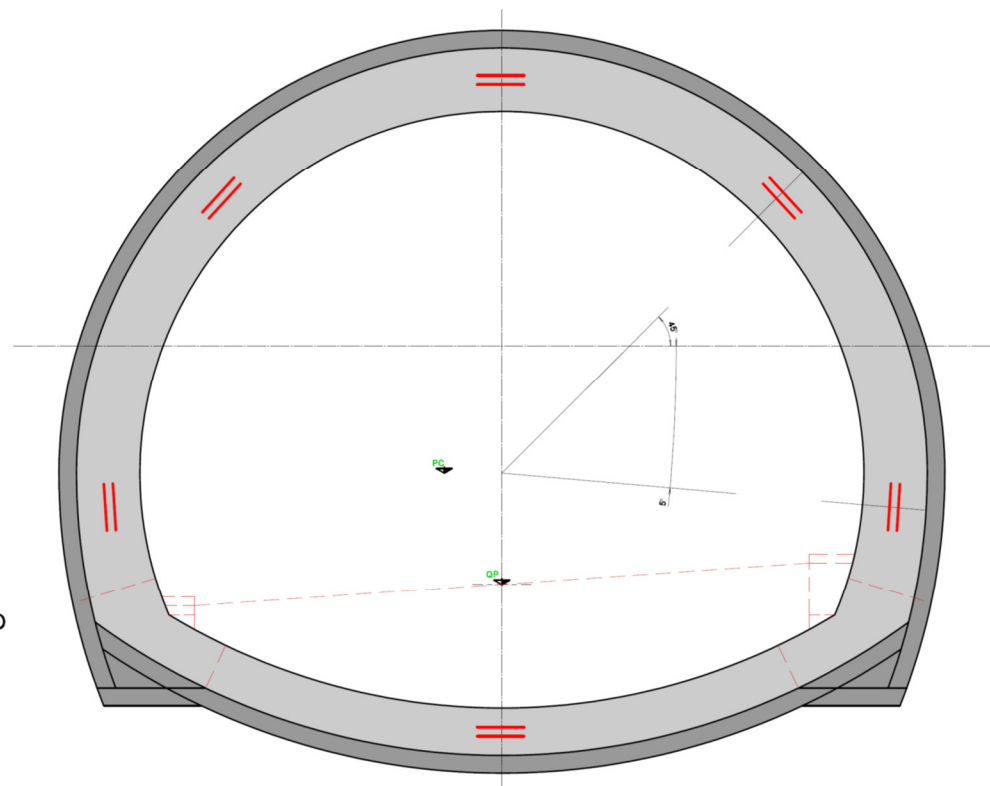


Figura 14 –Galleria “Fornaci I” - Sezioni tipo di monitoraggio in fase di scavo – Estensimetri multibase -

**LEGENDA**

-  CAPOSALDO PER MISURE DI CONVERGENZA
-  COPPIA BARRETTE ESTENSIMETRICHE  
(Longitudinali e Trasversali)

STRUMENTAZIONE RIVESTIMENTO DEFINITIVO  
 SEZIONI TIPO DI MONITORAGGIO



**Figura 15 –Galleria “Fornaci I” - Sezioni tipo di monitoraggio rivestimento definitivo**

## 5. Galleria artificiale Sud

Anche per il tratto successivo della galleria, realizzato con una soluzione in galleria artificiale, per il monitoraggio nel tempo dei cedimenti superficiali indotti dalla realizzazione della galleria, si è cercato di ricorrere il più possibile a strumentazioni a lettura automatica in continuo.

Si prevede la messa in opera di:

- il monitoraggio topografico di superficie con misure con teodolite robotizzato, in continuo con trasmissione dei dati in remoto in tempo reale;
- inclinometri spinti alla profondità superiore a 10 m della massima profondità di scavo della galleria “Fornaci I”, a lettura manuale.
- Celle di carico per la misura del tiro dei tiranti posizionate entro le strutture di testa in numero pari al 10% dei tiranti di ciascuna tipologia di tirante previsto per ogni paratia, e celle di carico sui puntoni provvisori di contrasto delle paratie (1 ogni 5).

Per quanto riguarda le cadenze delle letture del monitoraggio topografico si eseguirà in continuo con una lettura all’ora, riducibile anche da remoto quanto lo si ritiene.

Per quanto riguarda gli inclinometri la frequenza di lettura potrà essere giornaliera nelle fasi considerate più critiche ed estesa fino a settimanale in quelle meno critiche.

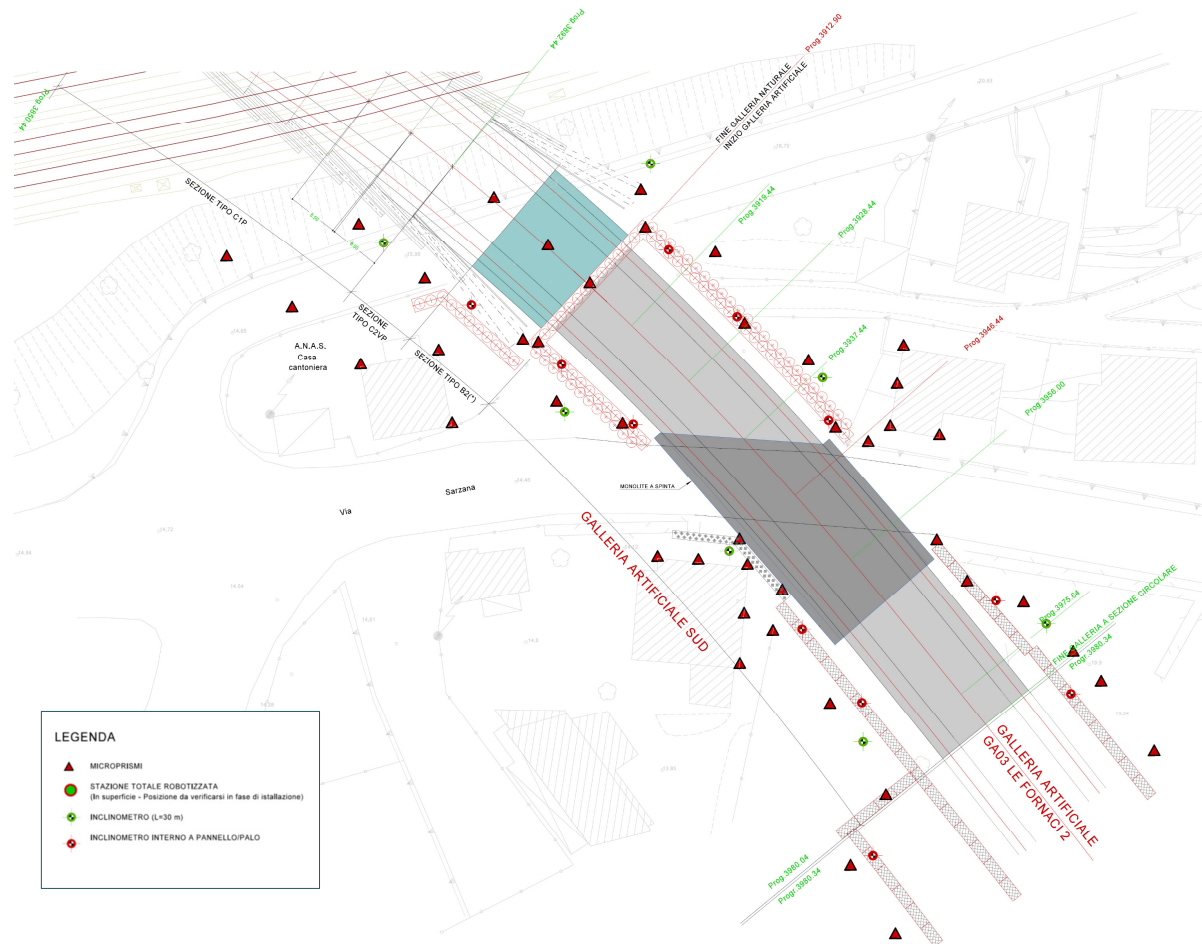


Figura 16 –Galleria “Fornaci I” – Sistema di monitoraggio della Galleria artificiale Sud

## 6. Livelli di soglia tenso-deformativi

### *Sottopasso galleria ferroviaria Vorticosa*

In funzione di quanto ottenuto nell'analisi numerica tridimensionale e delle evidenze indicate dalle analisi condotte sulla preesistenza, è necessario predisporre opportune soglie di attenzione e allarme per ognuna delle grandezze monitorate durante gli scavi.

LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO DEFORMATIVO			
Tipo di monitoraggio	Grandezza di riferimento	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
In superficie	Cedimento	4 mm	7 mm
In galleria (Fornaci I)	Estrusione	5 mm	15mm
	Convergenza diametrale	10 mm	20 mm
in galleria (Vorticosa)	Spostamento planimetrico singola mira	3 mm	5 mm
	Spostamento altimetrico singola mira	4 mm	7 mm

LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO TENSIONALE GALLERIA ESISTENTE			
Tipo di monitoraggio	Grandezza di riferimento	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
In galleria (Vorticosa)	Incremento tensionale (compressione)	1.0 Mpa	2 Mpa
	Incremento tensionale (trazione)	0.5 MPa	1 MPa

Il superamento della soglia di attenzione comporterà l'incremento delle frequenze di monitoraggio, mentre al superamento delle soglie di allerta si provvederà alla rivalutazione dei fenomeni deformativi occorsi e alla definizione di possibili interventi mitigatori.

Le soglie di monitoraggio della linea esistente, di seguito indicate, dovranno essere concordate con RFI, considerando anche lo stato attuale dei binari.

LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO DEFORMATIVO (misure rilevate su base 9m)			
Tipo di monitoraggio	Grandezza di riferimento	I avviso	II avviso
Sui binari	Allineamento	3 mm	4 mm
	Livello longitudinale	10 mm	15 mm
	Sghembo	3.5‰	4.5‰

**I avviso** - determina la necessità di un intervento.

**II avviso** – determina la necessità di provvedimenti alla circolazione dei treni.

### *Sottopasso rilevato ferroviario*

In funzione di quanto ottenuto nell'analisi numerica e delle evidenze indicate dalle analisi condotte sulla preesistenza, è necessario predisporre opportune soglie di attenzione e allarme per ognuna delle grandezze monitorate durante gli scavi.

LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO DEFORMATIVO			
Tipo di monitoraggio	Grandezza di riferimento	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
in galleria (Fornaci I)	Estrusione	10 mm	15mm
	Convergenza diametrale	10 mm	15mm
in superficie	Cedimento	10 mm	15 mm

In galleria il superamento della soglia di attenzione comporterà l'incremento delle frequenze di monitoraggio, mentre al superamento delle soglie di allerta si provvederà alla rivalutazione dei fenomeni deformativi occorsi e alla definizione di possibili interventi mitigatori.

Le soglie di monitoraggio della linea esistente, di seguito indicate, dovranno essere concordate con i tecnici della RFI S.p.A., considerando anche lo stato attuale dei binari.

LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO DEFORMATIVO (misure rilevate su base 9 m)			
Tipo di monitoraggio	Grandezza di riferimento	I avviso	II avviso
<b>sui binari</b>	Allineamento	3 mm	5 mm
	Livello longitudinale	10 mm	15 mm
	Sghembo	3.5‰	4.5‰

**I avviso** - determina la necessità di un intervento.

**II avviso** – determina la necessità di provvedimenti alla circolazione dei treni.

***Tratto in galleria artificiale (Galleria artificiale Sud)***

La realizzazione della Galleria artificiale Sud viene effettuata previa realizzazione di paratie di diaframmi e paratie di pali di grande diametro D=1200 mm.

L'attraversamento di via Sarzana avviene mediante la tecnica del monolite a spinta.

Per il monitoraggio dei cedimenti in superficie e in profondità, indotti dallo scavo all'interno delle paratie per la realizzazione della galleria artificiale, è stato previsto un adeguato sistema di monitoraggio. Sono previste misure topografiche di precisione effettuate mediante teodolite robotizzato, con posa di microprismi laterali allo scavo e in corrispondenza delle facciate delle case di civili abitazioni presenti nelle vicinanze.

È prevista altresì la posa di inclinometri per il monitoraggio della deformazione del terreno in profondità a lato delle paratie e nelle paratie stesse.

Vista la tipologia realizzativa la definizione dei livelli di soglia di avviso di primo avviso di secondo avviso, può essere definito, in prima ipotesi, come riportato nella tabella seguente. In fase esecutiva potrà comunque essere rivisto sulla base dei risultati monitoraggi in corso e delle reali durate delle fasi realizzative. Il monitoraggio dovrà proseguire per un periodo successivo al ritombamento della galleria artificiale, quantificabile in sei mesi.

<b>LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO DEFORMATIVO</b>			
<b>Tipo di monitoraggio</b>	<b>Grandezza di riferimento</b>	<b>Soglia di attenzione</b>	<b>Soglia di allarme</b>
<b>In superficie</b>	Cedimenti superficiali	10 mm	15mm
<b>In superficie</b>	Spostamenti superficiali	5 mm	10mm
<b>In profondità</b>	Spostamenti da asse inclinometro esterno a scavo	10 mm	15 mm
<b>In profondità</b>	Spostamenti da asse inclinometro interno a paratie	20 mm	40 mm

Il superamento della soglia di attenzione comporterà l'incremento delle frequenze di monitoraggio, mentre al superamento delle soglie di allerta si provvederà alla rivalutazione dei fenomeni deformativi occorsi e alla definizione di possibili interventi mitigatori.