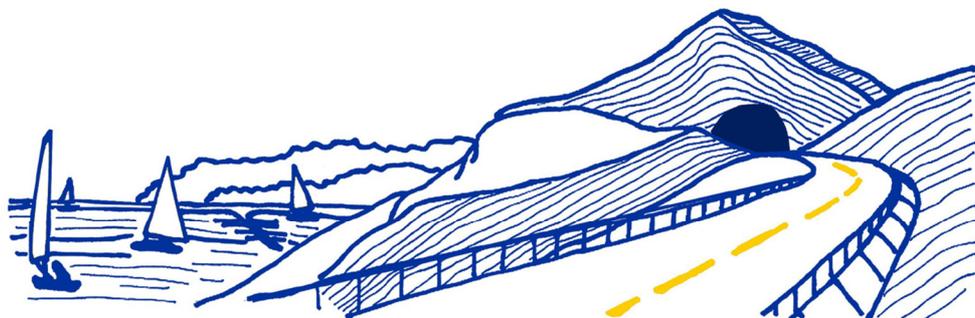


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

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
SISTEMA DI MONITORAGGIO
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000_P00GN04GETRE01_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GN04GETRE01

A

-

C					
B					
A	EMISSIONE	Marzo 2021	M. Barale	E. Giraudò	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE	Pag.
1. INTRODUZIONE	1
2. GALLERIA FERROVIARIA “VORTICOSA”	2
3. RILEVATO DELLA LINEA FERROVIARIA GENOVA-PISA	4
4. TRATTO A BASSE COPERTURE.....	14
5. LIVELLI DI SOGLIA TENSO-DEFORMATIVI	16

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".

Verranno descritti i previsti sistemi di monitoraggi previsti nell'ambito dei lavori di completamento della galleria naturale "Fornaci I" in particolare, nel tratto ove sussistono significative criticità relative all'interferenza con le infrastrutture ferroviarie per il sottoattraversamento della esistente galleria ferroviaria "Vorticosa", della linea commerciale di connessione con il bacino portuale, e della Linea Ferroviaria nazionale Genova – Pisa.

Nel seguito si evidenzieranno le migliorie apportate ai sistemi di monitoraggio, anche in relazione alle prescrizioni dei tecnici della RFI S.p.A., relative alla precedente proposta progettuale (Infra engineering e Rocksoil S.p.A., 2017).

Nella presente fase progettuale i sistemi di monitoraggio vengono integrati con nuove strumentazioni, facendo ricorso il più possibile all'acquisizione di dati automatica in continuo, con 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 abbinare 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 circolari 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. 9 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
T1		X		X	X	X		X	
T2				X	X	X			
T3			X		X		X		
T4			X		X		X		
T5	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 di intensificare 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.

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.

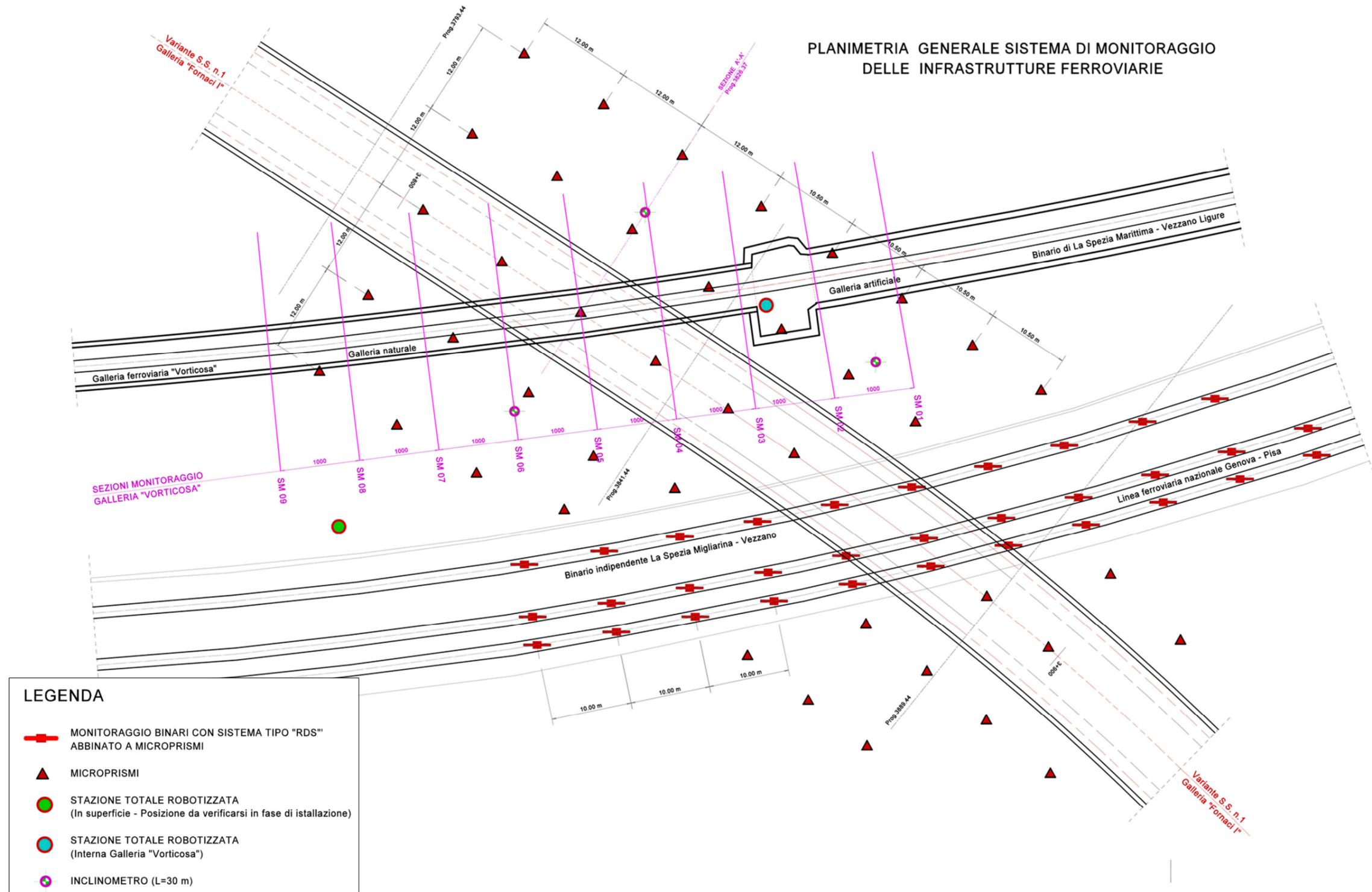


Figura 2 – Sistemi di monitoraggio – Stralcio planimetrico

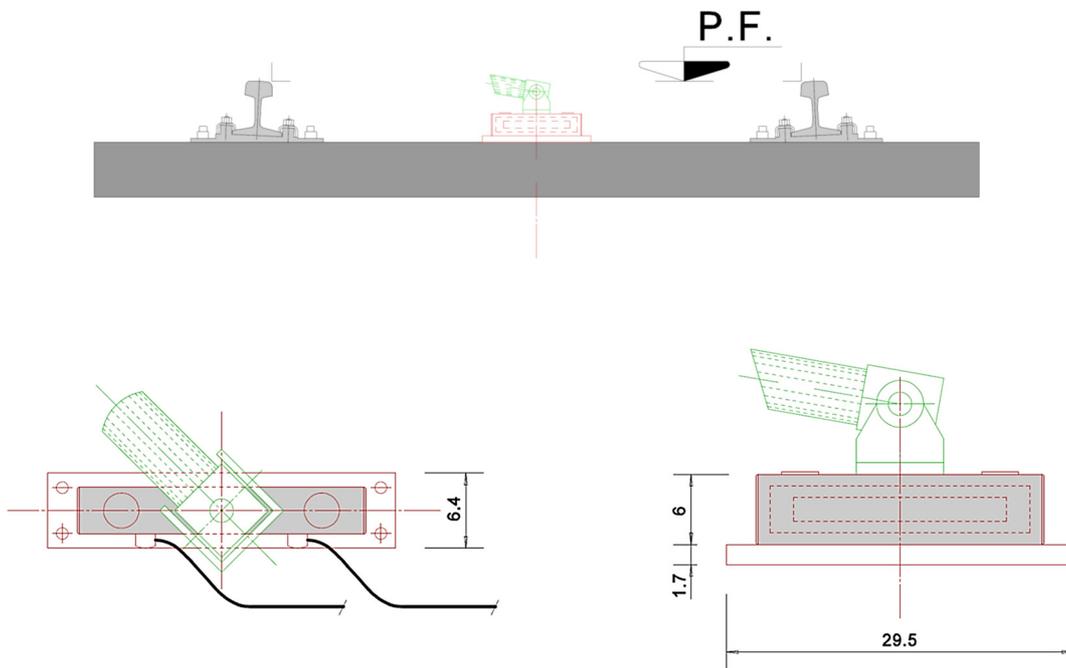
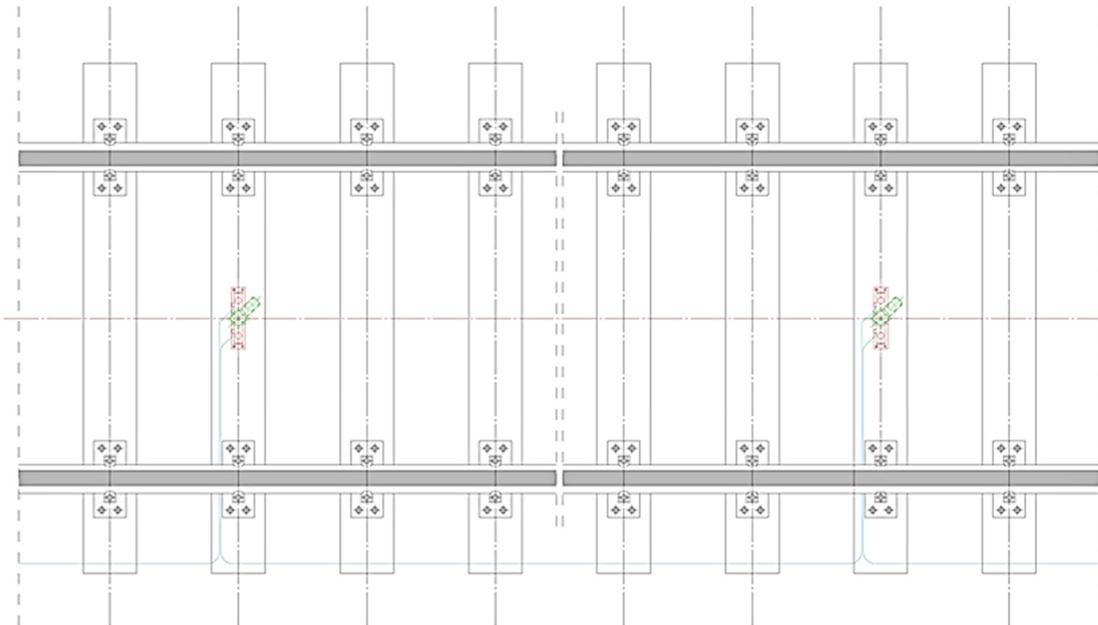


Figura 3 – Sistemi di monitoraggio – Particolare sistema tipo “RDS” abbinato a microprismi



Figura 4 –Stazione di monitoraggio con teodolite robotizzato

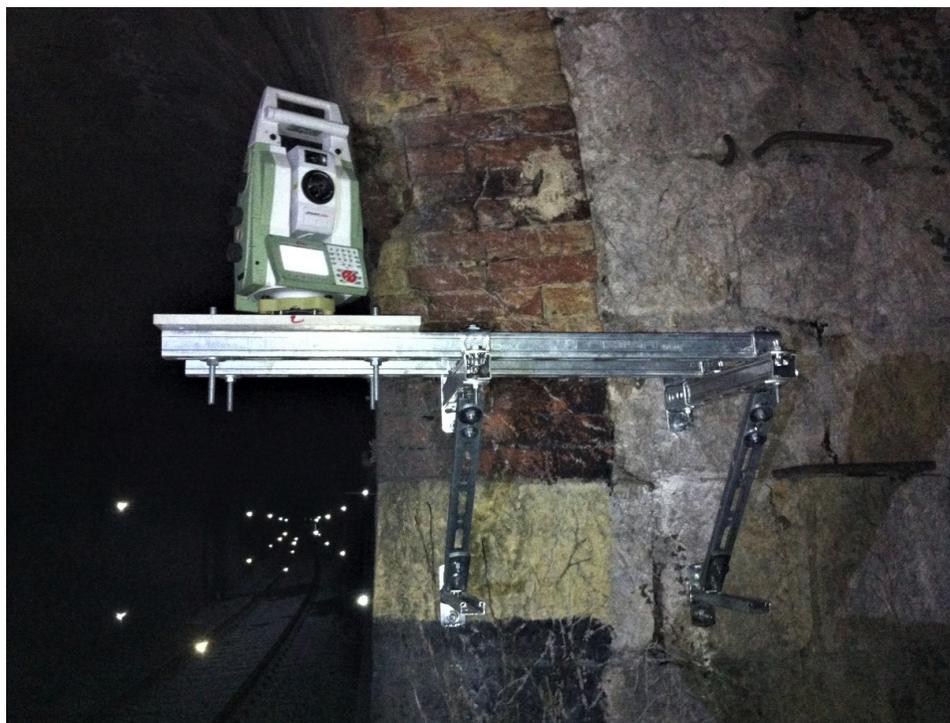
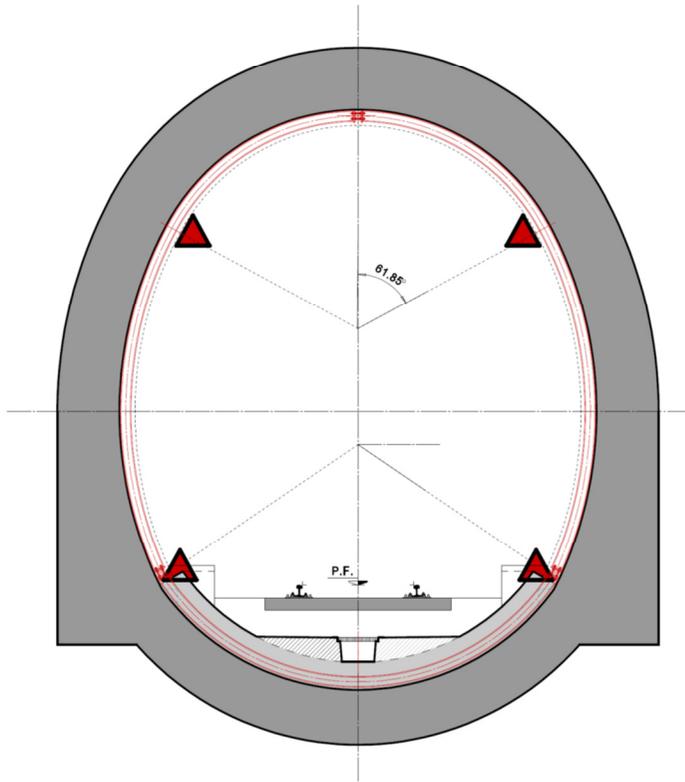


Figura 5 –Stazione di monitoraggio con teodolite robotizzato in galleria

SEZIONE TIPO T1
 SCALA 1 : 50



SEZIONE TIPO T2
 SCALA 1 : 50

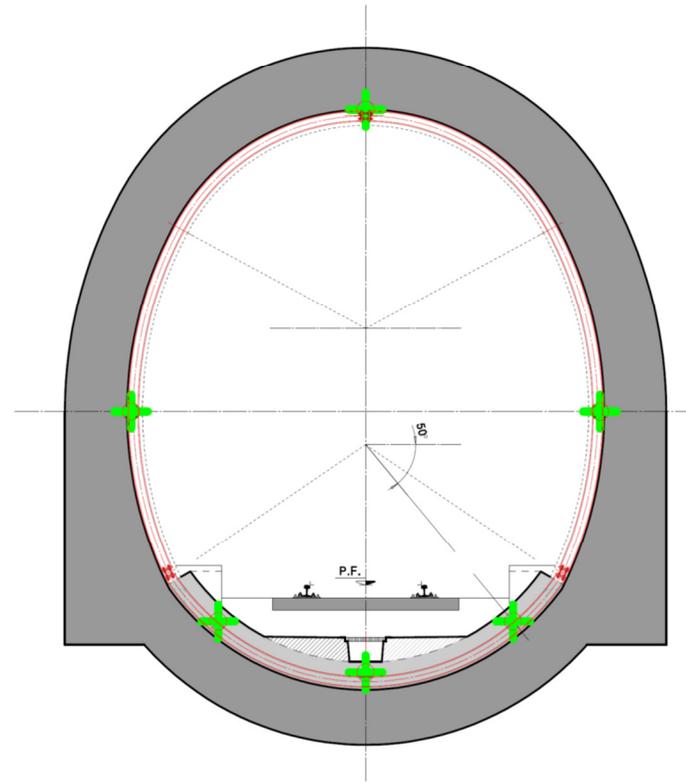
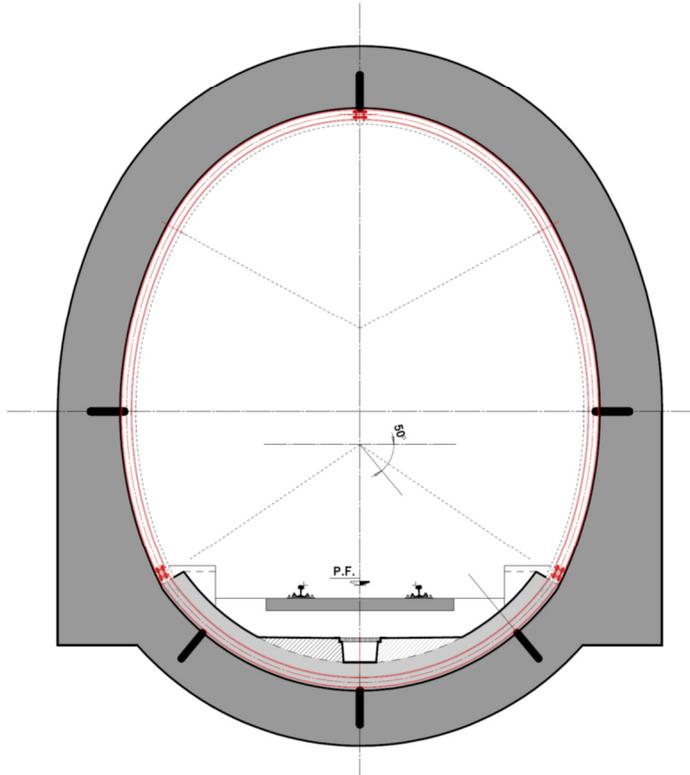


Figura 6 –Galleria “Vorticosa” - Sezioni tipo di monitoraggio (1 di 3)

SEZIONE TIPO T3

SCALA 1 : 50



SEZIONE TIPO T4

SCALA 1 : 50

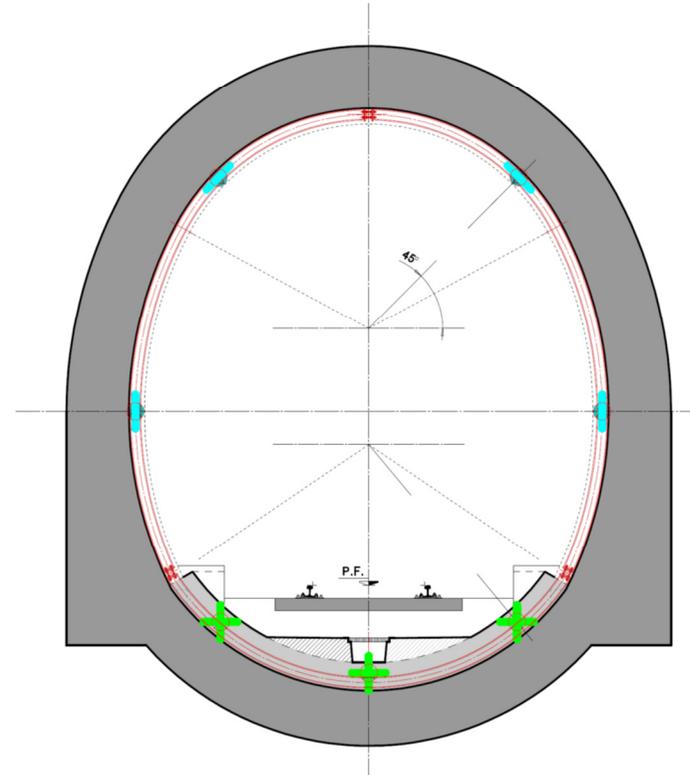
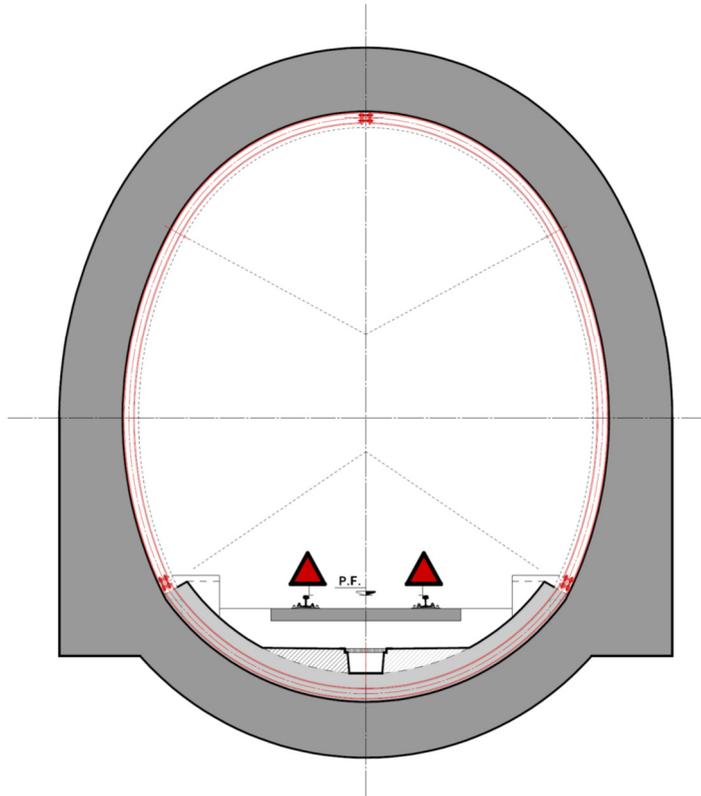


Figura 7 –Galleria “Vorticoso” - Sezioni tipo di monitoraggio (2 di 3)

SEZIONE TIPO T5

SCALA 1 : 50



LEGENDA

-  BARRETTA ESTENSIMETRICA A CORDA VIBRANTE
-  MARTINETTI PIATTI
-  MICROPRISMI
-  COPPIA BARRETTES ESTENSIMETRICHE (Longitudinali e Trasversali)

Figura 8 –Galleria “Vorticosa” - Sezioni tipo di monitoraggio (3 di 3)

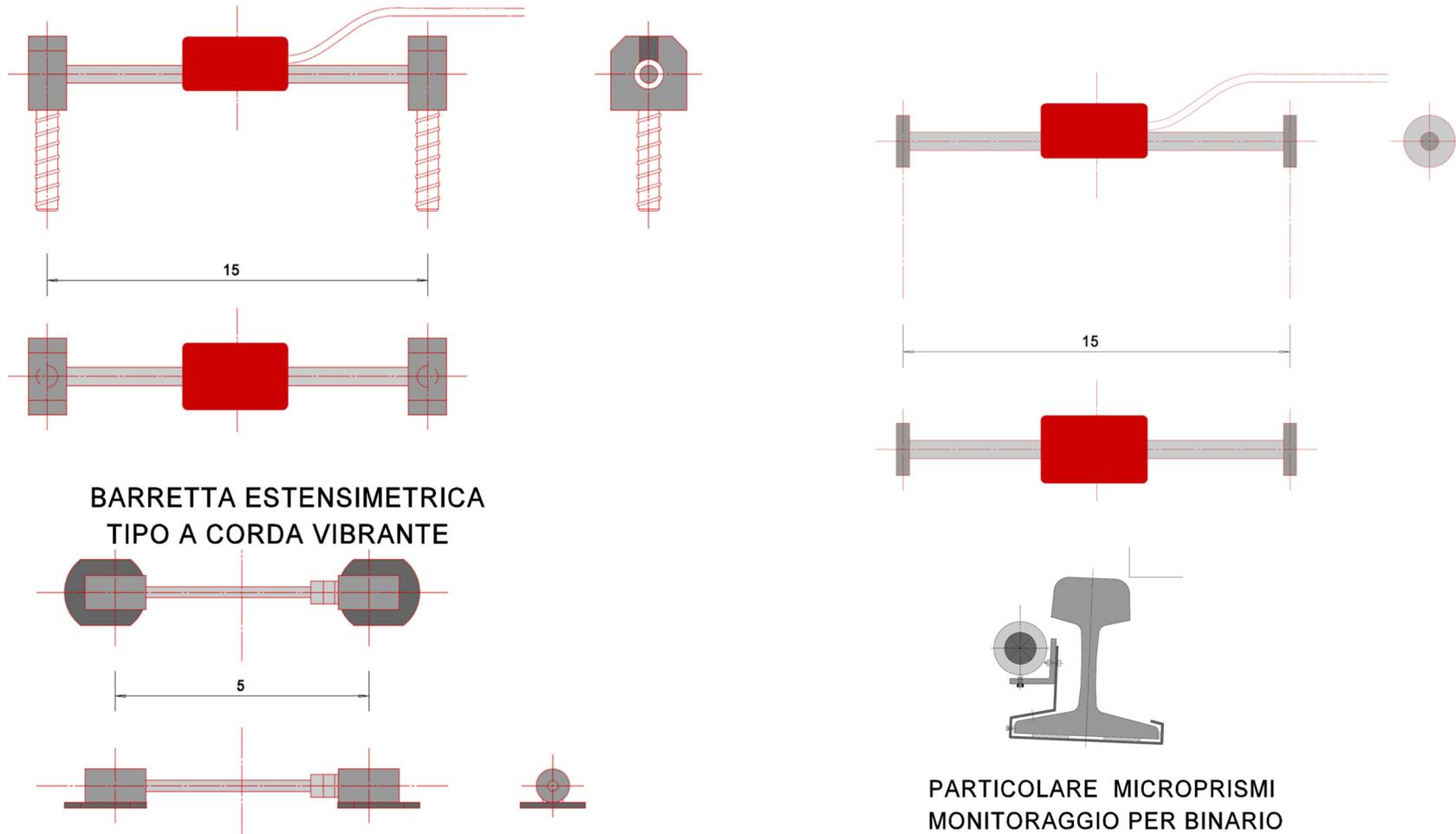


Figura 9 –Galleria “Vorticoso” – Particolari della strumentazione

LEGENDA

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

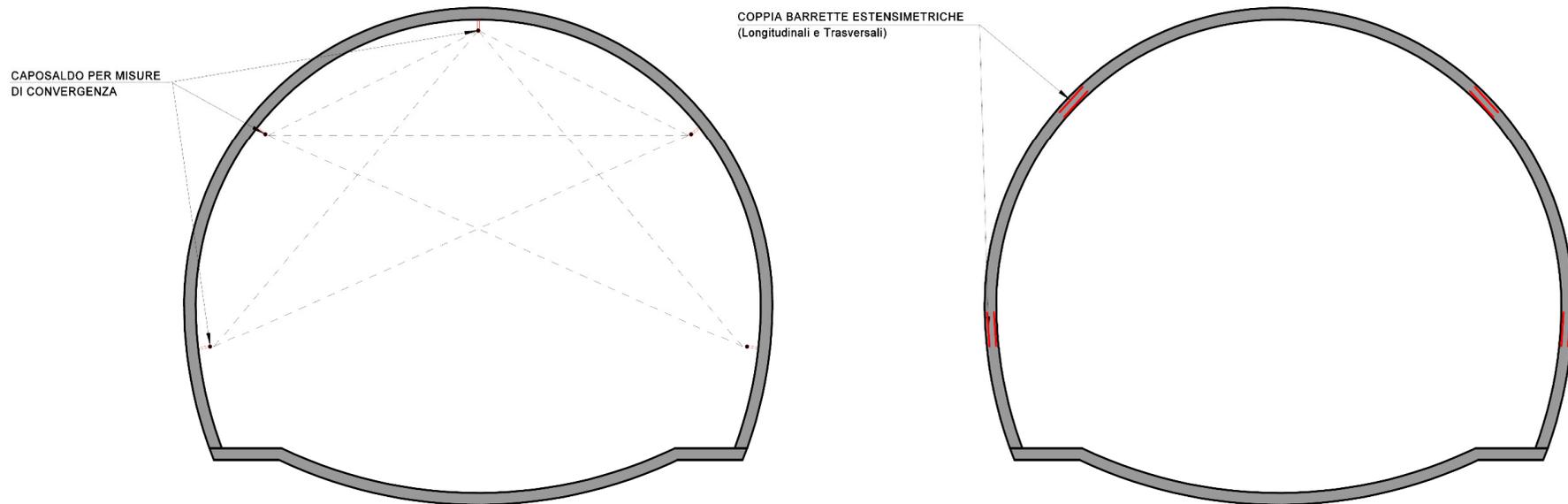


Figura 10 –Galleria “Fornaci I” - Sezioni tipo di monitoraggio in fase di scavo

4. Tratto a basse coperture

Anche per il tratto successivo a basse coperture il monitoraggio nel tempo dei cedimenti superficiali indotti dallo scavo della galleria “Formaci I”, 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;
- 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 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.



Figura 11 – Sistemi di monitoraggio – Stralcio planimetrico

5. 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	5 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	5 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	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.

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.

Sottopasso rilevato ferroviario e basse coperture

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.

Per la tratta a bassa copertura posso adottarsi le soglie di monitoraggio sono le seguenti:

LIVELLI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO DEFORMATIVO			
Tipo di monitoraggio	Grandezza di riferimento	I avviso	II avviso
Sui punti di monitoraggio topografico	Allineamento	5 mm	10 mm
	Cedimento	10 mm	15 mm