

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO**

RELAZIONE

GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN

Relazione di monitoraggio

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. M. FERRONI		-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I F 2 R    3 2    E    Z Z    R H    G A 0 0 0 0    0 0 1    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	F. De Scrolli	29/06/21	L.Repetto	30/06/21	M.Nuti	30/06/21	IL PROGETTISTA Ing. P. Cucino
B	EMISSIONE	F. De Scrolli	29/10/21	L.Repetto	30/10/21	M.Nuti	30/06/21	ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dott. Ing. PAOLO CUCINO ISCRIZIONE ALBO N° 2216
								31/10/21

File: IF2R.3.2.E.ZZ.RH.GA.00.0.0.001.B.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 2 di 25

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUZIONE .....	3
1.2	OGGETTO SPECIFICO DELLA RELAZIONE – SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	3
<b>2</b>	<b>NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI ....</b>	<b>6</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
2.2	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF) .....	6
2.3	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	7
2.3.1	<i>Documenti referenziati</i> .....	7
2.4	SOFTWARE IMPIEGATI .....	7
<b>3</b>	<b>SISTEMA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>8</b>
3.1	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO DEL TERRENO IN PROSSIMITÀ DELLE OPERE DI IMBOCCO .....	8
3.2	MONITORAGGIO DEGLI IMBOCCHI .....	8
3.3	FREQUENZA DELLE LETTURE DEGLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO AGLI IMBOCCHI .....	11
<b>4</b>	<b>MONITORAGGIO DEI VERSANTI DI FRANA .....</b>	<b>13</b>
4.1	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO DEL TERRENO IN PROSSIMITÀ DEI VERSANTI DI FRANA .....	13
4.1.1	<i>Modalità di installazione degli strumenti</i> .....	16
4.1.2	<i>Gestione dati</i> .....	16
<b>5</b>	<b>STUDIO DELLE INTERFERENZE .....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>25</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 3 di 25

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 INTRODUZIONE

La presente relazione definisce il sistema di monitoraggio delle opere di imbocco ricadenti nel Lotto 3, previsto nell'ambito della progettazione definitiva per il raddoppio della linea Cancello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari.

Dall'analisi di tracciato e in funzione delle fasi di esercizio, è prevista una suddivisione dell'intervento in 3 lotti funzionali in relazione ai tratti in cui l'infrastruttura dialoga con gli impianti esistenti di Telese e San Lorenzo:

Lotto 1 (circa 11.2 km): dal km 16+500 fino all'impianto di Telese al km 27+700;

Lotto 2 (circa 11.3 km): da Telese fino all'impianto del PC di San Lorenzo (km 39+050);

Lotto 3 (circa 7.9 km): dall'impianto del PC di San Lorenzo fino a fine intervento (km 46+950km).

### 1.2 OGGETTO SPECIFICO DELLA RELAZIONE – SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le tematiche inerenti al sistema di monitoraggio delle opere in progetto. In particolare, il Progetto dell'infrastruttura prevede la realizzazione di una serie di opere sotterranee costituite da gallerie artificiali eseguite con il metodo "cut and cover" attraverso paratie in pali accostati di grosso diametro e solettoni di copertura.

Sono state definite nel dettaglio le tipologie strumentali e dimensionare opportunamente il sistema di monitoraggio geotecnico – strutturale. Tale sistema consentirà di tenere sotto continuo controllo gli effetti tenso – deformativi causati dalle lavorazioni sul terreno e sulle strutture, in modo da poter garantire l'assenza di danni nelle preesistenze, ovvero assicurare la tempestiva messa in opera delle contromisure che si dovessero rendere necessarie entro i limiti previsti.

La metodologia adottata segue il principio di progettazione "osservazionale", correttamente applicata nel campo dell'ingegneria geotecnica e per le opere in sotterraneo Figura 1.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 4 di 25

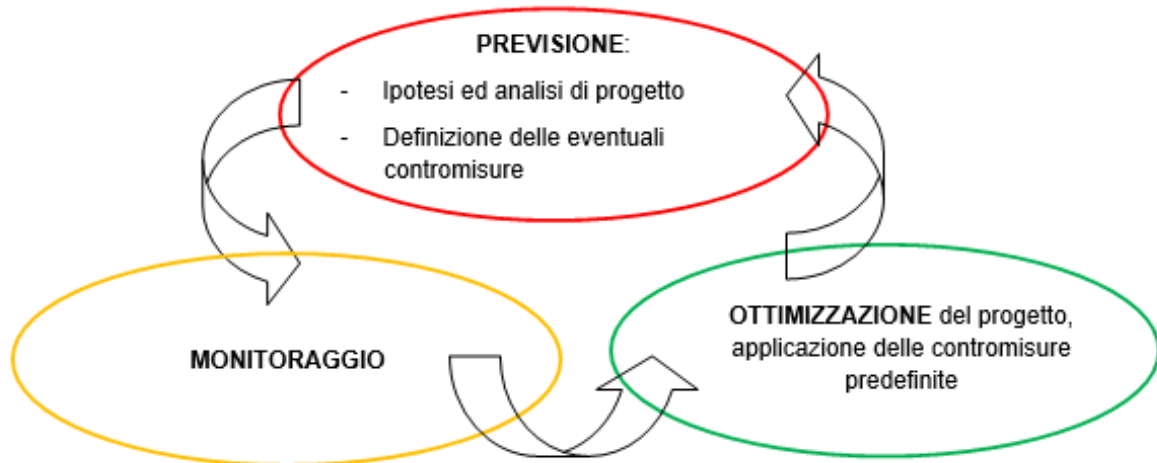


Figura 1: Diagramma di flusso relativo alla metodologia di progettazione osservazionale

Tale impostazione prevede il controllo sistematico dei lavori attraverso un piano di monitoraggio dei parametri che influenzano il comportamento dell'opera e del terreno circostante, al fine di confortare le ipotesi di progetto e, dove necessario, adattarlo alla situazione locale per garantire le condizioni di sicurezza previsti, il rispetto dei tempi di esecuzione e la gestione delle aleatorietà.

Il sistema di monitoraggio descritto nella presente relazione ha dunque lo scopo di definire gli strumenti ed i parametri significativi per operare il continuo confronto tra il comportamento reale del terreno e delle strutture (nuove e preesistenti) e le ipotesi progettuali.

In particolare, il Piano di Monitoraggio deve consentire:

- la verifica dell'efficacia delle soluzioni progettuali prescelte in ragione della variabilità locale dell'assetto geologico-strutturale, attraverso misure dello stato deformativo e tensionale delle strutture;
- la misura della situazione deformativa del terreno nella zona d'influenza circostante gli scavi;
- la verifica della situazione deformativa sui manufatti e strutture presenti nell'area di influenza degli scavi.

Tutto ciò al fine di avallare le scelte operate e, se necessario, prevenire con sufficiente anticipo le possibili situazioni sfavorevoli effettuando le necessarie modifiche. Per consentire questo è necessario individuare alcuni parametri chiave e definire dei valori di soglia per gli stessi. Al superamento di limiti stabiliti in base alle condizioni previste, vengono quindi associate azioni e contromisure atte a garantire la sicurezza dei lavoratori e delle strutture (presenti o in fase di realizzazione).

Il progetto del sistema di monitoraggio comprende, dunque, i seguenti elementi:

- definizione dei parametri chiave del monitoraggio;

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA <b>IF2R</b>	LOTTO <b>3.2.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GA.00.0.0.001</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>5 di 25</b>

- definizione delle sezioni tipo di monitoraggio e della tipologia di strumentazione da mettere in opera, sia per le strutture che per i manufatti preesistenti;
- localizzazione delle sezioni tipo e dei manufatti cui applicare le strumentazioni;
- definizione della frequenza delle letture;

I controlli ed i monitoraggi saranno eseguiti durante tutta la fase di costruzione dell'opera e sino alla messa in servizio della stessa.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 6 di 25

## **2    *NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI***

### **2.1    *NORMATIVA DI RIFERIMENTO***

- [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, “Istruzioni per l’applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2008”;
- [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

### **2.2    *PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)***

- [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – rev 30/12/2016 )
- [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- [11] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- [12] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- [13] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- [14] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 A “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili” datato Dic 2016.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 7 di 25

## 2.3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

### 2.3.1 Documenti referenziati

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

- [15] IF2R.3.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.002.A “Planimetria opere interferenti con livello di danno Tav. 1 di 3”
- [16] IF2R.3.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.003.A “Planimetria opere interferenti con livello di danno Tav. 2 di 3”
- [17] IF2R.3.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.004.A “Planimetria opere interferenti con livello di danno Tav. 3 di 3”
- [18] IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.07.0.0.003.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in corso d’opera del versante di superficie – Planimetria (1/3)”
- [19] IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.07.0.0.004.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in corso d’opera del versante di superficie – Planimetria (2/3)”
- [20] IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.07.0.0.002.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in corso d’opera del versante di superficie – Planimetria (3/3)”
- [21] IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.07.0.0.005.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in corso d’opera del versante di superficie – Dettaglio strumentazioni monitoraggio di superficie (3/3)”
- [22] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.00.0.0.001.A “Planimetria di monitoraggio Tav. 1 di 3”
- [23] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.00.0.0.002.A “Planimetria di monitoraggio Tav. 2 di 3”
- [24] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.00.0.0.003.A “Planimetria di monitoraggio Tav. 3 di 3”
- [25] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.07.0.0.002.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in corso d’opera del versante di superficie – Planimetria (1/3)”
- [26] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.07.0.0.003.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in corso d’opera del versante di superficie – Planimetria (2/3)”
- [27] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.07.0.0.004.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in esercizio del versante di superficie – Planimetria (1/3)”
- [28] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.07.0.0.005.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in esercizio del versante di superficie – Planimetria (2/3)”
- [29] IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.07.0.0.006.A Galleria Le Forche “Monitoraggio in esercizio del versante di superficie – Planimetria (3/3)”

## 2.4 SOFTWARE IMPIEGATI

I software utilizzati per la progettazione sono:

- PARATIE PLUS 2020                      versione 20.0.0                      HarpaCeAS

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 8 di 25

### **3 SISTEMA DI MONITORAGGIO**

Il progetto del monitoraggio è sviluppato al fine di acquisire tutti gli elementi necessari all'interpretazione del comportamento del terreno, delle strutture in costruzione e dei manufatti esistenti in seguito agli effetti indotti dalle operazioni di scavo.

Viene descritto, in questo capitolo, il sistema di monitoraggio da mettere in opera, in funzione delle varie necessità, fra cui le principali sono:

- la validazione e l'eventuale adeguamento delle tecniche di scavo e di sostegno;
- la verifica delle ipotesi di calcolo e la rispondenza del progetto al reale comportamento allo scavo dei terreni;
- la verifica del raggiungimento delle soglie in corrispondenza delle quali prevedere l'attivazione di adeguate contromisure.

Il posizionamento degli strumenti è riepilogato nelle planimetrie delle tavole specifiche del monitoraggio, tuttavia, la posizione esatta delle sezioni di monitoraggio e degli strumenti descritti nel seguito dovrà comunque essere concordata, in fase esecutiva e a seguito dei sopralluoghi preliminari per la constatazione degli eventuali stati fessurativi preesistenti, con la Direzione dei Lavori.

#### **3.1 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO DEL TERRENO IN PROSSIMITÀ DELLE OPERE DI IMBOCCO**

Da un punto di vista tecnico, il programma di monitoraggio per le opere di imbocco si articola in:

- Posa di mire ottiche sulle paratie d'imbocco per il controllo degli spostamenti dell'opera;
- Posa di celle di carico sui tiranti delle paratie per il controllo del carico agente sui tiranti stessi

#### **3.2 MONITORAGGIO DEGLI IMBOCCHI**

Il controllo degli spostamenti delle paratie d'imbocco avverrà attraverso il rilievo mediante strumento topografico di precisione di mire ottiche posizionate sul cordolo di testa della paratia.

Le basi di misura sono costituite da mire ottiche su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri. Si prevede l'installazione delle mire ottiche sul cordolo di testa delle paratie e a metà dell'altezza dei pali.

Le celle di carico saranno posizionate sui tiranti delle paratie di imbocco. Esse avranno la funzione di monitorare il carico agente sui tiranti e la risposta di questi alle varie sollecitazioni durante le diverse fasi di scavo.

Le celle di carico elettriche sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain gauges. Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 9 di 25

dagli estensimetri che variando il valore di resistenza generano un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

La cella viene installata in corrispondenza della testa del tirante strumentato per verificarne il tiraggio.

Si prevede l'installazione sulle paratie di pali e sul limite delle rampe di scavo il seguente numero di strumenti:

IMBOCCO	PARATIA DI PALI			LIMITE RAMPADI SCAVO		PUNTONI PROVVISORI
	n. mire ottiche sul cordolo	n. mire ottiche a metà altezza pali	n. celle di carico	n. mire ottiche	n. inclinometro	n. Strain Gauges
Ponte Imbocco Lato Canello	5(ogni 10m)	5(ogni 10m)	-	15(ogni 10m)	3	-
Ponte Imbocco Lato Benevento	6(ogni 10m)	5(ogni 10m)	7	3(ogni 10m)	2	-
Reventa Imbocco Lato Canello	13(ogni 10m)	4(ogni 10m)	9	3(ogni 10m)	-	-
Reventa Imbocco Lato Benevento	5(ogni 10m)	5(ogni 10m)	7	15(ogni 10m)	-	-
Le Forche Imbocco Lato Canello	9(ogni 10m)	4(ogni 10m)	2	12(ogni 10m)	-	4
Le Forche Imbocco Lato Benevento	11(ogni 10m)	8(ogni 10m)	-	3(ogni 10m)	-	7
Le Forche Uscita di Emergenza km. 44+294	3	10	-	9(ogni 5m)	3	-
Le Forche Uscita di Emergenza km. 45+105	1	15+2+2	-	14	1	-

Tabella 1: Strumentazione di monitoraggio imbocchi – Lotto 3

Si riporta come esempio la sezione tipo di monitoraggio per la Galleria Le Forche – Imbocco Lato Benevento (GA17) e per la Galleria Ponte – Imbocco Lato Canello (GA12) (rispettivamente in Figura 2 e in Figura 3).

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO IF2R    3.2.E.ZZ    RH    GA.00.0.0.001    B    10 di 25

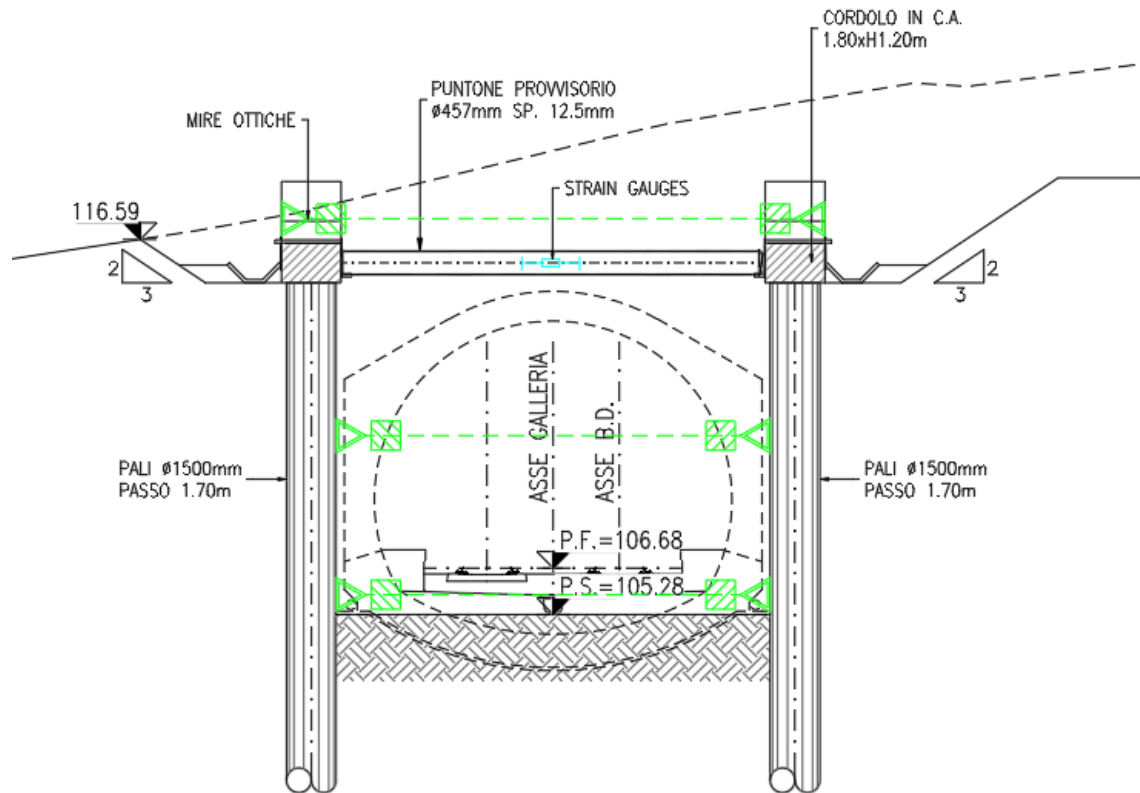


Figura 2: Sezione tipo di monitoraggio GA17

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	RH	GA.00.0.0.001	B	11 di 25

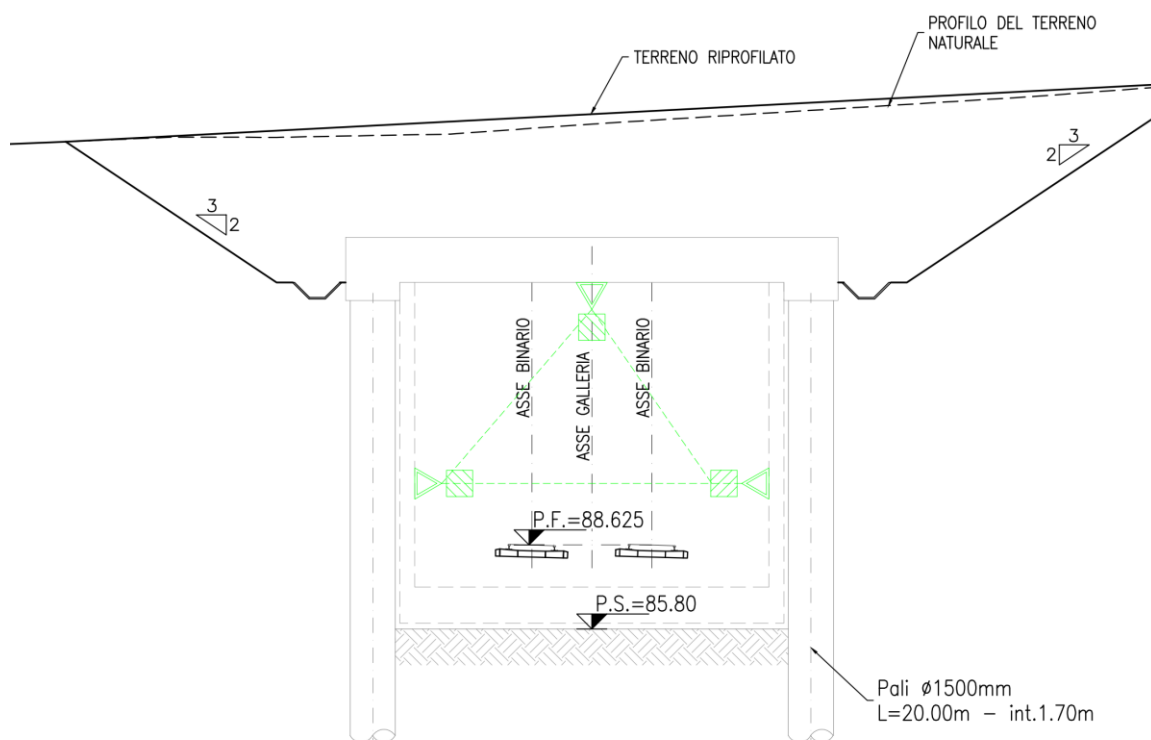


Figura 3: Sezione tipo di monitoraggio GA12

### 3.3 FREQUENZA DELLE LETTURE DEGLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO AGLI IMBOCCHI

Di seguito vengono riassunte le frequenze medie indicate per le letture della strumentazione di monitoraggio di superficie e in sotterraneo.

La cadenza di dettaglio con cui saranno effettuate le misure sarà definita in corso d'opera con la D.L. in funzione dei risultati via via ottenuti dai rilievi stessi.

La frequenza delle letture considerata per la stazione di monitoraggio delle opere di imbocco in pali/micropali è la seguente:

- n.1 lettura al giorno per sei mesi successivi alla lettura di "zero";
- n.1 lettura a settimana per i successivi quattro mesi (imbocco in pali) / due mesi (imbocco micropali);
- n.1 lettura al mese per l'intervallo temporale riportato nella tabella che segue:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	RH	GA.00.0.0.001	B	12 di 25

Galleria Ponte	10 mesi
Galleria Reventa	6 mesi
Galleria Le Forche	20 mesi
Galleria Le Forche Uscita Em. Pk. 44+294	12 mesi
Galleria Le Forche Uscita Em. Pk. 45+105	8 mesi

*Tabella 2: Tabella di riferimento intervallo temporale – Lotto 3*

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 13 di 25

## 4 MONITORAGGIO DEI VERSANTI DI FRANA

### 4.1 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO DEL TERRENO IN PROSSIMITÀ DEI VERSANTI DI FRANA

Il monitoraggio geotecnico sulla superficie e in profondità del terreno sarà effettuato attraverso:

#### Monitoraggio di superficie:

- Inclinatori a fibra ottica: in termini di qualità del sistema di misura, lo strumento ha la possibilità di avere misurazioni praticamente in continuo e su tutta la colonna, rispetto agli inclinometri tradizionali in cui le letture avvengono tipicamente ogni 0.5m/1.0m;
- Piezometri elettrici a corda vibrante: il sensore a corda, rispetto agli altri tipi di sensori disponibili, garantisce la migliore risposta in termini di affidabilità e stabilità nel tempo delle misure piezometriche, e risulta particolarmente adatto nei terreni fini (come quelli in esame), dove lo spostamento di quantità d'acqua dal terreno al piezometro richiede tempi lunghi (time lag). Le celle piezometriche verranno installate secondo il metodo "fully grouted", in ciascun foro verranno inserite 3 celle piezometriche, in corrispondenza dei livelli più interessanti per il monitoraggio piezometrico;
- Stazione totale robotizzata: si utilizzerà per il rilievo delle variazioni piano – altimetriche nella zona delle stazioni di monitoraggio superficiali in corrispondenza degli edifici, delle infrastrutture e dei punti rappresentativi di controllo per lo scavo della galleria. La stazione robotizzata è dotata di un motore che la fa muovere automaticamente e di un software che è in grado di cercare, riconoscere e collimare autonomamente il prisma. I benefici principali sono la necessità di un solo operatore, la precisione nel tracciare automaticamente i prismi, la velocità di esecuzione del rilievo e la sistematicità delle misurazioni. Il software di gestione permette di raccogliere i dati in maniera già organizzata, e la piattaforma di monitoraggio è predisposta per l'interpretazione a rendere tempestivamente fruibile il dato finale;
- Mire topografiche: le mire topografiche verranno installate sulle teste degli inclinometri su punti fissi ubicati al di fuori del corpo di frana;
- Miniprismi e capisaldi topografici;
- Vibrometri triassiali: i parametri di misura che vengono rilevati strumentalmente sono la velocità massima di vibrazione del terreno o della struttura nelle 3 componenti spaziali (PPV- Peak Particle Velocity), il relativo vettore sincrono risultante e le frequenze principali di ciascuna componente. Il monitoraggio sarà realizzato mediante una serie di stazioni mobili a gestione remota (costituite da un vibrometro digitale con geofono triassiale separato dall'unità di acquisizione). L'installazione sarà effettuata in conformità con quanto riportato dalle norme DIN 4150/3;

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 14 di 25

- Fessurimetro elettrico: a cavallo delle principali lesioni/fessure che interessano gli edifici oggetto di monitoraggio, saranno applicati fessurimetri elettrici acquisiti in continuo mediante le medesime unità automatiche wireless utilizzate per i clinometri e clablate in prossimità del sensore. Ciascun fessurimetro sarà corredato di termistore incorporato allo scopo di verificare e compensare eventuali oscillazioni dell'apertura delle fessure dovute a fluttuazioni termiche. La tipologia di sensore a corda vibrante possiede buone caratteristiche di stabilità nel tempo e bassa deriva termica;
- Slope alarm system: il sensore rileva e quantifica l'emissione acustica quando il pendio inizia a muoversi. Il sensore si trova su una guida d'onda attiva. Questo comprende un tubo d'acciaio circondato da un rimpiemento granulare ed è installato in un foro che attraversa la profondità della frana. La deformazione di taglio sollecita la guida d'onda (cioè il riempimento granulare) generando un'emissione acustica (AE). Le relazioni tra AE e velocità di spostamento sono derivate attraverso la calibrazione di laboratorio. Quando le proprietà del segnale iniziano a cambiare verso eventi più frequenti, con ampiezze elevate, il sistema rilascia un avviso sonoro. Il sistema risulta integrato all'interno del sistema centralizzato di gestione dei dati di monitoraggio.

Al fine di aumentare la conoscenza specifica delle aree in dissesto, dettagliare l'elaborazione del piano indagini e monitoraggio, è stato eseguito un rilievo mediante laser scanner con drone attrezzato con fotocamera di precisione.

L'area in esame ha interessato tutte e quattro le zone in esame, ottenendo un modello digitale di elevazione D.E.M. che rappresenta con elevata precisione la geometria superficiale della frana. In fase di post processing da questo dato è stato elaborato un pdf 3D che permette l'esame e la gestione dettagliata di quanto rilevato.

Nelle immediate vicinanze della frana "B+D" verrà posizionata una stazione in grado di rilevare i dati ambientali provenienti da una serie eterogenea di sensori. I sensori permetteranno la misura di: precipitazioni, umidità e raffiche di vento.

La stazione risulta essere autonoma a mezzo di batterie ricaricate/alimentate con pannelli fotovoltaici.

La "supervisione" del campo generale dei movimenti superficiali avverrà mediante l'utilizzo di *interferometria satellitare INSAR* (tecnologia già adottata nel corso della progettazione a base gara).

Nell'ambito della fase di progettazione esecutiva l'indagine insar permette di:

- definire e perimetrare le aree in dissesto attraverso la ricostruzione dello stato deformativo complessivo dei versanti;
- valutare l'influenza della stagionalità dei movimenti, in associazione alla piovosità e temperatura dell'area;

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 15 di 25

- costituire un "testimoniale di stato" del versante, comprendendo, inoltre, l'evoluzione nella sua storia più recente, in modo da costituire un elemento oggettivo in caso di eventuali contenziosi.

Nell'ambito della fase di realizzazione delle opere l'indagine INSAR permette di:

- confrontare/validare i valori derivanti dal monitoraggio attraverso le altre attrezzature;
- misurare gli effetti deformativi a livello globale indotti dalla realizzazione delle opere in progetto in sottoterraneo ed in superficie (adeguamento strade) nelle aree in esame;
- monitorare le preesistenze e le infrastrutture esistenti nell'area;
- costituire un elemento oggettivo in caso di eventuali contenziosi.

Questo si prefigura come lo strumento ideale per il controllo di movimenti su vaste aree. tuttavia tale sistema di monitoraggio non è in grado di offrire una risposta rapida in termini di superamento delle soglie di controllo degli spostamenti. nell'ambito della gestione del rischio, tali misurazioni vengono integrate attraverso l'utilizzo di:

- interferometria terrestre
- controlli topografici con stazione totale motorizzata.

Si prevede inoltre un impianto di rilevazione interferometrica, la tecnica *TINSAR (Terrestrial Interferometric Synthetic Aperture Radar)* basato sull'utilizzo di sensori operanti nel dominio delle microonde, capaci di fornire immagini radar tridimensionali ad alta risoluzione dello scenario illuminato, prescindendo dalle condizioni climatiche o di luminosità.

Lo strumento è dotato di doppia antenna radar che viene fatta scorrere automaticamente ad ogni ciclo di misura su una slitta metallica. Viene alimentato mediante pannelli fotovoltaici e sarà ricoverato in apposito box di protezione.

la tecnica tinsar permette:

- monitoraggio arealmente distribuito (mappe invece di singoli punti);
- elevata frequenza temporale di campionamento del dato (fino a pochi secondi);
- elevata accuratezza nella misura dello spostamento;
- funzionalità in ogni condizione atmosferica (anche in caso di pioggia o nebbia) e di illuminazione (sia di giorno che di notte);
- monitoraggio completamente remoto;
- rapidità di installazione e di configurazione del sistema (alcune ore);
- monitoraggio fino a grandi distanze (fino ad alcuni km).

La tecnologia non necessita di alcun strumento accessorio particolare, tuttavia è previsto l'inserimento di 7 target (prismi riflettori che vengono cementati sul terreno) per le aree in esame in

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 16 di 25

punti rappresentativi oppure dove la presenza di vegetazione può determinare problema nel rilevamento.

I prismi saranno installati preliminarmente all'inizio dei lavori, al fine di definire una adeguata misura di zero.

L'infittimento della maglia di riflettori potrà essere studiato ulteriormente in sede di progetto esecutivo.

La tecnica permette di definire il campo di spostamenti generale, oppure è possibile definire specifici punti di interesse e seguirne graficamente l'evoluzione dello spostamento nel tempo (tipicamente lungo l'asse galleria e in corrispondenza di preesistenze / infrastrutture).

la figura a destra mostra un esempio di mappa di spostamento tinsar del versante in frana, restituita su immagine ottica satellitare, e le serie temporali di spostamento di alcuni punti di riferimento.

#### **4.1.1 Modalità di installazione degli strumenti**

Per tutte le strumentazioni messe in opera, la "lettura di zero" sarà effettuata al momento dell'installazione (o dopo il tempo minimo presa delle malte, laddove necessario) e ulteriori letture saranno effettuate ogni qual volta si riscontreranno variazioni delle condizioni di lavoro dell'elemento interessato.

#### **4.1.2 Gestione dati**

I dati strumentali rilevati nelle diverse fasi di intervento e di costruzione saranno acquisiti e gestiti in una banca dati georeferenziata, in modo tale che possano essere consultabili via internet in tempo reale e simultaneamente da tutti gli utenti coinvolti nel Progetto e abilitati all'accesso attraverso il semplice utilizzo di un software browser.

L'architettura della piattaforma ring nazionale basata su una struttura ArcGIS server che raccoglie i dati di tutte le stazioni. e fortemente orientata a procedure e standard GIS, quindi è possibile considerare di aumentare il nostro sistema dalla piattaforma nazionale attraverso procedure OGC(OPEN GIS consortium, lo standard di collegamento europeo tra piattaforme WEB-GIS).



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 17 di 25

## 5 STUDIO DELLE INTERFERENZE

Tutti gli edifici interferenti con le opere in Progetto, nonché con i versanti di frana, presenti lungo il tracciato, saranno oggetto di specifico monitoraggio per tutta la durata del cantiere.

I parametri chiave oggetto di monitoraggio delle strutture preesistenti sono:

- i cedimenti/innalzamenti assoluti e differenziali (dai quali è possibile ricavare la distorsione angolare delle strutture);
- la variazione della verticalità delle pareti esterne;
- l'evoluzione dello stato fessurativo presente;
- l'entità degli eventuali impulsi dinamici dovuti ai mezzi di cantiere

Per quanto riguarda il monitoraggio geotecnico degli imbocchi con paratie in pali, in adiacenza agli edifici, si prevedono n. 4 inclinometri (due per lato) all'interno dei pali in corrispondenza delle paratie laterali:

- Galleria Ponte Lato Canello

Per gli imbocchi con paratie in micropali, in adiacenza agli edifici, si prevedono n.4 inclinometri (due per lato) a monte dei micropali in corrispondenza delle paratie laterali:

- Galleria Reventa Lato Benevento

Galleria Ponte – Imbocchi	n.206 totali
Galleria Reventa – Imbocchi	n.194 totali
Galleria Le Forche – Imbocchi e Uscita Em.	n.216 totali

*Tabella 3: Campagne di misura su apparecchiature in opera – Lotto 3*

Per il monitoraggio degli edifici (Rif. [29]) si prevedono dunque: inclinometri a lettura manuale, piezometri a lettura manuale, assestimetri a lettura in continuo, mire ottiche disposte sugli edifici per rilievo topografico, caposaldo disposto su edificio per rilievo topografico, caposaldo topografico al p.c. per il rilievo topografico dei cedimenti e fessurimetri per ciascuna interferenza su eventuale quadro fessurativo esistente.

La frequenza delle letture di monitoraggio è la seguente:

- Una lettura al giorno se il fronte di scavo è ad una distanza dall'interferenza inferiore ai 40m;
- Una lettura alla settimana per le successive 12 settimane.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 18 di 25

## 6 SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Le soglie di attenzione ed allarme dei parametri acquisiti dal monitoraggio vengono definite in relazione ai modelli di calcolo e dimensionamento delle strutture e alla risposta attesa dall'interazione terreno-struttura.

In linea di massima i valori di attenzione ed allarme concernenti le misure inclinometriche, e le misure derivanti dalle celle di carico e/o strain gauges, salvo differenti richieste o raccomandazioni del Progettista e della Direzione Lavori, potranno essere così assunte:

Limite o soglia di attenzione: > 90% del valore di Progetto

Limite o soglia di allarme: > 120% del valore di Progetto

In merito ai valori di soglia di attenzione e di allarme per le opere di imbocco, si riassumono nelle tabelle che seguono per ogni galleria artificiale monitorata, le sezioni di calcolo rappresentative, da cui estrapolare i valori di confronto:

- Imbocchi Galleria Ponte

Ponte Lato Cancello							
Sezione di calcolo	$u_{mezzeria}$ [mm]	$u_{fondo\ scavo}$ [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]	$u_{testa\ cordolo}$ [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
Sez E	3.5	4.7	4.23	5.64	-	-	-
Sez D	2.5	4	3.60	4.80	-	-	-
Sez C	2.5	3.2	2.88	3.84	-	-	-
Paratia provvisoriale fronte sbalzo	-	10.6	9.54	12.72	3	2.70	3.60
Paratia provvisoriale fronte vincolata	-	2.5	2.25	3.00	5	4.50	6.00

Ponte Lato Benevento				
Sezione di calcolo	$u$ in testa [mm]	$u_{max}$ [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
km. 42+196	2.45	22.51	20.26	27.01
km. 42+195	0.6	7.87	7.08	9.44
km. 42+216	2.24	4.92	4.43	5.90
km. 42+220	0.45	3.62	3.26	4.34
km. 42+230	31.43	31.43	28.29	37.72

Tabella 4: Valori di soglia spostamenti Imbocco Ponte Lato Cancello (sopra) e Lato Benevento (sotto)

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 19 di 25

Ponte Lato Benevento - Tiranti					
Sezione di calcolo	Ordine n.	Valore di progetto [kN/m]	Valore di progetto [kN]	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
km. 42+196	1	37.96	75.92	68.328	91.10
	2	115.64	231.28	208.152	277.54
	3	137.07	274.14	246.726	328.97
	4	134.28	268.56	241.704	322.27
km. 42+195	1	101.67	203.34	183.006	244.01
	2	109.17	218.34	196.506	262.01
	3	113.09	226.18	203.562	271.42
km. 42+216	1	135.59	271.18	244.062	325.42
	2	139.99	279.98	251.982	335.98
km. 42+220	1	104.44	208.88	187.992	250.66

Tabella 5: Valori di soglia tiranti Imbocco Ponte Lato Canello (sopra) e Lato Benevento (sotto)

- Imbocchi Galleria Reventa

Reventa Lato Canello				
Sezione di calcolo	u in testa [mm]	u <sub>max</sub> [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
Sez 1	2.09	5.54	4.99	6.65
Sez 1-a	0.1	4.49	4.04	5.39
Sez 2	12.61	13.48	12.13	16.18
Sez 3	3.56	3.04	2.74	3.65
Sez 4	38.55	38.55	34.70	46.26
Sez 5	0.19	2.39	2.15	2.87

Reventa Lato Benevento						
Sezione di calcolo	u in testa [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]	u <sub>fondo scavo</sub> [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
Sez frontale	0.482	0.43	0.58	1.83	1.65	2.20
Sez 3 - paratia sx	3.89	3.50	4.67	5.12	4.61	6.14
Sez 3 - paratia dx	-0.31	-0.28	-0.37	-1.74	-1.57	-2.09
Sez 6 - paratia sx	3.97	3.57	4.76	2.19	1.97	2.63
Sez 6 - paratia dx	-2.45	-2.21	-2.94	-0.74	-0.67	-0.89

Tabella 6: Valori di soglia spostamenti Imbocco Reventa Lato Canello (sopra) e Lato Benevento (sotto)

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	RH	GA.00.0.0.001	B	20 di 25

Reventa Lato Cancello - Tiranti					
Sezione di calcolo	Ordine n.	Valore di progetto [kN/m]	Valore di progetto [kN]	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
Sez 1	1	163.1	326.2	293.6	391.4
	2	196.5	393.0	353.7	471.6
	3	198.9	397.7	357.9	477.3
	4	201.5	402.9	362.6	483.5
Sez 1-a	1	162.6	325.2	292.7	390.3
	2	195.7	391.3	352.2	469.6
	3	196.5	393.1	353.8	471.7
	4	197.1	394.3	354.8	473.1
Sez 2 - paratia sx	1	195.0	390.0	351.0	468.0
	2	196.5	392.9	353.6	471.5
	3	198.8	397.5	357.8	477.0
	4	201.4	402.9	362.6	483.4
Sez 2 - paratia dx	1	130.5	260.9	234.8	313.1
Sez 3 - paratia sx	1	195.1	390.2	351.2	468.3
	2	196.9	393.9	354.5	472.7
	3	197.6	395.1	355.6	474.1
Sez 3 - paratia dx	1	130.0	260.0	234.0	312.0
Sez 4	1	100.2	200.4	180.4	240.5
Sez 5	1	130.2	260.4	234.3	312.5

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 21 di 25

<b>Reventa Lato Benevento - Tiranti</b>					
	<b>Ordine n.</b>	<b>Valore di progetto [kN/m]</b>	<b>Valore di progetto [kN]</b>	<b>Soglia di attenzione [kN]</b>	<b>Soglia di allarme [kN]</b>
Sez frontale	1	81.2	276.2	248.6	331.4
	2	162.5	390.0	351.0	468.0
Sez 3 - paratia sx	1	162.6	390.2	351.2	468.3
	2	191.7	460.0	414.0	552.0
	3	201.4	483.5	435.1	580.1
Sez 3 - paratia dx	1	162.5	390.0	351.0	468.0
	2	189.9	455.7	410.2	546.9
	3	190.2	456.4	410.7	547.7
Sez 6 - paratia sx	1	190.0	455.9	410.3	547.1
	2	218.0	523.2	470.8	627.8
Sez 6 - paratia dx	1	108.45	260.28	234.252	312.336

Tabella 7: Valori di soglia tiranti Imbocco Reventa Lato Canello (sopra) e Lato Benevento (sotto)

- Imbocchi Galleria Le Forche

<b>Le Forche Lato Canello</b>				
<b>Sezione di calcolo</b>	<b>u in testa [mm]</b>	<b>u<sub>max</sub> [mm]</b>	<b>Soglia di attenzione [mm]</b>	<b>Soglia di allarme [mm]</b>
km. 43+494	4.68	4.68	4.212	5.62
km. 43+512	1	2.67	2.403	3.20
km. 43+525	0	46.29	41.661	55.55
km.43+524	0	11.04	9.936	13.25

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA.00.0.0.001	REV. B FOGLIO 22 di 25

Le Forche Lato Benevento				
Sezione di calcolo	u in testa [mm]	u <sub>max</sub> [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
km. 45+688	7.08	15.16	13.64	18.19
km. 45+702	4.45	8.84	7.96	10.61
km. 45+687	1.01	1.01	0.91	1.21
km. 45+720	34.45	34.45	31.01	41.34

Tabella 8: Valori di soglia spostamenti Imbocco Imbocco Le Forche Lato Canello (sopra) e Lato Benevento (sotto)

Le Forche Lato Canello - Puntoni				
Sezione di calcolo	Valore di progetto [kN/m]	Valore di progetto [kN]	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
km.43+524	14.234	71.17	64.053	85.40

Le Forche Lato Benevento - Puntoni				
Sezione di calcolo	Valore di progetto [kN/m]	Valore di progetto [kN]	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
km. 45+688	205.34	1129.37	1016.433	1355.24
km. 45+702	155.33	854.315	768.8835	1025.18

Tabella 9: Valori di soglia puntoni Imbocco Imbocco Le Forche Lato Canello (sopra) e Lato Benevento (sotto)

- Le Forche Uscite di Emergenza

Le Forche uscita di emergenza km. 44+294				
Sezione di calcolo	u in testa [mm]	u <sub>max</sub> [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
km. 0+53.82	0.04	6	5.4	7.20
km. 0+53.12	0.4	3	2.7	3.60
km. 0+39.11	2.5	2.5	2.25	3.00

Tabella 10: Valori di soglia spostamenti uscita di emergenza km.44+294

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN Relazione di monitoraggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	RH	GA.00.0.0.001	B	23 di 25

Le Forche uscita di emergenza km. 44+294 - Puntoni			
Sezione di calcolo	Valore di progetto [kN]	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
km. 0+53.82	1333	1199.7	1599.60

Tabella 11: Valori di soglia puntoni uscita di emergenza km.44+294

Le Forche uscita di emergenza km. 45+105				
Sezione di calcolo	u in testa [mm]	u <sub>max</sub> [mm]	Soglia di attenzione [mm]	Soglia di allarme [mm]
km. 0+68.20	-0.04	20	18	24.00
km. 0+66.80	0.7	14	12.6	16.80
km. 0+56.20	0.4	8	7.2	9.60
km. 0+41.85	0.4	5	4.5	6.00
km. 0+27.82	10	10	9	12.00

Tabella 12: Valori di soglia spostamenti uscita di emergenza km.45+105

La definizione della soglia di attenzione e di allarme rispettivamente del 90% e 120% sono stati determinati rispetto ai valori di calcolo riportati nelle tabelle precedenti che saranno verificati ed eventualmente aggiornati sulla base delle analisi che saranno condotte nel progetto esecutivo di dettaglio.

Per gli inclinometri installati si faccia riferimento alle soglie di attenzione e di allarme relative agli spostamenti massimi delle paratie corrispondenti alle sezioni di calcolo più vicine all'inclinometro considerato.

Le tabelle seguenti forniscono un piano di azione indicativo delle contromisure per imbocchi per i due diversi livelli di guardia sopra definiti, redatto sulla base della risposta fornita dalla totalità della strumentazione installata.

In generale, al superamento della soglia di attenzione si dovrà prevedere tempestivamente ad un infittimento delle letture degli strumenti di monitoraggio.

Limite raggiunto	Azioni da intraprendere
Attenzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentare la frequenza di lettura della strumentazione installata</li> <li>- Verificare la necessità di installare strumenti di misura integrativi</li> <li>- Verificare sequenza esecutiva</li> </ul>

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandante:					
<b>SYSTRA S.A.</b>	<b>SWS Engineering S.p.A.</b>	<b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>				
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b>			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
<b>Relazione di monitoraggio</b>			<b>IF2R</b>	<b>3.2.E.ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GA.00.0.0.001</b>
			REV.	FOGLIO		
			<b>B</b>	<b>24 di 25</b>		

Allarme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ritaratura, nell'ambito degli intervalli individuati in sede di progetto, paratie, tiranti di ancoraggio e puntoni</li> <li>- messa in opera di ordini aggiuntivi di dreni</li> <li>- messa in opera di tiranti/puntoni attivi aggiuntivi</li> <li>- Stabilizzazione del piede delle scarpate tramite rinterro a valle</li> </ul>
---------	--

*Tabella 13: Piano di azione al superamento delle soglie*



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI GN</b> Relazione di monitoraggio	COMMESSA <b>IF2R</b>	LOTTO <b>3.2.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GA.00.0.0.001</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>25 di 25</b>

## 7 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è esposto il programma di monitoraggio previsto per la realizzazione delle gallerie artificiali e per i versanti di frana appartenenti al Lotto 3 nell'ambito della progettazione definitiva per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari.

Suddetto programma di monitoraggio si articola in una serie di rilievi e nell'installazione di strumenti atti alla valutazione delle caratteristiche dei terreni attraversati e del comportamento tensio-deformativo delle strutture di imbocco durante l'esecuzione degli stessi e della galleria.