

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
MONITORAGGIO STRUTTURALE
RILEVATI
RILEVATI DALLA PK 25+300 ALLA PK 32+130.00
PREDISPOSIZIONI PER IL MONITORAGGIO - RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	ConsorzioConsorzio			
 Ing. C. MALAVENDA In ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Settembre 21	Iricav Due Ing. Paolo Carmona Data: Settembre 21			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I	N	1	7	1	2	E	I	2
R	O	M	S	0	0	0	0	0
9	0	2	A	-	-	-	D	-

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing. Luca Randolfi	Settembre 21

Progettazione:								
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE	Russillo 	15/09/21	Gardani 	15/09/21	Galvanin 	15/09/21	 IL PROGETTISTA DOTT. ING. PAOLO GALVANIN Sez. A. Settori: a) civile e ambientale b) industriale n° A 21784 ing. Paolo GALVANIN Albo ingegneri Milano n. A21784 ALPINA Data: 15/09/21

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2ROMS0000902A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 2 di 8

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO PREVISTA NEL PROGETTO DEFINITIVO	3
2.1	Strumentazione per il monitoraggio in fase di costruzione	3
2.2	Strumentazione per il monitoraggio in fase di esercizio	4
3	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO PREVISTA NEL PROGETTO ESECUTIVO	4
3.1	Tratta da RI40A a RI45	4
3.1.1	Monitoraggio in fase di costruzione	4
3.2	Monitoraggio in fase di esercizio	5
3.3	Tratta da RI46 a RI61	5
3.3.1	Monitoraggio in fase di costruzione	5
3.3.2	Monitoraggio in fase di esercizio	6
3.3.1	Raccolta e gestione dei dati	7
3.3.2	Monitoraggio satellitare	7
4	CONCLUSIONI	8

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 3 di 8

1 PREMESSA

La presente relazione attesta la sostanziale rispondenza al progetto Definitivo ed alle eventuali prescrizioni dettate in sede di approvazione dello stesso (istruttorie Italferr allegate all'A.I., IN0D00DI2RHMD0000012A - RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE MODIFICHE PROGETTUALI DA RECEPIRE IN FASE DI SVILUPPO DEL PE) ed illustra le principali modifiche apportate alle predisposizioni necessarie per monitorare i rilevati ferroviari nella tratta in oggetto.

2 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO PREVISTA NEL PROGETTO DEFINITIVO

2.1 Strumentazione per il monitoraggio in fase di costruzione

La strumentazione di monitoraggio prevista nella relazione di PD IN0D00DI2RGMD0000009A "Relazione sul monitoraggio strutturale in corso d'Opera", per le WBS ricadenti tra le progressive PK 25+300 e PK 32+13.00 è suddivisa nelle seguenti sezioni:

- RI41: una sezione tipo B alla 26+200
- RI51: una sezione tipo P-A-M alla 29+425
- RI56: sezione tipo P-A-M alla 30+700
- RI59: sezione tipo P-A-M alla 31+125

Le sezioni sono state configurate come segue:

Sezione tipo B

- 4 punti di misura per livellazione topografica posti ai piedi del rilevato in costruzione due per parte a distanza progressiva di 5 metri uno dall'altro e due caposaldi esterni.
- 4 di misura per livellazione topografica posti alla sommità del rilevato e due caposaldi esterni.

Sezione tipo P-A per rilevati in affiancamento

- 12 punti di misura per livellazione topografica posti alla base e alla sommità del rilevato esistente. I punti ubicati alla sommità del rilevato, in posizione esterna, saranno integrati con miniprismi topografici per misure planimetriche.
- 4 miniprismi ottici per misure planimetriche.
- un profilometro idraulico a 5 punti di misura (con riferimento esterno fuori dall'area di influenza del manufatto) alla base del rilevato in costruzione.
- 2 estensimetri o assestimetri monobase tipo Tell Tales.
- 1 assestometro a piastra in asse rilevato.
- 1 piezometro elettrico.
- 1 piezometro Casagrande o a tubo aperto.
- 1 UAD (Unità Acquisizione Dati) statica.

Sezioni tipo P-A-M per rilevati in affiancamento con muri di sostegno

- N° 12 punti di misura per livellazione topografica posti alla base e alla sommità del rilevato esistente. I punti ubicati alla sommità del rilevato, in posizione esterna, saranno integrati con miniprismi topografici per misure planimetriche.
- N° 3 miniprismi ottici per misure planimetriche.
- N°2 clinometri elettrolitici sul muro di sostegno del rilevato in costruzione in corrispondenza dei due miniprismi superiori.
- N° 1 profilometro idraulico a 3 punti di misura (con riferimento esterno fuori dall'area di influenza del manufatto) alla base del rilevato in costruzione.
- N° 1 UAD statica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 4 di 8

2.2 Strumentazione per il monitoraggio in fase di esercizio

In sede di PD, erano inoltre previste diverse sezioni monitorate in esercizio, secondo lo schema seguente (Tabella 1), nonché era fatto riferimento ad un controllo di tipo satellitare nelle aree maggiormente critiche:

ELENCO RILEVATI CON INTERVENTI IN FONDAZIONE										
WBS				INTERVENTI IN FONDAZIONE				CEDIMENTI MASSIMI ATTESI	MONITORAGGIO IN ESERCIZIO	
	Da Pk	A Pk	Sviluppo	INTERVENTI	Da Pk	A Pk	Sviluppo	cm	Pk Stazione	Tipo di stazione
n°	Km	Km	m	-						
RI12	10.020,97	10.222,57	201,6	Bonifica profonda	10.020,97	10.222,57	201,60		10.200,00	A
RI14	10.400,00	10.733,61	333,61	Bonifica profonda	10.400,00	10.500,00	100,00		10.500,00	A
RI36	19.535,00	20.219,51	684,51	Inclusioni rigide con muro	19.900,00	20.219,00	319,00		19.900,00 - 20.100,00	B - B2
RI46	28.175,00	28.450,00	275	Inclusioni rigide	28.175,00	28.450,00	275,00	4,5	28.200,00	A1
RI47	28.450,00	28.693,27	243,27	Inclusioni rigide	28.450,00	28.693,27	243,27	5,2	28.600,00	A
RI48	28.693,27	28.925,00	231,73	Inclusioni rigide	28.693,27	28.925,00	231,73	6,0	28.925,00	A
RI50	29.150,00	29.400,00	250	Inclusioni rigide	29.150,00	29.200,00	50	5,6	29.200,00	A
RI55	30.409,60	30.640,00	230,4	Inclusioni rigide con muro	30.409,60	30.640,00	230,4	3,5	30.400,00	B2
RI56	30.640,00	30.940,00	300	Inclusioni rigide con muro	30.640,00	30.940,00	300,00	2,8	30.800,00	B1
RI57	30.940,00	31.190,00	250	Inclusioni rigide con muro	30.940,00	31.190,00	250,00	3,0	31.190,00	B
RI59	31.390,00	31.644,40	254,4	Inclusioni rigide con muro	31.390,00	31.600,00	210,00	3,1	31.600,00	B2
RI62	32.140,00	32.525,00	385	Inclusioni rigide	32.100,00	32.250,00	150,00	8,5	32.300,00	A2
Opera	N°	Sensore				Stazione tipo	Sensori previsti			
Rilevati con consolidamenti	1	Mire ottiche				A	1 - 3			
	2	Piezometro a corda vibrante L = 30 m				A1	1 - 2 - 3			
	3	Assestometro multibase				A2	1 - 2 - 3 - 4			
	4	Assestometro profondo				B	1 - 3 - 5 - 6 - 7			
Muro sottoscarpa	5	Clinometro biassiale				B1	1 - 2 - 3 - 5 - 6 - 7			
	6	Celle di pressione				B2	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7			
	7	Barrette estensimetriche a corda vibrante								

Tabella 1- Monitoraggio in esercizio previsto nel Progetto Definitivo

3 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO PREVISTA NEL PROGETTO ESECUTIVO

Sulla base delle analisi svolte in sede di PE, nel corso del quale il progetto è stato analizzato più in dettaglio, anche alla luce delle numerose indagini integrative, le sezioni strumentate per il monitoraggio dei rilevati in fase di costruzione sono state modificate come descritto nel seguito.

3.1 Tratta da RI40A a RI45

3.1.1 Monitoraggio in fase di costruzione

I nuovi rilevati AV non sono in affiancamento alla linea storica e sono generalmente posizionati a terreni con prevalenza di sabbie. Non sono previsti interventi di consolidamento sotto questi rilevati. Si sono quindi previste, oltre alla sezione strumentata di tipo B alla pk 26+200 (RI 41), altre **sezioni di monitoraggio di tipo B** ogni 500 m, ossia:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 5 di 8

- Pk 26+200 RI 41
- pk 26+700 RI 42
- pk 27+200 RI 43
- pk 27+700 RI 44

Considerata la natura dei terreni, i cedimenti si esauriranno praticamente durante la costruzione. La strumentazione prevista in sede di PD per la sezione di tipo B appare sufficiente per lo scopo.

3.2 Monitoraggio in fase di esercizio

La strumentazione installata durante la fase di costruzione nelle sezioni indicate potrà essere mantenuta anche per la fase di esercizio, trattandosi di mire topografiche.

3.3 Tratta da RI46 a RI61

3.3.1 Monitoraggio in fase di costruzione

La tratta risulta interamente in affiancamento al rilevato della linea storica, con interventi di consolidamento mediante inclusioni rigide e, spesso, muri di sostegno fondati su pali.

Si è prevista l'installazione di una sezione strumentata per ogni WBS nel tratto RI 46 – RI 61 (tipologia di sezione in funzione della presenza o meno di muri di sostegno) indicativamente alle seguenti progressive (Tabella 2):

WBS	Progressiva sezione strumentata (indicativa)	Tipo di sezione
RI 46	28+375	P-A
RI 47	28+650	P-A
RI 48	28+900	P-A
RI 49	29+150	P-A
RI 50	29+350	P-A-M (*)
RI 51	29+425 (traslabile fino a 29+625)	P-A-M (*)
RI 52	29+825	P-A-M (*)
RI 53	30+100	P-A-M (*)
RI 54	30+200	P-A-M (*)
RI 55	30+500	P-A-M (*)
RI 56	30+700 (traslabile fino a 30+900)	P-A-M (*)
RI 57	31+150	P-A-M (*)
RI 58	31+300	P-A-M (*)
RI 59	31+500	P-A-M (*)
RI 60	31+800	P-A
RI 61	31+975	P-A

Tabella 2 – Sezioni strumentate in fase di costruzione

Le tipologie di sezioni strumentate previste in sede di PE sono delineate ai punti seguenti.

Sezione tipo P-A per rilevati in affiancamento

- 12 punti di misura per livellazione topografica posti alla base e alla sommità del rilevato esistente. I punti ubicati alla sommità del rilevato, in posizione esterna, saranno integrati con miniprismi topografici per misure planimetriche.
- 4 miniprismi ottici per misure planimetriche.
- 4 assestimetri a piastra in asse rilevato.
- 2 assestimetri monobase di lunghezza 20 m al di sotto della quota del rilevato da prolungare fino alla sommità dello stesso durante la costruzione. Essi saranno posizionati e attrezzati in modo che possano essere letti anche a lungo termine con la linea in esercizio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 6 di 8

- 1 piezometro di lunghezza 12 m a partire dal piano campagna attuale, successivamente prolungato durante le fasi di costruzione del rilevato, predisposto per alloggiare due piezometri a corda vibrante posti a profondità di 5 e 10 m al di sotto della quota di imposta del rilevato.
- 1 piezometro tipo Casagrande di lunghezza 30 m e comunque tale da intestarsi per almeno 3-4m nelle formazioni ghiaiose profonde alla base degli strati argillosi superficiali. Il piezometro sarà attrezzato con due celle Casagrande poste a -10 m dal piano campagna e all'interno dello strato ghiaioso raggiunto dal sondaggio in fase di perforazione. L'installazione prevederà due zone filtranti all'interno delle celle porose e due tappi impermeabili. La lettura del livello o della pressione avverrà attraverso trasduttori di pressione elettrici con datalogger integrato e possibilità di trasmissione a distanza.
- 1 UAD (Unità Acquisizione Dati) statica.

Sezioni tipo P-A-M per rilevati in affiancamento con muri di sostegno

- 12 punti di misura per livellazione topografica posti alla base e alla sommità del rilevato esistente. I punti ubicati alla sommità del rilevato, in posizione esterna, saranno integrati con miniprismi topografici per misure planimetriche.
- 4 miniprismi ottici per misure planimetriche, di cui 2 installati sulla testa del muro di sostegno.
- 2 assestimetri a piastra in asse rilevato.
- 2 assestimetri monobase di lunghezza 20 m al di sotto della quota del rilevato da prolungare fino alla sommità dello stesso durante la costruzione.
- 1 piezometro di lunghezza 12 m a partire dal piano campagna attuale, successivamente prolungato durante le fasi di costruzione del rilevato, predisposto per alloggiare due piezometri a corda vibrante posti a profondità di 5 e 10 m al di sotto della quota di imposta del rilevato.
- 1 piezometro tipo Casagrande di lunghezza 30 m e comunque tale da intestarsi per almeno 3-4m nelle formazioni ghiaiose profonde alla base degli strati argillosi superficiali. Il piezometro sarà attrezzato con due celle Casagrande poste a -10 m dal piano campagna e all'interno dello strato ghiaioso raggiunto dal sondaggio in fase di perforazione. L'installazione prevederà due zone filtranti all'interno delle celle porose e due tappi impermeabili. La lettura del livello o della pressione avverrà attraverso trasduttori di pressione elettrici con datalogger integrato e
- 2 clinometri da parete per la misura delle rotazioni in testa al muro di sostegno.
- 3 miniprismi per il controllo delle deformazioni delle paratie provvisorie,
- una cella di carico per tiranti del tipo dinamometrico toroidale con capacità di carico pari al tiro massimo applicabile ai tiranti per le diverse sezioni.
- 1 UAD (Unità Acquisizione Dati) statica.

3.3.2 Monitoraggio in fase di esercizio

Si è mantenuta, in linea di principio, la schematizzazione di strumenti riportata nel PD, con alcune precisazioni/migliorie:

- dati i tempi presumibilmente rapidi di sviluppo dei cedimenti, si ritiene preferibile l'installazione di soli assestimetri monobase profondi rispetto agli assestimetri multibase;
- la profondità dei piezometri a corda vibrante è ridotta dai 30 m originari a 10 - 15 m circa, per meglio monitorare la profondità di presumibile maggior incremento delle pressioni interstiziali.
- le sezioni da monitorare per l'esercizio dovrebbero, almeno in parte, coincidere con quelle del monitoraggio in corso d'opera previste;
- l'installazione degli strumenti geotecnici profondi (assestimetri e piezometri) per il monitoraggio in esercizio dovrebbe essere eseguita durante la costruzione.

La numerazione tipologica strumentazione proposta è quindi la seguente:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 7 di 8

Tipo di strumentazione	Installazione
Mire ottiche (minimo 10 mire su ciascuna sezione, distribuite tra linea storica e nuovo rilevato)	Prevista già in fase di costruzione
Piezometri tipo Casagrande attrezzati con due celle di misura	Prevista già in fase di costruzione
Assestimetri monobase profondi L= 20 m	Prevista già in fase di costruzione

Tabella 3 – Strumentazione prevista per il monitoraggio in esercizio dei rilevati

Le sezioni strumentate, per la parte geotecnica relativa ai rilevati, comprenderanno quindi le tre tipologie di strumenti indicate e saranno posizionate in corrispondenza delle sezioni già individuate per il monitoraggio durante la fase di costruzione, secondo lo schema di Tabella 4.

WBS	Progressiva strumentata (indicativa) sezione
RI 42	26+700
RI 43	27+200
RI 44	27+700
RI 46	28+375
RI 47	28+650
RI 48	28+900
RI 49	29+150
RI 50	29+350
RI 51	29+425 (traslabile fino a 29+625)
RI 52	29+825
RI 53	30+100
RI 54	30+200
RI 55	30+500
RI 56	30+700 (traslabile fino a 30+900)
RI 57	31+150
RI 58	31+300
RI 59	31+500
RI 60	31+800
RI 61	31+975

Tabella 4 – Ubicazione delle sezioni di monitoraggio in fase di esercizio

3.3.1 Raccolta e gestione dei dati

La strumentazione installata (mire ottiche, caposaldi) durante la costruzione ed in esercizio sarà letta con procedure ottico/manuali; la strumentazione dotata di sensori per l'acquisizione di dati in automatico sarà collegata alla unità di acquisizione dei dati (UAD) dotata di una connessione wireless 4G, così da poter trasmettere i dati acquisiti in remoto su apposita piattaforma Web.

3.3.2 Monitoraggio satellitare

In continuità con le indicazioni del PD, si ritiene inoltre necessario acquisire i dati satellitari di tutta la zona interessata dalla costruzione dei rilevati da RI 45 a RI 61, compresi i dati storici degli ultimi anni.

L'acquisizione di tali dati risulta utile sulla base delle seguenti considerazioni

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE DI CONFRONTO P.D. / P.E.	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO MS 00 0 0 902	Rev. A	Foglio 8 di 8

- è importante avere informazioni dirette sull'andamento di eventuali cedimenti nell'area, anche in fase pregressa all'opera da realizzare, in modo da valutarne correttamente un eventuale impatto. I cedimenti in atto attualmente potrebbero essere legati a processi di cedimento viscoso ancora in atto (dovuti alla realizzazione del rilevato esistente), ovvero a cedimenti dovuti ad altri fenomeni, tipo emungimenti dalla falda profonda (anche localizzati), ovvero a fenomeni di subsidenza generalizzata. In ogni caso, un a lettura dello stato di fatto "ante-operam" è sempre un dato di chiarezza per valutare gli eventuali effetti dovuti alla realizzazione della nuova opera;
- i dati acquisiti permetteranno di valutare gli effetti su tutto lo sviluppo del tratto dei rilevati in affiancamento, e non solo in sezioni isolate. Inoltre, l'acquisizione dei dati satellitari mette anche al riparo da eventuali danneggiamenti o malfunzionamenti del sistema di acquisizione dati.
- l'acquisizione dovrà essere estesa sin dalle prime fasi di costruzioni, in modo acquisire dati utili che, assieme a quelli della strumentazione "tradizionale" prima indicata, potranno consentire un esaustivo quadro di insieme degli effetti indotti dalla costruzione dei rilevati, e non necessariamente limitatamente alla zona dei I rilevato della LS.

4 CONCLUSIONI

Le predisposizioni per il monitoraggio descritte nei paragrafi precedenti, sviluppate sulla base della integrazione delle informazioni geotecniche con le scelte progettuali e i risultati delle relative analisi numeriche, garantiscono in tutti i casi al Progetto Esecutivo il mantenimento dei livelli qualitativi e prestazionali dell'opera già previsti nel Progetto Definitivo