

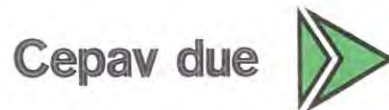
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03)

PK 115+990.00

Relazione monitoraggio opere all'aperto

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. Taranta) Data: <u>06 OTT 2018</u>	Valido per costruzione Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	G I 0 3 0 0	0 0 3	A

PROGETTAZIONE						IL PRINCIPAL INGEGNERE DELLA PRINCIPALITÀ DI MILANO	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data: 21/09/18	
A	Emissione	LUCIA	21/09/18	MERLINI	21/09/18	Data: 21/09/18	
B							
C							

CIG. 751447334A

File: INORT1EE2ROGI0300003A.doc

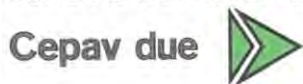


Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. AIRA srl

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GI 030 0 003

Rev.
A

Foglio
2 di 20

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	OGGETTO E SCOPO	3
1.2	BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	5
3	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO.....	7
3.1	NORMATIVE.....	7
3.2	SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	7
4	GENERALITA' SUL SISTEMA DI MONITORAGGIO	8
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	10
6	MONITORAGGIO DELLE PARATIE	11
6.1	MISURE TOPOGRAFICHE	11
6.2	CELLE DI CARICO TIRANTI.....	12
6.3	MISURE PIEZOMETRICHE	12
6.4	FREQUENZA DELLE MISURE.....	12
7	CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE.....	13
7.1	MIRE OTTICHE.....	13
7.2	CAPOSALDI TOPOGRAFICI	13
7.3	CELLE DI CARICO TOROIDALI	14
7.4	PIEZOMETRO A TUBO APERTO	14
8	VALORI DI ATTENZIONE E DI ALLARME DERIVANTI DALLE ANALISI NUMERICHE.....	16
9	SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA	18
10	RACCOLTA, TRASMISSIONE, ELABORAZIONE DEI DATI E GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	18
10.1	ELABORAZIONE DEI DATI	18
10.2	GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	19
10.2.1	Unità operativa.....	19
10.2.2	Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori.....	19
11	CONCLUSIONI	20

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto e scopo

Nella presente relazione si descrive la strumentazione di monitoraggio che si rende necessaria per la realizzazione dell'imbocco lato Milano della galleria naturale Lonato per quanto riguarda il controllo del corretto funzionamento delle opere di contenimento delle terre previste nel progetto della linea A.V. – A.C. Torino – Venezia lungo la tratta Milano – Verona.

Le opere necessarie alla realizzazione dell'imbocco della galleria si pongono in prossimità dell'autostrada A4 Milano-Venezia che pertanto verrà adeguatamente monitorata durante la costruzione.

1.2 Breve descrizione del progetto

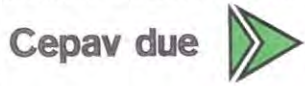
Nell'ambito del tracciato della linea ferroviaria Alta Velocità/ Alta Capacità Milano-Verona, la galleria Lonato, comprende la galleria naturale a doppia canna più lunga della tratta, con una lunghezza complessiva di circa 4.8 km. L'opera complessiva, compresa tra le progressive 114+535 e 122+250 riferite all'asse del binario pari, è suddivisa principalmente in sette parti d'opera distinte (WBS):

- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO OVEST (TR04), corrispondente a una trincea di muri ad U, della lunghezza di 30 m, di approccio alla galleria artificiale ovest;
- IMBOCCO LONATO OVEST (GI03), corrispondente ad una paratia di pali tirantata e un consolidamento a tergo delle paratie di uscita della fresa;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1425 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- GALLERIA NATURALE LONATO (GN02), corrispondente ad una galleria naturale a doppia canna a singolo binario, scavata in meccanizzato con lunghezze di 4782 m e 4748 m, tra le progressive 115+990 e 120+772;
- IMBOCCO LONATO EST (GI05), corrispondente ad una paratia di pali tirantata, un consolidamento a tergo delle paratie di uscita della fresa e delle opere di scavo del versante a tergo della paratia;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO EST (GA07), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1356 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO EST (TR05), corrispondente a una trincea di muri ad U e una trincea a cielo aperto, della lunghezza di 121 m, di approccio alla galleria artificiale est;

Per quanto concerne l'opera principale, costituita dalla galleria naturale, lo scavo è previsto con l'impiego di una TBM del tipo EPB.

La Galleria Lonato è ubicata poco a sud dell'omonimo abitato di Lonato in adiacenza ad una zona industriale; il tracciato ferroviario interferisce dopo circa 350 m dal primo inizio (nel verso delle progressive crescenti) con l'Autostrada A4 Milano – Venezia, al di sotto della quale dovranno passare le due canne della galleria Lonato con una copertura, rispetto all'autostrada, di circa 10 m.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GI 030 0 003

Rev.
A

Foglio
4 di 20

Il rivestimento della galleria sarà realizzato in conci prefabbricati, che fungono anche da rivestimento definitivo, posti in opera dalla macchina immediatamente dopo ogni fase di avanzamento, ad una ridotta distanza dal fronte.

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GI03, di cui la presente relazione di monitoraggio costituisce parte integrante.

GI03 - GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO PK 115+990.00

CODICE											DESCRIZIONE
INOR	11	E	E2	R	O	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Relazione di confronto PD/PE
INOR	11	E	E2	R	O	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Relazione Generale
INOR	11	E	E2	C	L	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Relazione di calcolo opere provvisionali
INOR	11	E	E2	C	L	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Relazione di calcolo opere provvisionali - allegati numerici
INOR	11	E	E2	R	O	GI	03	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Relazione monitoraggio opere all'aperto
INOR	11	E	E2	P	Z	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Scavi - Interventi di consolidamento della zona d'imbocco
INOR	11	E	E2	P	9	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Sistemazione Definitiva - Planimetria
INOR	11	E	E2	P	9	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Scavi - Planimetria
INOR	11	E	E2	F	9	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Scavi - Profili longitudinali
INOR	11	E	E2	W	9	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Scavi -Sezioni trasversali
INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Scavi - Planimetria, sezioni, armatura pista di cantiere
INOR	11	E	E2	P	9	GI	03	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Sviluppata paratia (Tav. 1/3)
INOR	11	E	E2	P	9	GI	03	0	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Sviluppata paratia (Tav. 2/3)
INOR	11	E	E2	P	9	GI	03	0	0	005	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Sviluppata paratia (Tav. 3/3)
INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Particolari costruttivi paratie
INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Armatura pali paratie (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Armatura pali paratie (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	P	Z	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Planimetria e sezioni monitoraggio paratie e scavi
INOR	11	E	E2	F	9	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Sistemazione Definitiva - Profili longitudinali
INOR	11	E	E2	W	9	GI	03	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Sistemazione Definitiva - Sezioni trasversali
INOR	11	E	E2	4	T	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Tabella materiali
INOR	11	E	E2	B	B	GI	03	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Dima di imbocco e solettone di spinta - Carpenteria 1/2
INOR	11	E	E2	B	B	GI	03	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Dima di imbocco e solettone di spinta - Carpenteria 2/2
INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	005	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Dima di imbocco e solettone di spinta - Armatura 1/3
INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	006	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Dima di imbocco e solettone di spinta - Armatura 2/3

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GI 030 0 003

Rev.
A

Foglio
6 di 20

INOR	11	E	E2	B	Z	GI	03	0	0	007	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Dima di imbocco e solettone di spinta - Armatura 3/3
INOR	11	E	E2	C	L	GI	03	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO IMBOCCO LATO MILANO (GI03) - PK 115+990.00 - Relazione di calcolo dima di imbocco

3 NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

3.1 Normative

Il quadro normativo alla base della presente revisione progettuale viene nel seguito riportato:

- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- **Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (*norma STI*)
- **AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.** Raccomandazioni

3.2 Specifiche Tecniche di Riferimento

La presente revisione progettuale, fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione RFI.

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Specifica funzionale per il sistema di protezione e controllo accessi delle Gallerie Ferroviarie (RFI DPO PA LG A). Emissione 5/5/2008

4 GENERALITA' SUL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Nel presente documento si espongono i criteri progettuali per l'allestimento e la messa in esercizio del sistema di monitoraggio strutturale dell'imbocco lato Milano della galleria naturale Lonato.

I terreni di fondazione sono caratterizzati da buone caratteristiche meccaniche, e le principali problematiche sono connesse con la realizzazione delle paratie in prossimità dell'autostrada A4.

Le paratie dall'imbocco si estendono dal km 115+990 BP al km 115+890 BP, e sono costituite da pali di grande diametro $\phi 1200$ mm a passo 1,4 m con altezza interna massima di 24 m. Sono presenti uno o due ordini di tiranti in funzione dell'altezza di scavo.

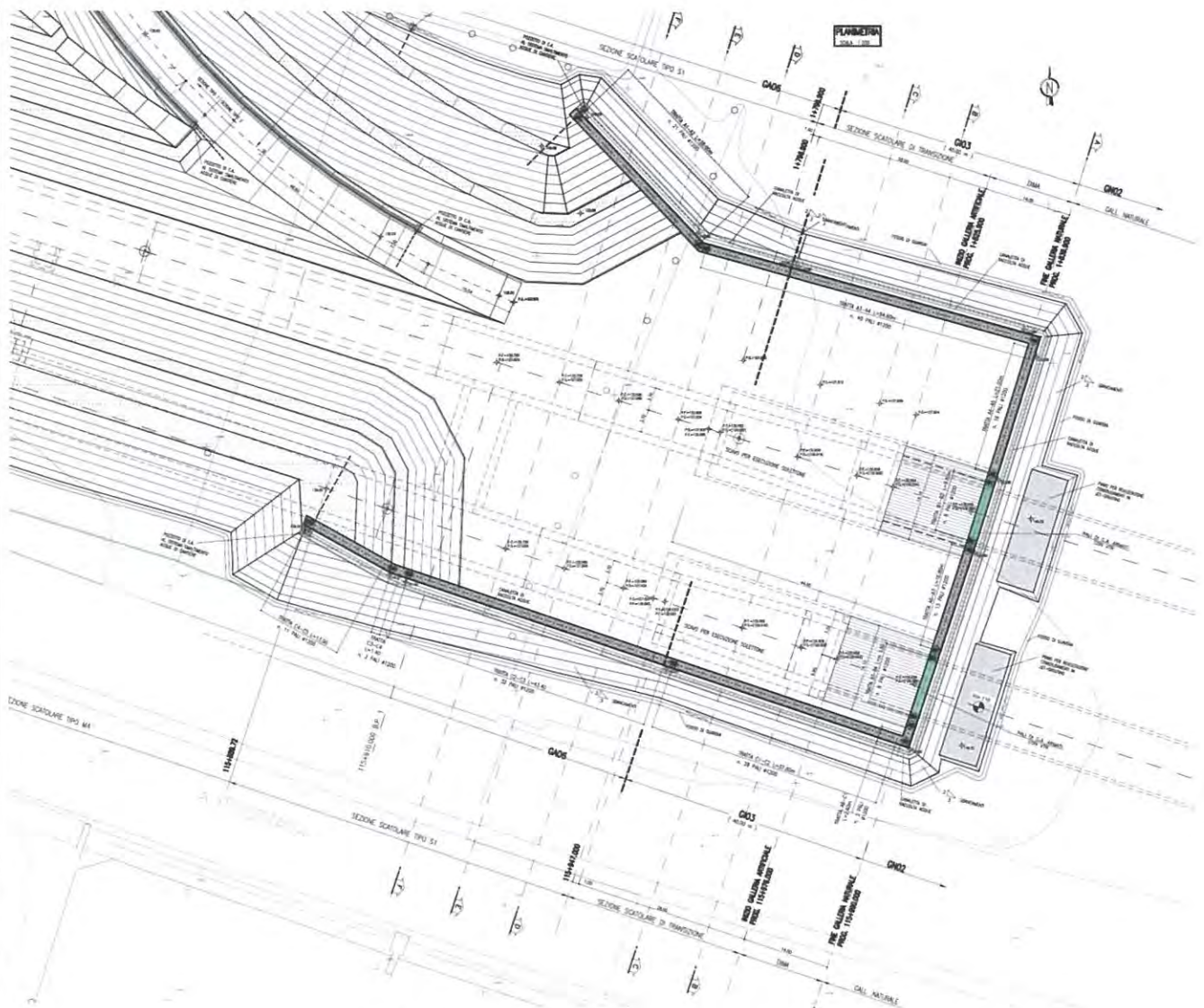
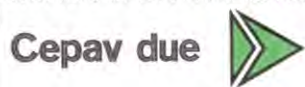


Figura 4.1 – Planimetria delle paratie di imbocco

I principali obiettivi progettuali sono quelli di consentire l'esecuzione degli scavi in assoluta sicurezza con minimizzazione delle perturbazioni nell'intorno; ovvero di non arrecare alcun danneggiamento alle infrastrutture poste nell'intorno dell'opera.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GI 030 0 003

Rev.
A

Foglio
9 di 20

Il progetto delle strutture di sostegno è quindi mirato a ridurre le deformazioni orizzontali e quindi quelle verticali indotte, a valori del tutto trascurabili, compatibili con la tolleranza delle strutture e delle infrastrutture circostanti.

A tal fine è previsto un apposito sistema di monitoraggio finalizzato alla verifica sperimentale, in corso d'opera, delle ipotesi progettuali.

Nella presente Relazione Tecnica viene descritto il sistema di monitoraggio delle strutture di perimetrazione e delle zone retrostanti, individuandone le caratteristiche e la cadenza delle misure contestualmente alle fasi esecutive.

5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Per la realizzazione della GA06 nel tratto che va dall'imbocco posto al km 115+990 fino al km 115+890 BP si rende necessaria la realizzazione di una struttura di sostegno provvisoria, con funzione di contenimento scavi in fase di realizzazione delle opere.

Le paratie previste saranno realizzate con pali trivellati di diametro $D = 1200$ mm, interasse longitudinale $i = 1,4$ m, solidarizzati in testa mediante una trave di collegamento in c.a. $1,40$ m x $1,0$ m (base x altezza). La posizione della falda durante le fasi di scavo è stata valutata di poco al di sopra del piano di scavo del piazzale, sulla base delle informazioni disponibili e pertanto è stata supposta a quota fondo scavo a favore di sicurezza.

Le tipologia di sezione predominante prevista su quasi tutto il tratto ad eccezione dei tratti terminali e degli imbocchi è costituita da una paratia con due ordini di tiranti.

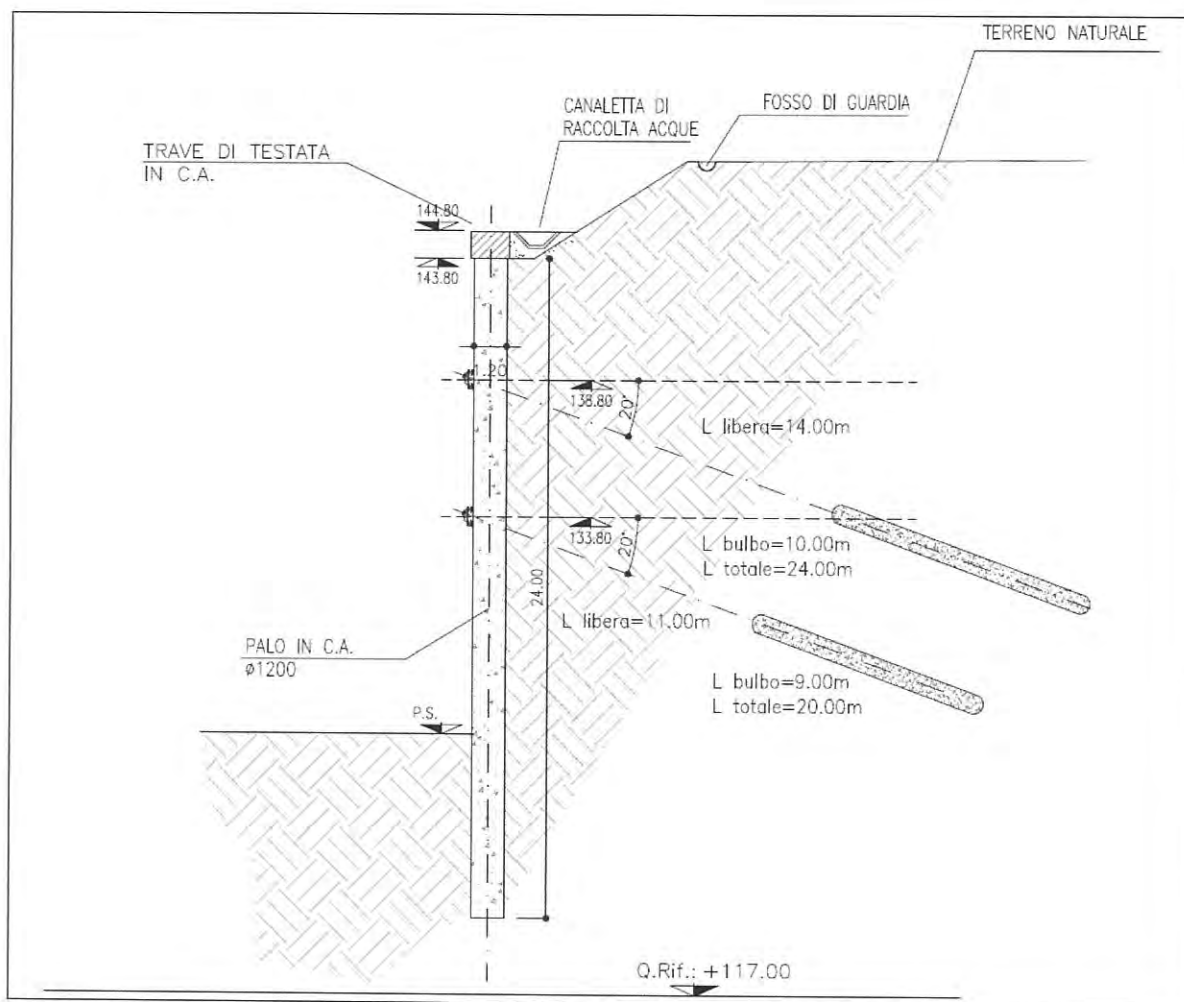


Figura 1: Sezione tipo con 2 ordini di tiranti

6 MONITORAGGIO DELLE PARATIE

Il monitoraggio delle paratie (pali affiancati $D=1200$ mm, $i=1.4$ m) avviene mediante misurazione degli spostamenti esterni e profondi nel terreno, misure della falda e del tiro nei tiranti.

Per la descrizione dettagliata delle opere si fa riferimento alla relativa relazione delle opere provvisoriale. Si prevede di eseguire misure topografiche, misure del carico dei tiranti e misure piezometriche.

Il sistema di monitoraggio previsto consentirà di determinare, durante la fase di costruzione, eventuali spostamenti atipici delle stesse e/o perdite di carico dei tiranti e di apportare gli eventuali interventi correttivi in funzione dell'entità delle anomalie riscontrate.

Complessivamente si prevede l'allestimento della seguente strumentazione.

- Paratie lato autostrada A4:
 - o mire topografiche sul cordolo delle paratie 1 ogni 20 m;
 - o mire topografiche sulle travi di ripartizione dei tiranti 1 ogni 40 m;
 - o celle di carico sui tiranti 1 ogni 40 m;
 - o capisaldi topografici su terreno in adiacenza all'autostrada 1 ogni 40m;
 - o piezometri nei fori di sondaggio presenti in zona.

6.1 Misure topografiche

Gli spostamenti vengono rilevati mediante battute ottiche su apposite mirette topografiche installate sulla trave di coronamento e sulla trave di ripartizione.

Le mire ottiche sul cordolo si posizionano ad interasse longitudinale di 20 m e 40 m sulla trave di ripartizione.

Le mirette devono garantire la stabilità geometrica per un periodo dell'ordine di 2 anni. Le battute topografiche dovranno essere fatte con la precisione del decimo di millimetro.

La posizione dei riscontri topografici dovrà essere misurata prima dell'inizio degli scavi ("lettura di zero"), in modo tale da non essere influenzata dalle operazioni di scavo. La misura al livello dei tiranti si effettua immediatamente dopo l'installazione degli stessi. Lo strumento di misura sarà costituito da una stazione dotata di teodolite e di un distanziometro elettronico che misureranno le posizioni delle mire ottiche rispetto ad un sistema fisso di coordinate. La precisione richiesta per la strumentazione è di 1 mm.

strumento	frequenza lettura *
mire ottiche paratie	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura / 2 settimane durante l'esecuzione della paratia; • 1 lettura/giorno negli scavi; • 1 lettura/settimana fino a ritombamento.
capisaldi topografici per livellazione edificio	
mire ottiche per controllo topografico edificio	
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate	

Tabella 6.1 – frequenze misure topografiche paratie

6.2 Celle di carico tiranti

Si posizionano celle di carico, poste sui tiranti, per misurare nel tempo il tiro effettivo a cui sono soggetti i tiranti, posizionati con l'interdistanza precedentemente definita.

Le testate dove si prevederanno tali celle di misura dovranno essere accuratamente protette e sigillate per evitare il degrado dovuto agli agenti atmosferici.

strumento	frequenza lettura *
celle di carico paratie imbocchi	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura/giorno negli scavi per il primo mese; • 2-3 letture/settimana negli scavi per i successivi 2-3 mesi; • 1 lettura/settimana fino a fine lavori.
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate	

Tabella 6.2 –frequenze misure celle di carico tiranti

6.3 Misure piezometriche

Al fine di monitorare l'evoluzione delle condizioni idrauliche al contorno si prevede la misurazione delle quote di falda nei piezometri a tubo aperto, ubicati nei sondaggi in prossimità delle paratie.

Dove gli scavi andranno ad intercettare la superficie piezometrica dovranno essere eseguite misure della portata di emungimento a fondo scavo; contestualmente dovranno essere effettuati controlli del livello piezometrico all'esterno dello scavo.

strumento	frequenza lettura *
piezometri	<ul style="list-style-type: none"> • 1 lettura / 2 settimane durante l'esecuzione della paratia; • 1 lettura/settimana negli scavi; • 1 lettura/mese fino a ritombamento.
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate	

Tabella 6.3 –frequenze misure piezometriche paratie

6.4 Frequenza delle misure

In fase di lettura si dovrà verificare l'assenza di spostamenti significativi dei punti di misura topografici messi in opera e, contemporaneamente, la tenuta del tiro dei tiranti monitorati attraverso le celle di carico.

Le letture degli strumenti topografici risultano giornaliere durante gli scavi e settimanali successivamente, fino a ritombamento. Per gli strumenti in foro si prevedono letture settimanali durante gli scavi e mensili con gli scavi aperti e fino a ritombamento. Le frequenze andranno opportunamente incrementate in presenza di misurazioni anomale.

Nelle misurazioni, per altro, possono destare preoccupazione valori anomali degli spostamenti differenziali tra una lettura e la successiva oltre al valore assoluto degli stessi: in altre parole se sussiste un incremento non giustificato da operazioni di scavo o altre situazioni gravose è opportuno analizzare approfonditamente le ragioni di tale comportamento e, laddove necessario, apportare possibili accorgimenti od integrazioni al Progetto.

7 CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE

7.1 Mire ottiche

Le mire ottiche per il monitoraggio dovranno essere dei target riflettenti con croce di mira delle dimensioni minime di 50x50 mm. I target potranno essere montati su un supporto plastico ancorato alla struttura mediante un tassello o barra metallica filettata inghisata, oppure potranno essere di tipo adesivo ed applicati direttamente sulla struttura da monitorare.

Le misure dovranno essere eseguite con stazioni totali automatiche con precisione delle letture angolari a norma ISO 17123-3 di 1.5 cc e precisione di misura delle distanze a norma ISO 17123-4 di 1 mm + 1 ppm, e provviste di regolare certificato di calibrazione.



Figura 7.1 – Esempio di target topografico riflettente su supporto in plastica.

Le mire ottiche dovranno essere installate prima dell'esecuzione dei relativi scavi da monitorare e dovrà essere eseguita una lettura di zero subito dopo l'installazione. Sui fabbricati da monitorare l'installazione delle mire dovrà essere effettuata prima dell'inizio dei lavori e in concomitanza con l'esecuzione dello stato di consistenza del fabbricato stesso, mentre sulle opere di contenimento le mire dovranno essere installate una volta ultimata la parte di struttura sulla quale devono essere posizionate, prima dell'ulteriore approfondimento degli scavi. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

7.2 Caposaldi topografici

I caposaldi topografici per il monitoraggio dovranno essere costituiti da una vite in acciaio inox, con testa sferica del diametro di 10 mm e della lunghezza di 400 mm, o prolungata tramite una barra metallica filettata, inserita all'interno di un foro del diametro di 100 mm e profondità di 400 mm riempito con boiaccia cementizia. Sulla testa della vite dovrà essere presente un'apposita scalfittura per le operazioni di misurazione. In Figura 7.2 è riportato uno schema dei caposaldi topografici.

Le misure dovranno essere eseguite con strumentazione avente le caratteristiche del punto precedente ed utilizzando una palina topografica dotata di miniprisma, o posizionando dei cavalletti topografici sui punti di lettura.

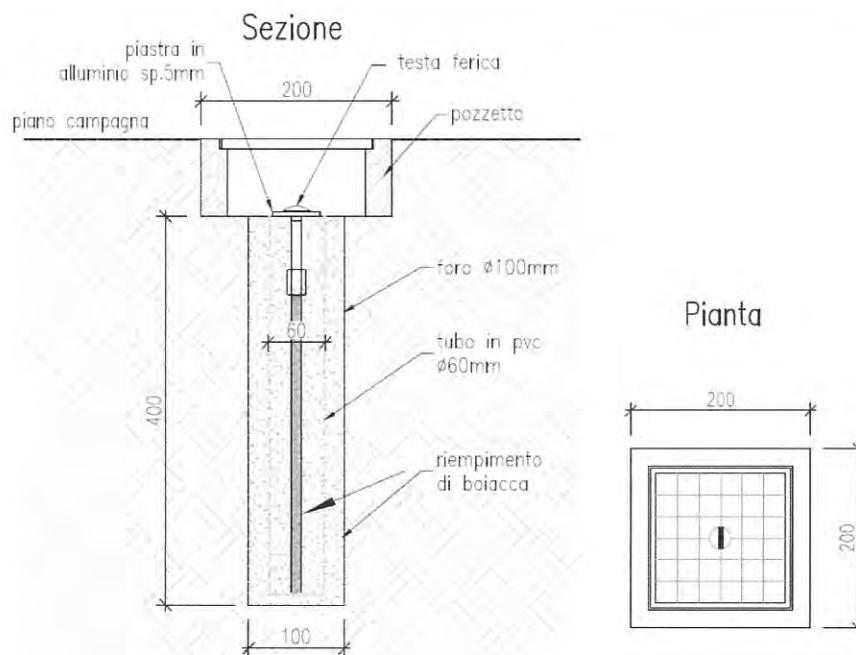


Figura 7.2 – Caposaldi topografici per il monitoraggio.

I caposaldi topografici e la relativa lettura di zero dovranno essere realizzati prima dell'inizio degli scavi da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla realizzazione del caposaldo, in modo da escludere eventuali assestamenti. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

7.3 Celle di carico toroidali

Le celle di carico per il monitoraggio della forza nei tiranti dovranno essere posizionate in testa ai tiranti, tra una piastra di appoggio e la piastra di distribuzione del carico del tirante. Le celle dovranno essere elettriche con trasduttore di tipo resistivo, dovranno avere un fondo scala di 2500 kN e una sensibilità di almeno 0.06 % del fondo scala. Le celle di carico dovranno essere leggibili manualmente con apposita strumentazione di lettura. La lettura di zero dovrà essere eseguita successivamente all'installazione del tirante, prima dell'esecuzione di ulteriori lavorazioni.

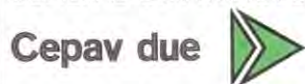
7.4 Piezometro a tubo aperto

Il piezometro a tubo aperto sarà posizionato appena a tergo delle paratie per il controllo del livello della falda e sarà costituito da:

- una cella filtrante (o tubi fessurati ricoperti di tessuto non tessuto);
- tubi lunghi 3m;
- manicotti;
- chiusino di protezione.

Il foro di sondaggio viene riempito attorno al tubo con sabbia e/o ghiaietto in modo da permettere l'ingresso dell'acqua nel tubo attraverso il filtro.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GI 030 0 003

Rev.
A

Foglio
15 di 20

L'installazione è prevista in un foro di perforazione realizzato mediante sondaggio a carotaggio continuo o a distruzione. Si consiglia sempre la stabilizzazione delle pareti con una tubazione di rivestimento provvisoria, di diametro interno non inferiore a 85mm, mentre è da evitare l'utilizzo di fanghi. Per la stabilizzazione del fondo foro, in assenza di falde artesiane, si dovrà mantenere il livello dell'acqua dentro la perforazione un poco al di sopra del livello piezometrico nel terreno.

L'installazione dei piezometri e la relativa lettura di zero devono essere effettuati prima dell'inizio dei lavori di scavo da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla completa realizzazione del piezometro, in modo da escludere eventuali assestamenti.

8 VALORI DI ATTENZIONE E DI ALLARME DERIVANTI DALLE ANALISI NUMERICHE

Si riportano di seguito i valori di attenzione e di allarme sulla base delle analisi numeriche svolte nella relazione di calcolo delle paratie della GI03.

- Mire ottiche

In corrispondenza della tratta A e B

Spostamento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
< 2,2	2,2	2,6

Tabella 8.1 – Valori di soglia di spostamento

In corrispondenza della tratta C

Spostamento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
< 1,0	1,0	1,2

Tabella 8.2 – Valori di soglia di spostamento

- Celle di carico sui tiranti

	Ordine	Tiro [kN]	
		Soglia attenzione	Soglia di allarme
Tratta A	I	706,2	921,5
	II	644,8	840,8
Tratta B	I	400,3	520,4
Tratta C	I	548,7	714,9
	II	573,1	747,0

Tabella 8.3 - Valori di soglia nei tiranti

- Subsidenze attese in corrispondenza dell'autostrada A4

In corrispondenza della zona interessata dall'autostrada è stata eseguita una apposita sezione di calcolo per il dimensionamento della struttura di sostegno in maniera tale da garantire la funzionalità della infrastruttura posta in prossimità.

L'analisi ha permesso di stimare anche i cedimenti a tergo della sede stradale per mezzo della teoria di Boone & Westland 2006 sulla base dell'andamento degli spostamenti orizzontali.

Dall'analisi dei cedimenti accumulati durante le fasi di scavo il cui involucro è presentato in figura, si evince che il cedimento in corrispondenza della sede stradale dovuto allo scavo è dell'ordine di pochi millimetri quindi tale da non provocare danni alla stessa.

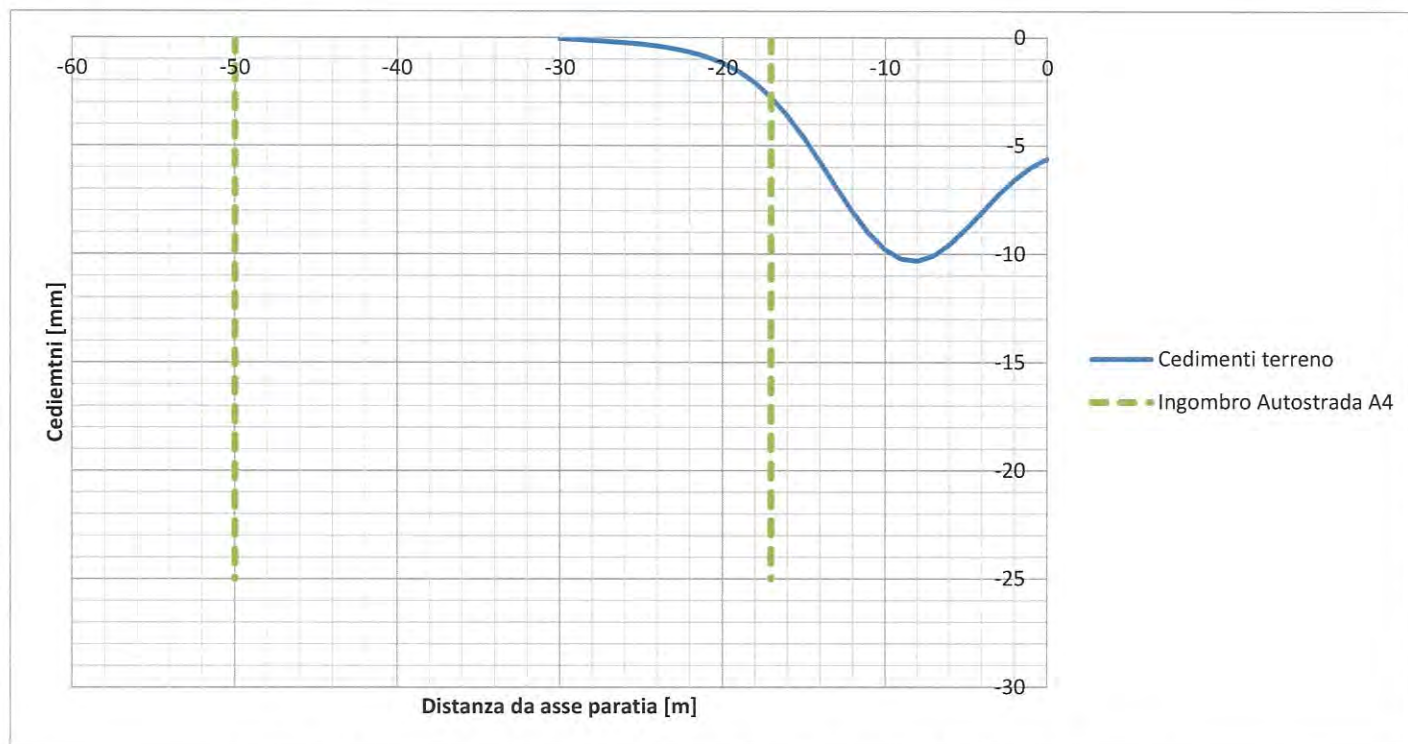


Figura 8.1 – Cedimenti in corrispondenza della sede autostradale dovuti allo scavo.

Pertanto si stabiliscono i seguenti valori di soglia nei capisaldi in corrispondenza dell'autostrada:

Cedimento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
< 1,0	1,0	1,2

Tabella 8.4 - Valori di soglia nei capisaldi topografici

- Piezometri

Quota falda [m.s.l.m]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
quota fondo scavo	Falda a +0,5m da quota fondo scavo	Falda a +1m da quota fondo scavo

Tabella 8.5 - Valori di soglia nei piezometri

Tutti i parametri devono essere comunque controllati ed in caso di superamento del valore di attenzione o del valore di allarme di uno solo di essi si dovrà comunque procedere come definito in tabella ed aumentare la frequenza di rilievo delle grandezze che permettono il monitoraggio dei due parametri.

Si ritiene utile infine puntualizzare che il superamento puntuale di un valore di attenzione di un parametro può essere da solo di poca importanza, perché dovuto per esempio a cause locali, e solo un attento esame di tutti i dati provenienti dall'intero "volume di controllo" e soprattutto l'evolversi nel tempo di tali valori, potrà dare un quadro coerente degli eventuali fenomeni in atto.

9 SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA

In caso di superamento delle soglie di attenzione da parte di uno o più strumenti di monitoraggio, la frequenza delle letture andrà incrementata per poter rilevarne l'evoluzione nel tempo e confermare il dato misurato. Potrà inoltre venire installata della strumentazione aggiuntiva per una miglior definizione del fenomeno.

In caso l'evoluzione dei valori misurati tenda ai valori definiti dalle soglie di allarme, le operazioni di scavo dovranno essere interrotte e si dovrà continuare il monitoraggio finché non verranno definiti gli interventi addizionali da eseguire.

Qualora vengano invece raggiunti i valori di soglia di allarme da parte di uno o più strumenti di monitoraggio, le misure dovranno essere ripetute e bisognerà confermarne l'attendibilità. In seguito alla conferma dei valori misurati gli scavi dovranno essere immediatamente interrotti e si dovrà procedere al ritombamento degli stessi ed alla successiva progettazione di un intervento integrativo per il ripristino degli standard di sicurezza.

10 RACCOLTA, TRASMISSIONE, ELABORAZIONE DEI DATI E GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

10.1 Elaborazione dei dati

Le grandezze monitorate in seguito ad una opportuna elaborazione consentono le seguenti operazioni:

- calcolo dei cedimenti indotti sulle opere ricadenti del bacino di subsidenza,
- attivazione delle fasi di attenzione e/o di allarme nel caso in cui i valori superino i rispettivi valori di soglia,
- verificare le ipotesi di calcolo assunte per il calcolo degli effetti indotti dallo scavo in termini di cedimenti, spostamenti, variazioni del livello di falda;

Pertanto i dati ottenuti dalle operazioni di monitoraggio devono essere registrati sia su supporto magnetico (in formato leggibile, es.: *.dat) sia cartaceo e gestiti, per una corretta elaborazione, mediante un software adeguato.

Il software impiegato dovrà fornire, previa elaborazione dati, in formato numerico e in forma di grafici cartesiani le seguenti grandezze:

- spostamenti verticali lungo le sezioni monitorate,
- rapporto di inflessione
- ed inoltre dovrà evidenziare il superamento (per i valori di volume perso e di rapporto di inflessione) dei valori di soglia corrispondenti alle condizioni di attenzione e/o allarme.

10.2 Gestione del sistema di monitoraggio

Per ottenere una corretta gestione del sistema di monitoraggio si prevede una struttura organizzativa delle attività costituita dalle seguenti unità:

- unità operativa,
- unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori.

10.2.1 Unità operativa

L'unità operativa avrà il compito di:

- eseguire le misure in campo;
- effettuare l'elaborazione e restituzione dei dati;
- convalidare le misure e i dati acquisiti da punto di vista strumentale;
- trasmettere i dati alla Direzione Lavori e a utenti remoti;
- occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolti dovrà consistere nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati. I dati forniti dovranno essere convalidati dal punto di vista strumentale da parte dell'unità operativa.

La struttura fornirà inoltre informazioni, grafici o tabelle a differenti livelli di dettaglio inerenti il sistema di monitoraggio a utenti remoti, secondo modalità operative che verranno definite e concordate con i progettisti dell'opera.

10.2.2 Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori

L'unità di supporto tecnico avrà il compito di fornire l'interpretazione ingegneristica dei dati forniti dall'unità operativa.

Gli ambiti di intervento possono essere riassunti con le attività seguenti:

- interpretazione geotecnica;
- analisi effetti su edifici;
- verifica metodologia di scavo;
- verifica ipotesi progettuali.
- Le analisi dei dati sarà propedeutica per la valutazione e adozione delle azioni necessarie, a supporto della Direzione Lavori, al fine di garantire la corretta gestione e realizzazione dell'opera.

11 CONCLUSIONI

Il sistema di monitoraggio da prevedere per la realizzazione della galleria artificiale Lonato Ovest è strutturato per controllare il comportamento delle paratie negli scavi di sbancamento e per la misura degli spostamenti sugli edifici adiacenti.

Il piano delle misure è costituito da:

- Misure di deformazione orizzontale dei pali alla quota del tirante con mire ottiche;
- Misure di deformazione dei pali alla quota di sommità con mire ottiche sul cordolo;
- Misure della falda con piezometri a tubo aperto nei fori di sondaggio in prossimità dell'imbocco;
- Controllo del tiro nei tiranti sulle paratie di imbocco con celle di carico;
- Misura degli spostamenti sugli edifici interferenti con capisaldi topografici da livellazione al piano campagna e mire ottiche al primo piano;

Il monitoraggio si compone della strumentazione a presidio degli scavi per la realizzazione delle opere all'aperto. Il monitoraggio si attua in corso d'opera, in concomitanza con gli scavi e fino a ritombamento. I valori attesi di spostamento derivano dai calcoli di dimensionamento, mentre le azioni correttive consistono nella definizione di più accelerate frequenze di lettura, variazioni nella sequenza di scavo, nell'incremento dei consolidamenti e dei supporti sulle paratie, nell'abbassamento dei livelli di falda.