

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA

LOTTO 1 BATTIPAGLIA-PRAIA

LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA-POTENZA

PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE


Relazione sul piano di monitoraggio

SCALA:

-

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

R C 2 I A 1 R 1 1 R H O C 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Latini <i>F. Latini</i>	30/09/22	G. Scasserra <i>G. Scasserra</i>	30/09/22	D'Amore <i>D'Amore</i>	30/09/22	L. Berardi 30/09/22 

File: RC2IA1R11RHOC0000002A

n. Elab.

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1 NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI E LINEE GUIDA	4
3. CRITERI GENERALI DEL PROGETTO DEL MONITORAGGIO	5
3.1 OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO	5
4. PROGETTO DEL MONITORAGGIO.....	7
4.1 DISTRIBUZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO	7
4.1.1 Opere di sostegno di nuova realizzazione e piano campagna in prossimità dell'area di scavo.....	7
4.1.1 Preesistenze	10
4.2 FREQUENZA DELLE LETTURE.....	16
5. SOGLIE DI MONITORAGGIO E CRITERI PER L'ATTUAZIONE DEI PROVVEDIMENTI CORRETTIVI.....	18
Soglia di attenzione – aspetti generali.....	18
Soglia di allarme – aspetti generali.....	19
6. GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	20
6.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	21
6.2 STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEDICATA AL MONITORAGGIO	22
6.3 PROCEDURE DI DETTAGLIO	23
7. REPORTISTICA DI MONITORAGGIO E FREQUENZA DI RESTITUZIONE DEI DATI	24
8. CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE DI MISURA	25
8.1 CAPISALDI TOPOGRAFICI	25
8.2 MIRE OTTICHE	25

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	2 di 28

8.3	INCLINOMETRI	25
8.4	PIEZOMETRI	26
8.5	FESSURIMETRI	27
8.6	CELLE DI CARICO	28

1. PREMESSA

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto il **lotto 1a Battipaglia – Romagnano**, individuato come prioritario e inserito all'interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).



Figura 1-1 Nuova linea AV Salerno – Reggio Calabria: suddivisione in lotti funzionali

Il tracciato si sviluppa in doppio binario dalla stazione di Battipaglia (l' inizio intervento è posto al km 73+790 della linea Battipaglia – Potenza C.le) e si estende per circa 35 km.

Vengono attraversati i territori di Battipaglia, Eboli, Campagna, Contursi Terme, Sicignano degli Alburni e Buccino, tutti nella Provincia di Salerno.

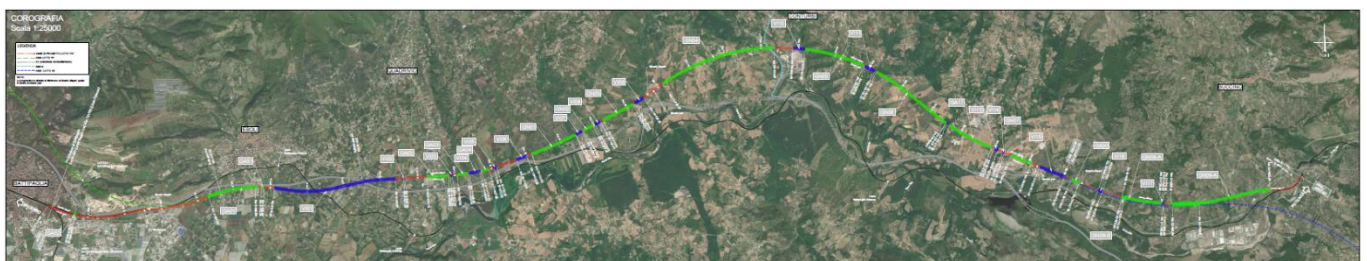


Figura 1-2 Lotto 1a Battipaglia – Romagnano. Corografia dell'intervento

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI E LINEE GUIDA

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- RFI DTC SI MA IFS 001 E del 21-12-20 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificata dal Regolamento (UE) N° 776/2019.

3. CRITERI GENERALI DEL PROGETTO DEL MONITORAGGIO

Nel seguito vengono illustrati i criteri generali seguiti per la progettazione del sistema di monitoraggio, la relativa strumentazione e le procedure previste per assicurare il corretto svolgimento delle operazioni...

Gli elaborati che costituiscono il progetto di monitoraggio descrivono l'ubicazione planimetrica la tipologia della strumentazione prevista, nonché le modalità di acquisizione dei dati (frequenze di lettura, etc.). Tali indicazioni andranno verificate ed adattate alle situazioni effettivamente riscontrate in sito (accessibilità dell'aree, etc.), durante le successive fasi di approfondimento della progettazione (es: progetto esecutivo).

Le caratteristiche tecniche della strumentazione e le modalità di installazione indicate nei successivi capitoli possono essere migliorate in funzione di quanto disponibile commercialmente e di eventuali accorgimenti operativi. In tutti i casi, le variazioni dovranno comunque garantire la funzionalità e l'efficacia di quanto installato e la significatività delle misure acquisite, nei riguardi dei criteri e delle necessità progettuali.

In particolare, per la strumentazione di controllo delle opere esistenti (fabbricati e cavalcavia) vengono fornite indicazioni generali, valide per tutte le tipologie. Tale strumentazione potrà essere integrata opportunamente sulla base della documentazione relativa alla singola struttura e dei primi risultati ottenuti dal monitoraggio, modulando i controlli alle reali necessità riscontrate in sito.

Il sistema di monitoraggio è stato definito in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione in corso d'opera, al fine di poter intervenire con eventuali azioni correttive da adottare qualora ci si discosti dalle previsioni progettuali, in termini di effetti sulle interferenze con le preesistenze (infrastrutture, fabbricati, etc.) e del comportamento delle nuove strutture in corso di realizzazione.

3.1 OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Il presente piano di monitoraggio viene definito con l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza sia durante la realizzazione dell'opera, sia durante l'esercizio.

Al fine di verificare la congruità tra le ipotesi progettuali e il comportamento osservato e controllare la qualità delle prestazioni dell'opera dopo la costruzione, è stata scelta l'opportuna strumentazione da installare in funzione dei parametri che si intendono monitorare.

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	6 di 28

In particolare, nella tabella seguente si riportano le grandezze da misurare e la relativa strumentazione prevista allo scopo.

Tabella 3-1 Grandezze da misurare e strumentazione prevista

	Grandezza da misurare	Strumentazione prevista
Regime idraulico	Misura di pressioni interstiziali	Celle Casagrande
Comportamento delle strutture paratie, diaframmi	Spostamenti della struttura	Mire ottiche, inclinometri
	Carico sui tiranti	Celle di carico
Comportamento delle preesistenze cavalcavia, fabbricati	Misure dirette del terreno	Capisaldi di livellazione superficiale
	Spostamenti della struttura/distorsioni	Mire ottiche, livellazione topografica, clinometri.
	Misure del quadro fessurativo	Fessurimetri

Per il monitoraggio geomorfologico delle aree in dissesto e geotecnico-strutturale delle opere interferenti con le stesse (paratie di pali, pozzi e viadotti) si rimanda alla relazione sullo studio dei movimenti franosi e del dimensionamento preliminare opere di mitigazione (RC2IA1R11RHGB0000001).

4. PROGETTO DEL MONITORAGGIO

In relazione alle diverse tipologie di opere presenti (paratie di diaframmi, gallerie artificiali, muri ad U, ecc..) e alle interferenze con strutture esistenti (fabbricati e cavalcavia) è stata individuata l'appropriata strumentazione e la misura delle grandezze significative, quali spostamenti, tensioni, forze e pressioni interstiziali - prima, durante e/o dopo la costruzione delle opere previste in progetto.

In particolare, il sistema di monitoraggio verrà così articolato:

1. Monitoraggio delle opere di sostegno in costruzione e del piano campagna in prossimità dell'area di scavo;
2. Monitoraggio dei fabbricati prossimi all'area di scavo.

4.1 DISTRIBUZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

4.1.1 Opere di sostegno di nuova realizzazione e piano campagna in prossimità dell'area di scavo

Per il monitoraggio delle paratie, delle gallerie artificiali e dei muri ad U, e del terreno in prossimità dell'area di scavo, sono previste delle sezioni strumentate in corrispondenza delle quali predisporre la strumentazione sia in corrispondenza delle opere sia sul terreno a tergo delle stesse (Elab. RC2IA1R11WAOC0000001).

In corrispondenza delle sezioni strumentate verranno utilizzate le tipologie di strumenti di seguito elencate:

- capisaldi per il livellamento manuale di precisione (cedimenti del terreno/subsidenza) allineati in direzione perpendicolare all'asse dello scavo e disposti ad un interasse variabile tra i 5 ai 10 m;
- mire ottiche installate sul cordolo di testa e lungo il fusto dei pali e sul rivestimento in funzione delle diverse sezioni di calcolo (spostamenti diaframmi);
- piezometri elettrici di lunghezza pari a L=25 m e posti a circa 3 m di distanza dall'asse dei diaframmi (pressioni interstiziali del terreno);
- inclinometri di lunghezza pari a L=25 m posti in opera durante la fase di getto dei pali/diaframmi (spostamenti orizzontali diaframmi);
- celle di carico in numero di 2 per ciascuna coppia di tiranti adiacenti (carico agente sui tiranti).

In funzione delle differenti condizioni al contorno, sono state definite n.4 sezioni tipo (Figura 4-1 - Elab. RC2IA1R11WAOC0000001).

SEZIONI TIPOLOGICHE DI MONITORAGGIO
SCALA 1:200

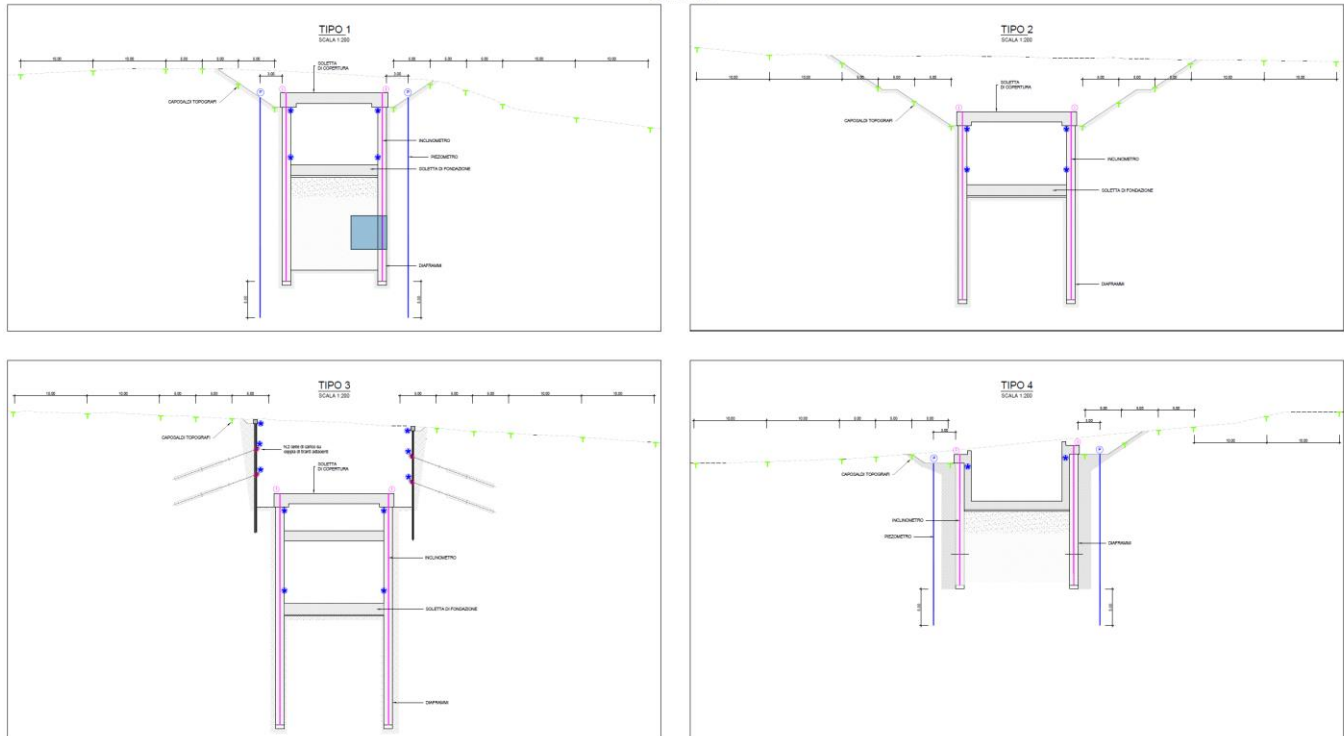


Figura 4-1 Sezioni tipo di monitoraggio

Nella tabella seguente si riporta il numero di strumentazione per sezione tipologica.

Tabella 4-1 Tipologia e n. di strumentazione per sezione tipologica

Tipologico	n° inclinometri	n° piezometri	n° mire ottiche	n° celle di carico	n° capisaldi
Tipo 1	2	2	4	-	10
Tipo 2	2	0	4	-	10
Tipo 3	2	-	10*	8*	10
Tipo 4	2	2	2	-	10

* per il Tipo 3 si riporta il numero massimo di celle di carico e mire ottiche (variabile in funzione della sezione analizzata)

In generale, la selezione delle sezioni da monitorare, e quindi la loro distribuzione planimetrica (Elab. RC2IA1R11P6OC0000001-3), è stata effettuata sulla base di due principali criteri:

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	9 di 28

- in funzione della densità di preesistenze con le quali la linea interferisce (fabbricati, cavalcavia, ecc.);
- in caso di particolari condizioni da attenzionare, come ad esempio nei casi di falda superficiale e importanti altezze di scavo.

Nella tabella seguente si riportano, per WBS, il numero e le sezioni tipo previste.

Tabella 4-2 Sezioni tipo e numero sezioni di monitoraggio per WBS

WBS	Sezione tipo	n°
GA52	2	2
MU05	4	1
GA01	1	6
GA01	2	8
MU06	4	1
GA51	1	1
GA02	2	3
GA17	3	8
MU54	4	1
GA20	1	1
MU55	4	1

In aggiunta a quanto riportato nella Tabella 4-2 Sezioni tipo e numero sezioni di monitoraggio per WBS sono previste le seguenti sezioni di monitoraggio:

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	10 di 28

- n.1 sezione di tipo 3 per la WBS PT24;
- n.1 sezione di tipo 3 per la WBS NV13.

Per entrambe le sezioni, oltre alla strumentazione prevista per il tipologico n.3 vengono considerati anche n.2 piezometri a sezione.

L'esatta ubicazione della strumentazione verrà definita nelle successive fasi progettuali.

Gli strumenti per i quali è prevista l'installazione diretta sui manufatti saranno tempestivamente posizionati non appena le tempistiche di cantiere lo renderanno possibile. Le letture di "zero" di tali strumenti saranno eseguite, per gli strumenti che lo consentono, immediatamente dopo l'installazione; per gli strumenti che prevedono l'uso di resine o cemento, l'azzeramento sarà eseguito non appena tali sistemi di ancoraggio avranno fatto completamente presa.

4.1.1 Preesistenze

Gli edifici interferenti con la linea in progetto sono stati individuati in prossimità delle zone in cui è prevista l'apertura degli scavi per la realizzazione delle GA01, GA02 e GA17. Sono stati, inoltre considerati il cavalcaferrovia alla pk 0+622.42, in prossimità della GA52, il cavalcavia alla pk 5+322.53, in prossimità della GA01 ed il cavalcavia alla pk 5+801, in prossimità della GA51. (Elab. RC2IA1R11P6OC0000001-3)

Per le preesistenze ubicate in prossimità dell'area di scavo si prevede il controllo degli spostamenti indotte dalle operazioni di scavo.

Il monitoraggio degli edifici viene realizzato mediante la seguente strumentazione:

- mire ottiche disposte sulle facciate degli edifici prospicienti l'area di scavo;
- capisaldi per la misura del cedimento da ancorare alla base dell'edificio e da leggere con *target* topografici installati al momento della lettura (punti di controllo per livellazioni topografiche);
- clinometri per il controllo delle deformazioni;
- fessurimetri (eventuali) disposti sulle fessure esistenti di particolare rilevanza strutturale.

Il numero delle mire ottiche e dei capisaldi di livellazione dipende dai seguenti fattori:

- dimensioni dell'edificio;

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	11 di 28

- posizione dell'edificio da monitorare rispetto al bacino di subsidenza prodotto dallo scavo;
- possibilità pratica di rilievo.

Ciascun edificio sarà comunque dotato di un numero minimo di 3 mire ottiche per ogni parete perimetrale libera ricadente, anche solo in parte, all'interno del bacino di subsidenza.

Per edifici in muratura la distanza delle mire, compatibilmente con la presenza di ostacoli o di altri vincoli, non dovrebbe essere maggiore di 3-4 metri. Nel caso di strutture a telaio in c.a. sarà installata almeno una mira in corrispondenza di ciascun elemento strutturale verticale visibile o comunque rilevabile. In presenza di edifici accostati, in prossimità del giunto verrà posta in opera una mira su ciascun edificio.

SEZIONE TIPO 1

Monitoraggio edifici Tipo 1

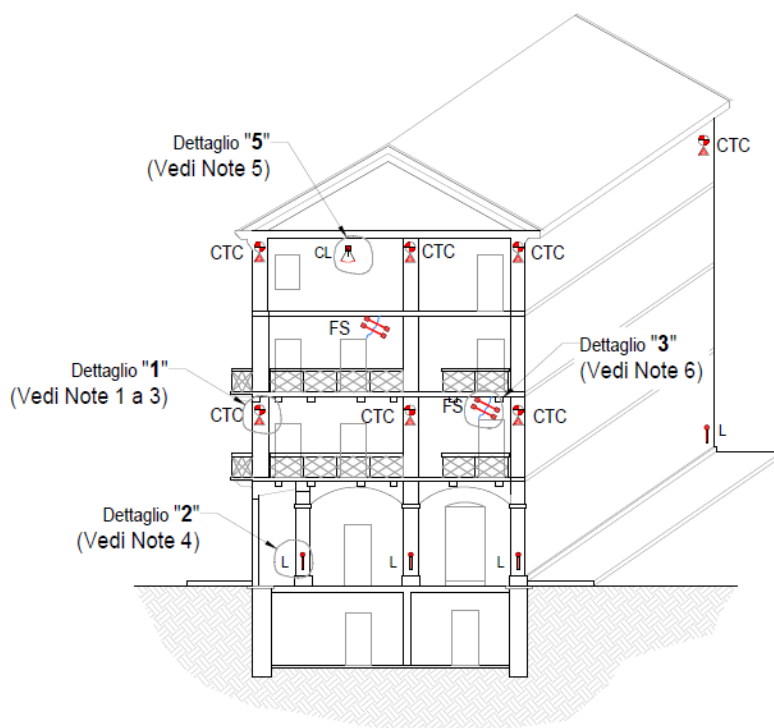


Figura 4-2: Tipologia strumentazione per edifici

L'installazione delle mire ottiche e il rilievo degli spostamenti devono essere effettuati lungo muri perimetrali che siano accessibili e comunque monitorabili. Si precisa che la posizione ottimale dei target ai fini del monitoraggio è orientativamente fra i 2.5 e 3 m dal piano di calpestio e cioè al di fuori della

immediata accessibilità. Tale criterio è ovviamente soggetto alle limitazioni dovute alla presenza di ostacoli e alla possibilità di trapiantare con i teodoliti automatici. Per ogni edificio è prevista l'installazione di un clinometro biassiale.

Eventuali fessurimetri verranno posizionati a cavallo delle preesistenti fessure degli edifici in modo tale da permettere il rilievo degli spostamenti relativi tra i lembi della fessura.

Per il monitoraggio dei tre cavalcavia si è ipotizzata una strumentazione sulla base di quanto definito per gli edifici.

Per tutte le preesistenze da monitorare indicate negli Elab. RC2IA1R11P6OC0000001-3, si riportano nella tabella seguente la tipologia e il numero di strumenti assegnati.

Tabella 4-3 Numero di strumenti e tipologia per preesistenze da monitorare

WBS di riferimento	Edificio	n° punti di livellazione	n° mire ottiche	n° clinometri
MU05	A1	5	5	1
GA01	A2	6	6	1
GA01	A3	4	4	1
GA01	A4	6	6	1
GA01	A5	6	6	1
GA01	A6	4	4	1
GA01	A7	4	4	1
GA01	A8	4	4	1
GA01	A9	5	5	1
GA01	A10	4	4	1
GA01	A11	7	7	1
GA01	A12	4	4	1
GA01	A13	4	4	1
GA01	A14	5	5	1
GA01	A15	4	4	1
GA01	A16	5	5	1
GA01	A17	4	4	1
GA01	A18	5	5	1

WBS di riferimento Edificio n° punti di livellazione n° mire ottiche n° clinometri

GA01	A19	4	4	1
GA01	A20	4	4	1
GA01	A21	4	4	1
GA01	A22	4	4	1
GA01	A23	4	4	1
GA01	A24	5	5	1
GA01	A25	5	5	1
GA01	A26	6	6	1
GA01	A27	4	4	1
GA01	A28	7	7	1
GA01	A29	7	7	1
GA02	A30	4	4	1
GA02	A31	4	4	1
GA02	A32	4	4	1
GA02	A33	5	5	1
GA17	A34	4	4	1
GA17	A35	4	4	1
GA17	A36	4	4	1
GA17	A37	4	4	1
GA17	A38	4	4	1
GA17	A39	6	6	1
GA17	A40	4	4	1
GA17	A41	4	4	1
GA17	A42	4	4	1
GA17	A43	5	5	1
GA17	A44	5	5	1
GA17	A45	4	4	1
GA17	A46	4	4	1
GA17	A47	4	4	1
GA17	A48	4	4	1
GA17	A49	4	4	1
GA17	A50	4	4	1
GA17	A51	8	8	1
GA17	A52	4	4	1
GA17	A53	4	4	1
GA52	C1	4	4	1

WBS di riferimento	Edificio	n° punti di livellazione	n° mire ottiche	n° clinometri
GA01	C2	4	4	1
GA51	C3	4	4	1

In aggiunta a quanto riportato nella Tabella 4-3 è previsto il monitoraggio di n.2 edifici in corrispondenza della WBS NV13.

Preliminarmente alle letture di zero sarà opportuno redigere un fascicolo dello stato di fatto di ogni fabbricato anche in termini di eventuale stato di fessurazione.

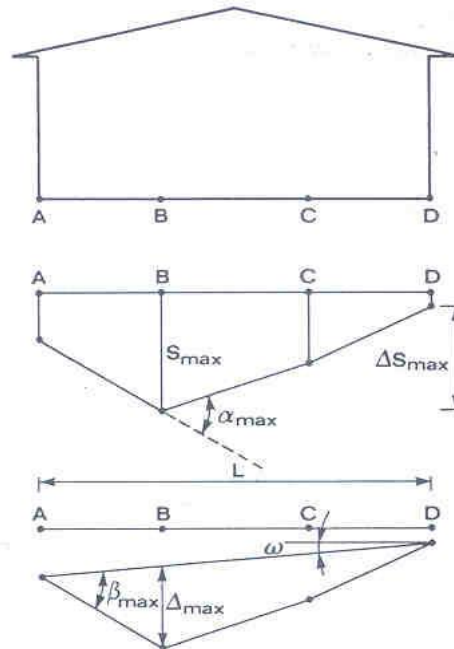
4.1.1.1 Parametri derivanti dalle misurazioni

Le grandezze misurate in superficie permettono il calcolo di alcuni parametri che sono rappresentativi dell'andamento delle operazioni di scavo e dei relativi effetti sulle opere in superficie. Questi parametri sono rispettivamente:

- il volume perso,
- il rapporto di inflessione;
- distorsione angolare tra i pilastri attigui per edifici in c.a.

Il **Volume perso (Vp)** Rappresenta l'area sottesa dalla curva dei cedimenti verticali sotto la linea della superficie indeformata per unità di lunghezza. Viene espresso come percentuale nominale del volume teorico di scavo.

Il **Rapporto di inflessione (Δ/L)** Rapporto tra la massima distanza misurata tra la configurazione rigida dell'edificio e la sua deformata e la lunghezza dell'edificio, o della porzione di edificio, interessata dai cedimenti (si veda la Figura 4-3).



S= CEDIMENTO ω = ROTAZIONE RIGIDA
 ΔS = CEDIMENTO DIFFERENZIALE
 β = ROTAZIONE RELATIVA
 α = DEFORMAZIONE ANGOLARE
 Δ = INFLESSIONE
 Δ/L = RAPPORTO DI INFLESSIONE
 (CURVATURA)

Figura 4-3: Rapporto di inflessione

La Distorsione angolare Δ tra due pilastri rapporto tra la massima differenza di cedimento tra due pilastri attigui di un edificio in c.a. e la distanza tra i pilastri stessi della porzione di edificio in c.a. interessata dai cedimenti.

4.2 FREQUENZA DELLE LETTURE

Per quanto riguarda le frequenze delle misurazioni previste per le diverse strumentazioni e per le varie sezioni tipo individuate, tenuto conto che la durata complessiva dei lavori è di circa 1200 giorni, sono state differenziate le seguenti fasi temporali:

- ante operam: considerata per un mese antecedente alla data di inizio dei lavori di ciascuna opera;
- Corso d'opera: della durata pari ai tempi della realizzazione dell'opera i-esima;
- post operam - fase 1: della durata pari al numero di mesi successivi alla fine dell'i-esima opera durante le lavorazioni di cantiere dell'intera infrastruttura;

In aggiunta alle letture di azzeramento, quindi, le frequenze associate a ciascuna fase temporale sopra indicata sono riassunte nella Tabella 4-4. Il principio è quello di ottenere misure più serrate nella fase immediatamente precedente l'avvio della costruzione dell'opera e durante l'esecuzione, per poi diminuire la frequenza delle letture durante le fasi post-operam.

Tabella 4-4 Frequenza delle letture per tipologia di strumento

Frequenza delle letture per il monitoraggio di opere di sostegno di nuova realizzazione e del piano campagna (per le fasi Post Operam le letture sono riferite solo alla strumentazione accessibile a fine lavori)

Tipologia di strumentazione	Corso d'opera (realizzazione opera i-esima)	Post Operam fase 1
Piezometri	1/7gg	1/30gg
Inclinometri	1/7gg	-
Mire ottiche	3/7gg	-
Celle di carico	3/7gg	-
Capisaldi	3/7gg	1/30gg

Frequenza delle letture per monitoraggio delle strutture preesistenti*

Tipologia di strumentazione	Corso d'opera (realizzazione opera i-esima)	Post-Operam fase 1
-----------------------------	--	-----------------------

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	17 di 28

Mire ottiche	3/7gg	1/30gg
Clinometri	3/7gg	1/30gg
Livellazioni topografiche	3/7gg	1/30gg
Fessurimetri	1/7gg	1/30gg

*Gli strumenti dovranno essere installati prima dell'inizio degli scavi delle trincee / diaframmi. La lettura di zero, condizione indisturbata, dovrà essere effettuata non appena lo strumento non risentirà più degli effetti delle operazioni di installazione.

5. SOGLIE DI MONITORAGGIO E CRITERI PER L'ATTUAZIONE DEI PROVVEDIMENTI CORRETTIVI

Nella fase di progettazione esecutiva dovranno essere definiti i valori di riferimento dei parametri oggetto di monitoraggio, sia in superficie (al piano campagna) sia sulle opere e sugli edifici, che determinano la soglia di allarme. In corrispondenza del superamento di ciascuna soglia devono essere definite le azioni da compiere al fine di prevenire il raggiungimento delle condizioni critiche.

Per il monitoraggio esterno, come parametri significativi si possono identificare i seguenti:

- andamento dei cedimenti del terreno a tergo delle opere;
- spostamenti orizzontali delle paratie e dei diaframmi;
- rapporto di inflessione e distorsione angolare degli edifici;
- livello di tensione sui tiranti

Nella successiva fase di realizzazione, l'Appaltatore potrà definire ulteriori parametri di controllo in aggiunta a quelli sopra indicati, definendo specifici valori di soglia di attenzione e di allarme con le correlate azioni correttive per prevenire il raggiungimento delle condizioni critiche.

Sono di seguito forniti i criteri generali per la definizione delle soglie e la loro gestione nella fase realizzativa.

Soglia di attenzione – aspetti generali

Il raggiungimento/superamento di tale soglia apre una fase di attenzione che comporta una serie di azioni finalizzate a verificare l'importanza dei fenomeni in atto, contrastare la tendenza al superamento dei limiti di verifica progettuale e la tendenza verso la soglia di allarme; si riportano, a titolo di esempio le azioni che si possono intraprendere al raggiungimento della soglia di attenzione:

- rilievi sulla strumentazione disponibile per un controllo di ridondanza delle misure;
- aumento della frequenza delle letture al fine di controllare la rilevanza dei fenomeni e la velocità di evoluzione;
- eventuale inserimento di nuovi strumenti e punti di misura.

Al raggiungimento della soglia di attenzione deve essere eseguita un'analisi approfondita dei dati in maniera integrata per la comprensione dei fenomeni, con la valutazione delle azioni da mettere in atto, come previsto da progetto, qualora nelle fasi successive si raggiungesse a soglia di allarme.

Soglia di allarme – aspetti generali

La soglia di allarme è un valore rappresentativo di un fenomeno che può costituire un potenziale pericolo per la funzionalità delle strutture e per l'interazione con le preesistenze. Il raggiungimento/superamento della soglia di allarme comporta l'attivazione di una serie di azioni volte a scongiurare la tendenza del fenomeno ad ulteriore significativa crescita verso la condizione di non ammissibilità.

6. GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per una buona strutturazione del sistema di monitoraggio a lungo termine sono da considerare come imprescindibili 4 aspetti fondamentali:

- l'affidabilità e durabilità dei componenti, ovvero la capacità di uno strumento di operare correttamente e quindi di fornire i risultati attesi per il periodo di tempo richiesto nelle condizioni operative previste;
- la stabilità nel tempo dei componenti, ovvero la capacità di uno strumento di operare per un determinato periodo di tempo senza subire modificazioni che comportino variazioni della misura non correlate a variazioni della grandezza misurata;
- l'accessibilità ai componenti del sistema dopo l'installazione, ovvero la possibilità di recuperare il componente o almeno alcune sue parti critiche per controlli, verifiche o manutenzione o, ancora, di poter operare sul componente per verificarne lo stato di conservazione e la correttezza delle misure fornite.

Oltre ai tre criteri citati, è bene ricordare comunque che vi sono aspetti a valenza generale che, nel caso di monitoraggio a lungo termine sono ancora più rilevanti, quali:

- la conoscenza approfondita delle condizioni ambientali e delle condizioni al contorno in cui si opera;
- una stretta collaborazione tra le parti - Committente, Direzioni Lavori, Strumentista, Impresa Generale, Impresa Specializzata – per definire e soprattutto concordare, anche a livello contrattuale, le specifiche progettuali del sistema;
- l'impiego di personale specializzato dedicato alle installazioni e alla raccolta ed elaborazione delle misure;
- una continua gestione e manutenzione del sistema che comprenda sia interventi preventivi che straordinari.

Sulla base di questi concetti, e stante la notevole quantità di dati che verranno raccolti, per la gestione delle misure del sistema di monitoraggio nella fase esecutiva l'Appaltatore deve predisporre una piattaforma Web-GIS che garantisca:

- rapida ed agevole accessibilità ai dati di monitoraggio, sia da parte del personale addetto alla gestione del monitoraggio, che della Direzione Lavori e del Committente;
- tempestiva diffusione di dati e report di monitoraggio,
- realizzazione di una banca dati delle misure, organizzata nel tempo e nello spazio, e di semplice consultazione.

Con l'impiego di specifici Software l'Appaltatore provvederà alla conversione, gestione e visualizzazione automatica dei dati di monitoraggio provenienti da sistemi di monitoraggio esterno ed interno, automatizzati e manuali.

6.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

I dati raccolti dovranno essere gestiti mediante un sistema informativo geografico (GIS) per il monitoraggio, che ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati derivanti dal monitoraggio durante le diverse fasi realizzative dell'opera, confrontarli fra di loro e con tutti gli altri dati derivanti da ulteriori indagini, fornendo un supporto alle decisioni in tempo reale.

Tutti i dati raccolti dovranno essere trasmessi e raccolti sulla piattaforma Web-Gis dedicata. L'unità centrale di elaborazione dati, con software dedicati, dovrà processare e controllare in continuo le grandezze rilevate e fornire un controllo con le soglie di attenzione e allarme. Tali processi avvengono sotto la diretta sorveglianza delle unità operative di monitoraggio. Tutti questi dati devono essere accessibili da qualsiasi posizione da remoto sulla piattaforma.

Il GIS è composto da una serie di strumenti software per memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare i dati rilevati dal sistema di monitoraggio. Il sistema informatico deve essere in grado di gestire e analizzare i dati spaziali associando a ciascun elemento geografico, oggetto di monitoraggio, una o più descrizioni alfanumeriche.

Il sistema deve:

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	22 di 28

- permettere la visualizzazione degli oggetti e dei punti sottoposti a monitoraggio su una mappa in cui sono rappresentata le opere;
- attivare o disattivare layer tematici;
- permettere di graficizzare la velocità di avanzamento del fronte;
- permettere la gestione di soglie di monitoraggio con l'attivazione di diversi livelli di allarme su alcune categorie di parametri definiti negli elaborati di progetto;
- elaborare e graficizzare i dati secondo le necessità degli operatori in funzione del tempo, dello spazio, della posizione del fronte o secondo le analisi previste nel progetto di monitoraggio (per esempio calcolo dell'area di subsidenza delle sezioni topografiche esterne o dei parametri di distorsione derivanti dalle misure di cedimento delle facciate di edifici);
- esportare in modo organizzato dati (in formato excel) o categorie di dati in funzione di range;
- essere fruibile via web agli operatori tramite password con diversi livelli di operatività.
- archiviare i dati a fine lavoro e chiusura del sito web e renderli fruibili su postazioni pc.

6.2 STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEDICATA AL MONITORAGGIO

L'Appaltatore dovrà formalizzare la propria struttura organizzativa opportunamente calibrata per svolgere le seguenti attività:

- eseguire i rilievi e le misure in campo (rilievo mire ottiche disposte in corrispondenza degli edifici, capisaldi in asse strada o lungo le sezioni topografiche e o complete, rilievo della falda)
- effettuare la restituzione dei dati
- convalidare le misure e i dati acquisiti da punto di vista strumentale
- trasmettere i dati alla struttura tecnica di supporto incaricata
- occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria della strumentazione

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	23 di 28

- analizzare, elaborare i dati e di verificare il corretto avanzamento dello scavo
- fornire informazioni, grafici o tabelle a differenti livelli di dettaglio
- trasmettere i dati alla Direzione Lavori e agli utenti remoti (indicati dalla committenza)
- informare la Direzione Lavori e le altre strutture/tecnici individuati del superamento delle soglie nelle modalità che saranno previste nell'ambito di procedure di dettaglio proposte dall'impresa ed approvate dalla DL.

Nell'ambito delle attività di monitoraggio l'impresa esecutrice dovrà indicare il personale tecnico incaricato di Interfacciarsi con la Direzione Lavori.

6.3 PROCEDURE DI DETTAGLIO

L'Appaltatore dovrà emettere delle procedure operative con le quali definire:

- l'organizzazione per l'attività di monitoraggio e di interpretazione dati, ruoli e responsabilità nella gestione del monitoraggio,
- il flusso delle informazioni e l'iter operativo dalla misura alla validazione del dato alla trasmissione,
- nel caso di superamento delle soglie, le procedure per l'attuazione dei provvedimenti previsti, fino alla verifica della loro efficacia e alla chiusura dell'allarme.

7. REPORTISTICA DI MONITORAGGIO E FREQUENZA DI RESTITUZIONE DEI DATI

I dati ottenuti dalle operazioni di monitoraggio devono essere disponibili sia su supporto digitale sia su supporto cartaceo (a richiesta) e gestiti, per una corretta elaborazione mediante un format adeguato.

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

- Monitoraggio esterno
 - Spostamenti verticali e orizzontali lungo le sezioni;
 - Volume perso
 - Spostamenti orizzontali

Inoltre, dovrà evidenziare il superamento (ad esempio per i valori di volume perso) dei valori di soglia corrispondenti alle condizioni di attenzione e/o allarme.

Tutti i grafici prodotti dovranno essere correlati alla sezione e/o al punto in asse rilevato, alla posizione dei fronti alla data del rilievo.

L'Appaltatore dovrà emettere relazioni di analisi ed interpretazione dei datai di monitoraggio correlati all'avanzamento con la seguente frequenza:

- report giornaliero
- report settimanale
- report mensile.

Il sistema di elaborazione dati avviene su software dedicato e si richiedono i diagrammi ed i tabulati relativi allo spostamento in funzione della profondità.

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. E' richiesta altresì una copia di tali dati anche su supporto magnetico.

8. CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE DI MISURA

Si riporta di seguito una generale descrizione degli strumenti tipologici utilizzati per il monitoraggio esterno e le modalità di installazione. Le tipologie descritte sono indicative e dovranno costituire requisiti minimi di riferimento per i piani di monitoraggio che verranno redatti nelle fasi progettuali successive.

8.1 CAPISALDI TOPOGRAFICI

Il sistema di controllo degli spostamenti verticali prevede un reticolo topografico di superficie costituito da capisaldi per livellazione topografica, organizzati secondo sezioni di controllo trasversali al tracciato e lungo l'asse della galleria ed anche ancorati sulle pareti alla base degli edifici da monitorare.

Si procederà all'installazione di caposaldi costituiti da un chiodo in acciaio inox o alluminio reso solidale alla superficie o edifici e protetti con adeguati pozzetti.

Le misure sono finalizzate alla determinazione della sola componente verticale di movimento (cedimenti) e saranno eseguite con stadia e livello di precisione che garantisce una risoluzione della misura pari a 0,1 mm. Tale strumentazione verrà letta manualmente da unità topografiche dedicate.

8.2 MIRE OTTICHE

Il riscontro topografico di misura da utilizzare per il controllo tridimensionale degli spostamenti è materializzato da mira ottica. Le misure si effettueranno manualmente, con grado di accuratezza pari a +/- 1,0 mm.

8.3 INCLINOMETRI

Per la misura degli spostamenti orizzontali dell'ammasso intorno alla galleria saranno predisposti dei tubi inclino metrici secondo la distribuzione indicata nell'apposito elaborato; i tubi di diametro esterno 71 mm e diametro interno 60 mm saranno dotati di apposito tappo di fondo e chiusino di superficie per poter permettere le letture manuali nel tempo secondo quanto stabilito dall'apposito piano.

La sonda inclinometrica sarà composta da un corpo in acciaio inossidabile munito di due coppie di rotelle a bilanciata con interasse di 500mm e connettore subacqueo per collegamento al cavo operativo.

Le caratteristiche della sonda sono riepilogate di seguito:

- *Sensore: biassiale a servo-accelerometri*

Relazione sul piano di monitoraggio

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	OC0000 002	A	26 di 28

- *Campo di misura: $\pm 30^\circ$*
- *Segnale in uscita: $\pm 5V @ FS$*
- *Tensione di alimentazione: da ± 12.5 a $\pm 15V DC$*
- *Risoluzione: 0.01mm su 500mm*
- *(equivalente a 2×10^{-5} rad)*
- *Precisione (linearità + isteresi): 0.02% FS*
- *Ripetibilità: 0.01% FS*
- *Temperatura di esercizio: $-20^\circ C$ + $70^\circ C$*
- *Materiale: acciaio inox*
- *Diametro corpo sonda: 28mm*
- *Lunghezza (senza connettori): 750mm*
- *Distanza fra i carrelli: 500mm*
- *Peso: 2.0 kg*

Il cavo inclinometrico sarà del tipo a 6 poli, rinforzato da fune in acciaio marcato ogni 50cm completo di connettore subacqueo e rullo avvolgicavo in PVC con supporto in acciaio tubolare.

L'acquisizione dei dati e la registrazione degli stessi sarà effettuata mediante apposita centralina di misura.

8.4 PIEZOMETRI

I piezometri sono previsti in presenza di una falda acquifera in terreni per la misura di livello della falda stessa.

Le celle piezometriche consentono di misurare l'entità delle pressioni idrostatiche di un fluido in un terreno ad una profondità nota, al fine di valutare l'efficacia del drenaggio effettuato in avanzamento durante lo scavo, i tempi di ripristino della pressione idraulica preesistente e l'entità delle pressioni neutre agenti sia in fase di scavo che a lungo termine.

Il tipo di piezometro varia in funzione della permeabilità dei terreni, dalla stratigrafia del sito e della rapidità di risposta della cella. Le celle piezometriche sono costituite da una cella porosa permeabile, collegata alla superficie mediante tubo in pvc cieco, generalmente di diametro pari a $\frac{1}{2}$ ". Le celle sono dotate di un trasduttore di pressione a corda vibrante interrogabile mediante un'apposita centralina di lettura. La pressione dell'acqua causa una deflessione del diaframma della cella con conseguente variazione della

tensione di un filo di acciaio teso tra la membrana ed il corpo dello strumento. La frequenza di oscillazione del filo risulta proporzionale alla pressione dell'acqua.

<i>Tipo di sensore</i>	<i>Trasduttore a corda vibrante</i>
<i>Range</i>	<i>350, 700 kPa, 1.7, 3.5 MPa</i>
<i>Risoluzione</i>	<i>0,025% del fondo scala.</i>
<i>Precisione totale</i>	<i>< 0,5% del fondoscala</i>
<i>Campo di temperatura</i>	<i>-20 / +100°C</i>
<i>Materiale</i>	<i>acciaio inox</i>

8.5 FESSURIMETRI

Eventuali fenomeni lesionativi preesistenti sugli edifici e sulle infrastrutture interferenti con le gallerie dovranno essere monitorati con fessurimetri;

Fessurimetri meccanici

Al fine di uniformare il dispositivo di controllo previsto e nell'ottica del migliore rapporto costi/benefici per la maggior parte degli edifici soggetti a controllo in fase di scavo, si utilizzeranno fessurimetri meccanici lineari, costituiti da due elementi indipendenti e sovrapposti costruiti in materiale plastico e dotati di appositi fori per il fissaggio a cavallo della fessura da monitorare. Gli elementi plastici sono dotati di reticolato centrale millimetrato con indicatore di riscontro, per la misura diretta degli spostamenti nel piano X-Y, con range di misura pari a +/- 25 mm.

L'esecuzione delle misure si effettuerà leggendo sul reticolato centrale millimetrato lo spostamento registrato dagli elementi di riscontro, con una risoluzione pari ad 1 mm. Lo strumento va fissato a parete, a cavallo della fessura da monitorare, mediante tasselli e viti (o speciali collanti) attraverso le asole presenti ai bordi del fessurimetro. Durante l'installazione una serie di fermi in plastica mantengono in posizione di zero i due elementi dello strumento. Solo dopo aver fissato solidalmente lo strumento a cavallo della frattura sarà possibile togliere i fermi ed eseguire la lettura di zero corredata da documentazione fotografica del riscontro millimetrato. Eventuali movimenti relativi tra i lembi della fessura saranno evidenziati dallo spostamento del cursore rispetto al riferimento grafico millimetrato.

8.6 CELLE DI CARICO

Le celle di carico di tipo elettrico saranno installate per determinare le forze applicate dai tiranti.

Tutte le celle di carico saranno installate negli ancoraggi selezionati dall'Ingegnere Geotecnico del progetto, e devono essere installati secondo le specifiche del produttore.

Caratteristiche:

- *Cella di carico idraulica dotata di impianto elettrico trasduttore di pressione*
- *Range di misura: da 200 a 1000 kN (dipenderà dal carico di progetto)*
- *Precisione $\pm 1\%$ FS (fondo scala)*
- *Risoluzione $\leq 0.025\%$ FS*
- *Segnale di uscita: 4-20 mA*
- *Temperatura di esercizio: -20° a $+80^{\circ}$ C*
- *Diametro esterno: variabile (dipenderà dal disegno dei tiranti / chiodi)*
- *Materiale: acciaio inox*