

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA898**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

Sintagma	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

GP INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
Cooprogetti	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
Cooprogetti	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
GEOTECHNICAL DESIGN GROUP	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
ICARIA società di ingegneria	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piuanno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
OMNISERVICE ENGINEERING	Dott. Ing. P. Agnello	

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

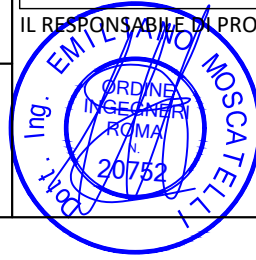
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



OPERE IN SOTTERRANEO
GALLERIA NATURALE FRANCOFONTE: ELABORATI GENERALI
Relazione di Monitoraggio

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.
L O 4 0 8 Z E 2 1 0 1

NOME FILE

T04GN00OSTRE01C

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB.

T 0 4 G N 0 0 O S T R E 0 1

C

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C	Revisione a seguito Rapporto di Verifica	Nov. 2021	M.Morigi	E.Moscatelli	N.Granieri
B	Revisione a seguito istruttoria ANAS	Sett. 2021	M.Morigi	E.Moscatelli	N.Granieri
A	Emissione	Giu 2021	M.Rinaldi	E.Moscatelli	N.Granieri

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	CONTROLLI SULLE PARETI DI IMBOCCO	3
2.1	STRUMENTAZIONE E FREQUENZA LETTURE.....	3
2.2	SOGLIA DI ALLERTA E DI ALLARME	5
3	CONTROLLI SULLE GALLERIE NATURALI	8
3.1	MISURE DI CONVERGENZA	8
3.2	MISURE DI TENSIONE CON CELLE DI CARICO E BARRETTE ESTENSIMETRICHE	10
3.3	MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE.....	14
3.4	VALORI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO	17
3.5	STRUTTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	18
4	MONITORAGGIO DI SUPERFICIE ED EDIFICI.....	24
4.1	VALORI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO	25

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano il programma di monitoraggio per la realizzazione delle paratie di imbocco provvisorie e per la realizzazione della galleria naturale Francofonte, da realizzare nell'ambito del progetto definitivo del collegamento autostradale Ragusa – Catania, lotto 4.

Tale programma si articola, in particolare, in una serie di rilievi e nell'installazione di strumenti atti alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del comportamento tenso-deformativo del cavo durante l'esecuzione della galleria.

Per le paratie propedeutiche alla realizzazione delle tratte in artificiale si hanno:

- stazioni di misura sistematiche degli spostamenti delle paratie di imbocco;
- misure estenso-inclinometriche in prossimità delle pareti di imbocco;
- misure delle tensioni nei tiranti mediante celle di carico.

Per la galleria naturale si hanno:

- stazioni di misura sistematiche delle convergenze;
- stazioni di misura con celle di carico o coppie di barrette estensimetriche sul rivestimento di prima fase e definitivo;
- rilievo geologico-geostrutturale del fronte di scavo;
- misure topografiche di estrusione del fronte
- misure estensimetriche di estrusione del fronte
- stazioni misura estenso-inclinometriche
- rilievo sistematico delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

L'insieme di questi dati concorrerà alla determinazione delle grandezze necessarie per l'applicazione delle linee guida, relativamente alla definizione dell'intensità degli interventi, delle cadenze lavorative e della sezione tipo da applicare tra quelle previste nella tratta.

Si evidenzia che le sezioni tipo allargate e le sezioni tipo standard hanno un comportamento, in termini di risposta tenso-deformativa, assimilabile.

2 CONTROLLI SULLE PARETI DI IMBOCCO

Il sistema di monitoraggio è stato pensato in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione della situazione in corso d'opera. Ciò 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 e del comportamento delle nuove strutture in corso di realizzazione.

A titolo non esaustivo, tali azioni correttive potranno consistere:

- integrazioni del monitoraggio previsto (come quantità e tipologia della strumentazione e come frequenza di lettura della stessa);
- integrazioni degli interventi di consolidamento e/o contenimento;
- variazioni delle modalità di risposta alle ipotesi di progetto.

L'insieme dei dati raccolti relativi agli effetti indotti nel volume di terreno interessato, potrà essere confrontata con quanto previsto in progetto, al fine di verificare la validità delle ipotesi assunte e dei modelli utilizzati.

2.1 STRUMENTAZIONE E FREQUENZA LETTURE

Le mire ottiche sono disponibili in vari modelli, dal semplice target tape adesivo fino alla mira bifacciale dotata di adattatore per chiodo di convergenza filettato.

La strumentazione di base di un inclinometro è costituita da:

- tubo inclinometrico in alluminio o ABS, a sezione circolare, provvisto di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica. Riproduce le deformazioni della massa di terreno così che le misure di inclinazione siano rappresentative degli effettivi movimenti. Mantiene costante il riferimento azimutale delle misure grazie alle quattro guide. Può essere installato in fori subverticali perforati attraverso la massa di terreno oppure inserito all'interno della struttura di sostegno. La posizione iniziale è stabilita con una serie di misure dette misure di zero; le misure successive consentono di stabilire l'entità e le velocità dei movimenti alle varie profondità;
- sonda inclinometrica. È costituita da un corpo metallico cilindrico provvisto di 2 carrelli che consentono di mantenere costante l'orientamento azimutale della sonda e quindi dei sensori contenuti. I sensori, nel caso di sonde biassiali, misurano l'inclinazione in due piani ortogonali, uno dei quali è il piano delle ruote dei carrelli ed è convenzionalmente chiamato asse A mentre l'altro è chiamato asse B. Le misure sono quindi puntuali, riferite cioè ad una precisa quota, generalmente ogni 0.5 m;
- cavo di misura. Serve per calare la sonda in profondità e per effettuare il collegamento elettrico. È armato con un cavo ed una treccia in acciaio inox per evitare l'allungamento, ed è provvisto di tacche tattili ogni 0.5 m,
- centralina di misura. Permette di rilevare i valori inclinometrici alle varie quote nella forma più idonea per l'elaborazione.

Le celle di carico toroidali per tiranti possono essere:

- di tipo idraulico. Sono composte da un corpo in acciaio inox di forma toroidale al cui interno è ricavata una camera di pressione; la camera di pressione viene riempita sotto vuoto con olio disareato. Un manometro con scala in KN consente la misura diretta del carico. Montando al posto del manometro un trasduttore di pressione elettrico è possibile automatizzare la misura trasmettendo i dati in remoto;
- di tipo elettrico. Sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauges di tipo resistivo che garantiscono una bassa sensibilità ai carichi eccentrici.

2.1.1 MISURE TOPOGRAFICHE

Sulle paratie di imbocco dovranno essere installate fin dal momento dell'esecuzione dello sbancamento basi di mire ottiche per la successiva realizzazione di misure per il rilievo degli eventuali spostamenti della posizione delle stesse.

Indicativamente le basi avranno una distanza reciproca dell'ordine di 20 m e saranno ubicate sui cordoli di testa delle paratie di imbocco e ad un'altezza pari alla metà della massima altezza di scavo.

Una mira ottica sarà inoltre installata su ciascun puntone di controvento della paratia, in corrispondenza della sezione di mezzzeria.

La misura si effettuerà come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura sarà pari a 0.1 mm.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle mire ottiche può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo necessario per il fissaggio dei target);
- n. 1 lettura prima di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/3gg durante l'esecuzione degli scavi;
- n. 1 lettura al termine di ciascuna fase di scavo;
- n. 1 lettura dopo la tesatura degli ancoraggi;
- n. 1 lettura/15 gg sino a stabilizzazione misure;
- n. 1 lettura/30gg in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

2.1.2 MISURE MEDIANTE ESTENSO-INCLINOMETRI

Si prevede l'installazione di n.2 estenso-inclinometri automatizzati per ciascun doppio imbocco.

Gli estenso-inclinometri fissi vengono installati all'interno di tubi inclinometrici dotati di anelli magnetici di riferimento e consentono un monitoraggio automatico ad elevata precisione dei cedimenti del terreno o del rilevato entro cui sono collocati. Gli estenso-inclinometri vengono installati all'interno di una verticale dotata di anelli magnetici di riferimento e sospesi alla profondità desiderata per mezzo di un cavetto in acciaio.

L'estenso-inclinometro è inoltre dotato di un sensore inclinometrico biassiale con accelerometri: questa sonda è quindi in grado di generare un profilo tridimensionale delle deformazioni del substrato entro cui sono installate. Collegando le sonde al datalogger munito di modem GSM/GPRS, si ottiene un impianto di monitoraggio automatizzato in grado di raccogliere dati secondo frequenze prestabilite e di trasmetterli alla Stazione Centrale Remota.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura degli inclinometri può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero
- n. 1 lettura prima di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/3gg durante l'esecuzione degli scavi;
- n. 1 lettura al termine di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/15 gg sino a stabilizzazione misure;
- n. 1 lettura/30gg in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

2.1.3 MISURE DI TENSIONE MEDIANTE CELLE DI CARICO

Si prevede l'installazione di n.12 celle di carico per tiranti per ciascun imbocco, per il controllo della tesatura dei tiranti a trefoli e delle barre d'ancoraggio o nel monitoraggio degli stessi a medio e lungo termine.

Questi strumenti consentono di determinare il decorso nel tempo del carico trasferito ai tiranti.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle celle di carico toroidali sui tiranti può essere sintetizzato come segue:

- taratura e verifica dello strumento durante la fase di collaudo con le letture effettuate per ogni incremento di carico previsto (l'installazione della cella potrà inoltre fornire indicazioni sul corretto valore di pretiro);
- lettura di zero effettuata subito dopo l'esecuzione del pretiro del tirante;
- n. 1 lettura prima di ogni fase di scavo;
- n. 1 lettura/3gg durante l'esecuzione degli scavi;
- n. 1 lettura al termine di ciascuna fase di scavo;
- n. 1 lettura/15 gg sino a stabilizzazione misure;
- n. 1 lettura/30gg in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

La frequenza delle letture in corso d'opera definite in precedenza potranno subire variazioni in qualsiasi momento a seguito di eventuali anomalie o incrementi del comportamento deformativo delle opere o del raggiungimento dei limiti di progetto.

Si evidenzia che in caso di danneggiamento e/o rottura della strumentazione installata, si dovrà procedere all'immediato ripristino della stessa e dovrà essere effettuata una nuova "lettura di zero".

2.2 SOGLIA DI ALLERTA E DI ALLARME

Per tutta la strumentazione installata sono definiti le rispettive soglie di allerta ed allarme, attraverso modellazione. In particolare di seguito si forniscono:

- le deformate misurate e attese attraverso l'analisi degli spostamenti a quota cordolo e in corrispondenza delle travi di ripartizione;
- confronto del tiro sui tiranti tra progettato e misurato;
- confronto dello sforzo assiale nei puntoni tra progettato e misurato.

A seconda degli esiti delle specifiche analisi per gli spostamenti i valori di soglia vengono generalmente così definiti:

- soglia di allerta quando lo spostamento misurato raggiunge il 120% del valore previsto dal modello allo SLE;
- soglia di allarme quando lo spostamento misurato raggiunge il 150% del valore previsto dal modello allo SLE.

Per il tiro sui tiranti si considera:

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

- soglia di allerta quando la sollecitazione raggiunge il 110% del valore previsto dal modello allo SLE;
- soglia di allarme quando il tiro raggiunge l'80% del valore della resistenza di progetto a sfilamento.

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative delle soglie di allerta e allarme relative alle paratie d'imbocco:

Tabella 2.1 Imbocco Nord - Valori soglia per spostamenti

Valori monitoraggio spostamenti paratia			
sez H	Valori di Esercizio	Soglia di Allerta	Soglia di Allarme
-	SLE	120 % SLE	150 % SLE
-	mm	mm	mm
16.5	34	40.8	51
14	10	12	15
12	10	12	15
9.5	10	12	15
4.5	10	12	15

Tabella 2.2 Imbocco Nord - Valori soglia per celle di carico

Valori monitoraggio carico tiranti paratia			
ord T	Valori di Esercizio	Soglia di Allerta	Soglia di Allarme
-	SLE	110 % SLE	80 % Sfilamento di progetto
-	kN	kN	kN
T1*	408.6	449.46	548
T2*/T2a	429.4	472.34	548
T3*/T3a*	490.0	539	548
T4*/T4a*	532.8	586.08	639.2
T5*/T5a*	550.8	605.88	639.2
T6*/T6a*	539.7	593.67	639.2

Tabella 2.3 Imbocco Sud - Valori soglia per spostamenti

Valori monitoraggio spostamenti paratia			
sez H	Valori di Esercizio	Soglia di Allerta	Soglia di Allarme
-	SLE	120 % SLE	150 % SLE
-	mm	mm	mm
17.5	21	25.2	31.5

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

15	16	19.2	24
13.5	10	12	15
9	10	12	15
6	10	12	15
4.5	10	12	15
2.5	10	12	15

Tabella 2.4 Imbocco Sud - Valori soglia per celle di carico

Valori monitoraggio carico tiranti paratia			
ord T	Valori di Esercizio	Soglia di Allerta	Soglia di Allarme
-	SLE	110 % SLE	80 % Sfilamento di progetto
-	kN	kN	kN
T1/T1b/T1*/T1a*	348	382.8	426.4
T2/T2*/T2a*	385	423.5	426.4
T3/T3a*	488	536.8	548
T4/Ta*/T4a*	400	440	548
T7*/T8*	363	399.3	548

3 CONTROLLI SULLE GALLERIE NATURALI

I parametri da monitorare per la valutazione del comportamento dell'ammasso e dei sistemi di consolidamento e sostegno in ciascuna sezione tipo di scavo adottata, sono i seguenti:

- deformazioni del sistema ammasso/struttura, valutate attraverso misure di convergenza dei punti al contorno del cavo con l'utilizzo di prismi installati sulle centine del rivestimento di prima fase;
- deformazioni del nucleo di scavo, valutate attraverso l'installazione di estrusometri;
- tassi di lavoro delle strutture (rivestimenti di prima fase e definitivi) misurati indirettamente mediante barrette estensimetriche e livello di carico delle centine del rivestimento provvisorio misurato mediante celle di carico.

Il sistema di monitoraggio è integrato mediante l'esecuzione di:

- rilievi geostrutturali dei fronti di scavo e misure di resistenza uniassiale su provini carotati da blocchi di roccia, al fine di valutare con continuità le caratteristiche geologico-geostrutturali dell'ammasso scavato.

L'installazione di tutta la strumentazione di monitoraggio prevista, deve avvenire sotto la supervisione di personale tecnico qualificato (ingegneri e geologi); l'impresa dovrà garantire la piena disponibilità della strumentazione stessa al fine di eseguire misure in contraddittorio.

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione di tutti i dati di monitoraggio derivati dalle misure in corso d'opera devono essere riportati in un apposito archivio digitale consultabile online dall'impresa esecutrice e dalla DDLL. In particolare, allo scopo di fornire informazioni utili alla prosecuzione in sicurezza degli scavi, la restituzione delle misure elaborate dovrà essere tempestiva e deve avvenire entro le 3 ore dal completamento delle attività di rilievo in sito (a meno dei rilievi geologico-geostrutturali).

3.1 MISURE DI CONVERGENZA

3.1.1 Definizione

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale, di 5 punti per ogni stazione di misura, posizionati come indicato nella Figura 3.1 e attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione.

La convergenza del cavo si intende riferita al valore medio delle tre misure diametrali condotte.

CONVERGENZE DIAMETRALI MEDIE

$$\bar{C} = \frac{A + B + C}{3}$$

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

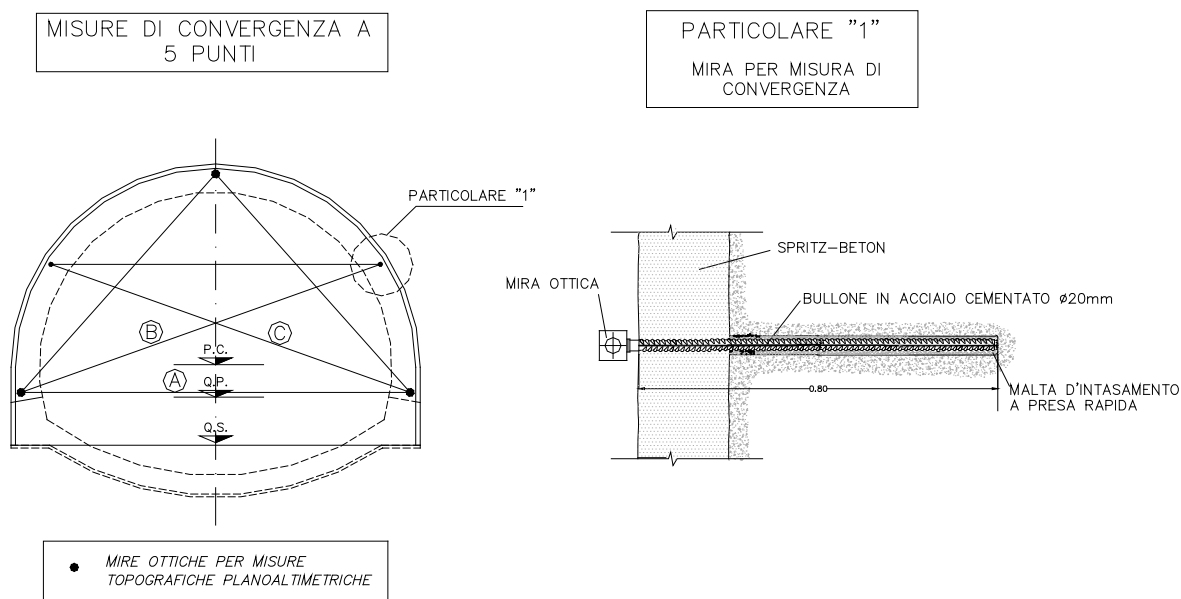


Figura 3.1 Misure di convergenza.

3.1.2 Installazione

Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza $L = 80$ cm posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1a fase (Fig. 3.1) su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri, posizionati a ridosso del fronte di scavo alla progressiva della stazione di misura. Nel caso in cui si manifestassero comportamenti differenziati in termini deformativi tra spritz-beton e centine, a tali chiodi andranno affiancati dei supporti vincolati alle centine, su cui potranno essere montati i già citati marcatori.

3.1.3 Frequenza delle stazioni e dei rilevamenti

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso, le stazioni stesse andranno indicativamente installate secondo le seguenti frequenze:

- n. 1 stazione ogni 12 m, per le sezioni di scavo tipo B2, B2v;
- n. 1 stazione ogni 5 m, per le sezioni di scavo tipo C2v.

Valgono le stesse considerazioni per le sezioni in allargamento che hanno il medesimo comportamento geomeccanico.

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire per ogni stazione, esclusa la misurazione di riferimento, dipende ovviamente dall'effettiva distanza del rivestimento definitivo dal fronte. In linea di massima si prevedono 10 rilevamenti per ogni stazione di convergenza.

La frequenza dei rilevamenti, da precisare in corso d'opera, è la seguente:

- -n. 1 misura al giorno fino ad una distanza dal fronte di circa 2 diametri;
- -n. 2 misure a settimana ad una distanza dal fronte compresa tra circa 2 e circa 4 diametri;

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

- -n. 1 misura al mese ad una distanza dal fronte maggiore di circa 4 diametri.

Ciascuna stazione di misura viene posizionata in prossimità del fronte di scavo, in particolare presso le prime due centine del campo di avanzamento.

Le letture a distanza maggiore di circa 4 diametri dovranno essere effettuate fino al completo esaurimento degli eventuali movimenti.

3.1.4 Sistema di acquisizione

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da capisaldi siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

3.1.5 Restituzione dati

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i seguenti diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo e della distanza dal fronte:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo.

3.2 MISURE DI TENSIONE CON CELLE DI CARICO E BARRETTE ESTENSIMETRICHE

3.2.1 Definizione

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica dello stato tensionale entro i rivestimenti di prima fase e definitivo. In particolare, le tensioni sul rivestimento di prima fase verranno misurate con 4 celle di carico, posizionate fra le piastre di giunzione e sotto i piedi della centina, o con 3 coppie di barrette estensimetriche per metallo a corda vibrante posizionate sull'anima della centina in chiave e sui piedritti (vedi Figura 3.2 e Figura 3.3).

Le tensioni nel calcestruzzo del rivestimento definitivo verranno misurate con 4 coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante, posizionate all'estradosso e all'intradosso della sezione da monitorare (vedi Figura 3.4).

3.2.2 Installazione

Si prevede l'installazione di stazioni per il monitoraggio in corso d'opera alternativamente del rivestimento di 1a fase e del rivestimento definitivo.

Si prevede in linea di massima:

- n. 1 stazione ogni 100 m, per le sezioni di scavo tipo B2 / B2v;
- n. 1 stazione ogni 50 m, per le sezioni di scavo tipo C2v.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

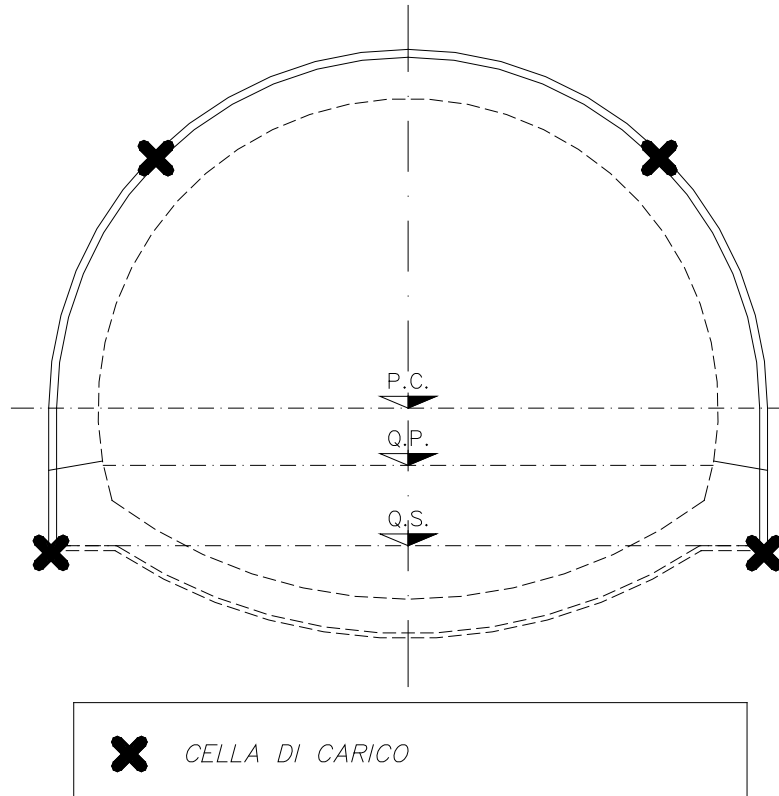


Figura 3.2 Stazione con celle di carico sotto i piedi e fra le piastre di giunzione della centina.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

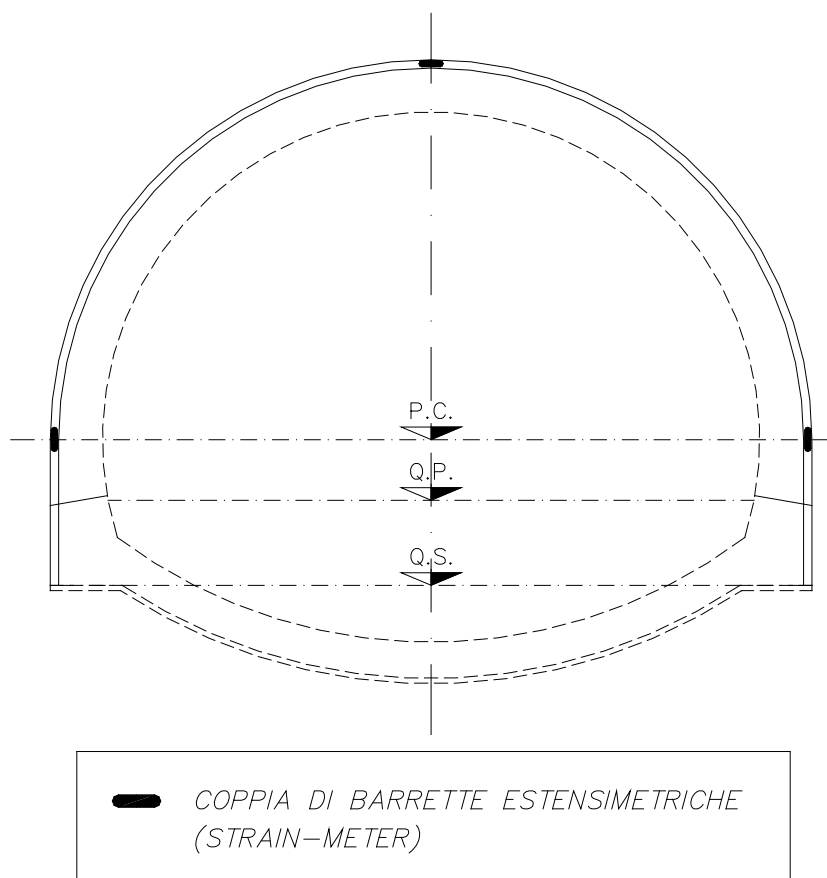


Figura 3.3 Stazione di misura dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase.

Valgono le stesse considerazioni per le sezioni in allargamento che hanno il medesimo comportamento geomeccanico.

Per i rilievi nel calcestruzzo sarà indispensabile tarare le letture tenendo in considerazione la variazione del modulo elastico nel tempo, gli effetti di ritiro e gli effetti della temperatura sugli strumenti.

3.2.3 Modalità di rilevamento

Il sistema di rilevamento dei dati avviene mediante celle di carico o barrette estensimetriche, in funzione dello stato tensionale che si vuole rilevare, poste in opera nel numero e nei punti indicati in progetto, con gli accorgimenti necessari per una perfetta installazione e funzionamento.

a) celle di carico

Le celle di carico sono previste tra le piastre di giunzione e sotto i piedi delle centine. Esse sono sostanzialmente costituite da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso ed isolate.

Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

b) barrette estensimetriche (a corda vibrante)

Le barrette estensimetriche a corda vibrante sono costituite da un cavo in acciaio armonico teso tra due blocchi, fissati a loro volta all'anima della centina, mediante bullonamento o resinatura.

La frequenza di vibrazione del cavo di acciaio, è funzione delle deformazioni della centina nella sezione considerata.

Mediante l'applicazione della legge di Hooke ($\sigma = \epsilon E$) è possibile risalire allo stato tensionale presente.

Il campo di misura e la precisione richiesta sono i seguenti:

a) celle di carico

- campo di misura	funzione del profilato adottato
- sovrapp. massima	50% F.S.
- sensibilità	0.1% F.S.
- precisione	1% F.S.

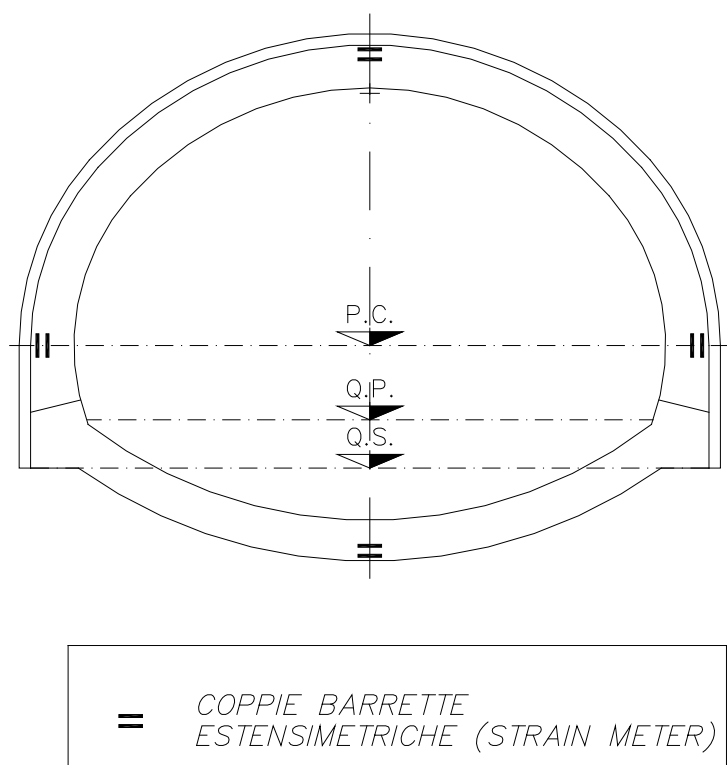


Figura 3.4 Stazione di misura dello stato tensionale nel rivestimento definitivo.

b) barrette estensimetriche

- | | |
|---------------------|--------------------|
| - campo di misura | 3000 $\mu\epsilon$ |
| - sovrapp. massima | 20 % F.S. |
| - precisione | \leq 1% F.S. |
| - segnale di uscita | Hz |

3.2.4 Frequenza dei rilevamenti

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento e dopo una prima lettura da eseguirsi prima della maturazione dello spritz-beton, per ogni cella di carico / barretta estensimetrica è il seguente:

a) per le centine:

- 1 lettura al giorno con il fronte distante fino a circa 2 diametri;
- 2 letture a settimana con il fronte a una distanza compresa tra circa 2 e circa 4 diametri;
- 1 lettura al mese con il fronte distante oltre a circa 4 diametri.

b) per il rivestimento definitivo:

- 1 lettura al giorno con il fronte distante fino a circa 2 diametri;
- 2 letture a settimana con il fronte a una distanza compresa tra circa 2 e circa 4 diametri;
- 1 lettura al mese con il fronte distante oltre a circa 4 diametri.

3.2.5 Restituzione dati

Il sistema di elaborazione dati richiede i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- carichi o tensioni in funzione della distanza dal fronte di scavo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto allo "0".

3.3 MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE

3.3.1 Misure topografiche

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo nelle tre direzioni, valutati su nove punti per ogni stazione di misura e attrezzati con mire ottiche del medesimo tipo di quelle impiegate per il rilievo delle convergenze, che consentano la lettura mediante strumento topografico di precisione.

Le basi di misura sono costituite da 9 tavolette in legno delle dimensioni adeguate, fissate alla superficie del fronte, costituita da spritz-beton, mediante chiodi a pressione. Su tali tavolette devono essere fissati i prismi ottici riflettenti.

In alternativa si possono utilizzare chiodi analoghi a quelli installati per la misura delle convergenze con lunghezza anche inferiore ($l \approx 30$ cm). E' essenziale, per l'attendibilità delle misure, che i chiodi vengano

infissi per tutta la loro lunghezza all'interno dello spritz-beton e del terreno, in maniera da risentire il meno possibile degli effetti dovuti alle lavorazioni di consolidamento ed in modo tale da non essere urtati dal posizionatore.

Tali basi vanno posizionate sul fronte, prima di iniziare le operazioni di consolidamento relative ai singoli campi di avanzamento.

La frequenza di esecuzione di tali misure è, di massima:

- 1 stazione ogni 20 m per la sezione tipo C2v;
- 1 stazione ogni 36 m per la sezione tipo B2 / B2v.

Inoltre, andrà eseguito un rilevamento ad ogni fermo prolungato del fronte (superiore a 24 h). Tali misure possono essere tralasciate nelle tratte che prevedono la presenza di un estrusometro.

Il numero minimo di letture da eseguire è il seguente:

- 1 lettura di riferimento prima del consolidamento del fronte;
- 1 lettura immediatamente prima di riprendere gli scavi.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite o distanziometro elettronico che rilevano le posizioni assolute delle basi di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale fisso costituito da capisaldi siti in galleria.

Le misure permettono di risalire alle coordinate spaziali delle nove basi e quindi allo spostamento in direzione longitudinale delle stesse.

La tolleranza massima consentita è di $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

Il sistema di elaborazione dati avviene su apposito software e si richiede la restituzione grafica e numerica di:

- spostamenti lungo l'asse della galleria per ogni punto;
- spostamenti integrati nelle due direzioni x e y.

3.3.2 Misure estensimetriche

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti longitudinali, lungo basi di misura poste all'interno di una "colonna" estensimetrica posizionata in asse galleria in avanzamento rispetto al fronte, all'interno di un foro di sondaggio sub-orizzontale (leggermente "a bere").

Lo strumento necessario è un estensimetro tipo "sliding micrometer" o "sliding deformeter", costituito da una serie di tubi in PVC, muniti di ancoraggi anulari posti a distanza di 1 metro l'uno dall'altro, collegati telesopicamente sino alla lunghezza voluta e resi solidali al foro mediante l'iniezione di miscele cementizie leggermente espansive.

Eseguito il foro di sondaggio della lunghezza $\geq 30 \text{ m}$ viene inserita la colonna, costituita da tubi in PVC preventivamente pre-assemblati in tratte di lunghezza non superiore a 5-6 m, completando l'assemblamento durante l'installazione.

Nella medesima fase vengono posizionate le cannette per l'iniezione mediante nastro adesivo: se ne prevedono sempre almeno due, una sino a fondo foro e una sino a metà lunghezza.

Per favorire il centraggio della colonna nel foro si possono utilizzare distanziatori in gomma o materiale simile.

Al termine del posizionamento si procede all'iniezione di una miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento, bentonite), eventualmente additivata per accelerarne la presa.

L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà lunghezza, quindi attraverso la cannetta superiore sino a bocca foro.

Attesa la maturazione dell'iniezione si procede alla lettura di riferimento prima della ripresa dell'avanzamento.

Le successive letture vanno così cadenzate:

- n. 1 lettura in corrispondenza della metà del campo di scavo circa;
- n. 1 lettura al termine del campo di scavo;
- n. 1 lettura prima della ripresa dell'avanzamento in concomitanza con la lettura di riferimento del nuovo estrusometro installato.

Il sistema di acquisizione dati si compone di:

- 1 sonda della lunghezza pari a 1.00 m, composta schematicamente da due teste sferiche, da un trasduttore di spostamento di tipo induttivo e da un tubo di protezione a tenuta idraulica. L'impiego della sonda deve avvenire mediante l'uso di aste che permettono di far scorrere lo strumento da una base di misura alla successiva, di ruotarlo e di mandarlo in battuta contro due ancoraggi anulari successivi, che sono muniti di sede conica. L'accoppiamento testa sferica e ancoraggio conico deve assicurare una tolleranza massima di 0.02 mm/m.
- 1 centralina di lettura collegata ad un calcolatore portatile che permetta l'acquisizione automatica dei dati.

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- spostamenti relativi di ciascuna coppia di ancoraggi adiacenti in funzione della profondità (grafico degli spostamenti differenziali);
- sommatoria degli spostamenti differenziali (spostamenti integrati o cumulativi), rispetto alla base più profonda che viene ipotizzata fissa.

La frequenza di esecuzione di tali misure è, di massima:

- 1 stazione ogni 2 campi per la sezione tipo C2v.

Inoltre andrà eseguito un rilevamento ad ogni fermo prolungato del fronte (superiore a 24 h).

Si prevede di installare tale strumentazione in continuo lungo lo sviluppo della galleria, con tubazioni di lunghezza pari a 30 m da realizzare ogni 2 campi di avanzamento e comunque ogni 20 m, pertanto, le misure dovranno essere eseguite in presenza di una lunghezza minima dello strumento ancora in opera almeno pari a 10 m; a partire da questa ultima condizione, sarà necessario eseguire una nuova perforazione e installare un nuovo estrusometro in adiacenza a quello precedente prima di riprendere le operazioni di scavo del campo successivo.

I tubi estrusometrici sono posizionati in corrispondenza della mezzeria della sezione di scavo a circa 7 m di distanza dalla quota di scavo. Le misure pertanto, non saranno eseguite perfettamente in asse alla galleria, ma a circa 3 m al di sopra: si tratta di una scelta legata a garantire le condizioni di sicurezza dell'operatore al fronte che potrà operare da cestello coperto, a una certa distanza dal fronte, protetto dal rivestimento provvisorio. La distanza dell'operatore dal fronte potrà essere di almeno 2 metri, grazie ad opportuni accorgimenti tecnici, al fine di garantire la sicurezza anche nel caso, sia pure poco probabile in ragione della presenza dello spritz-beton, di distacco di elementi di roccia dalla parte sommitale del fronte di scavo.

3.3.3 Rilievo geologico – geostrutturale del fronte di scavo

Il rilievo geologico - strutturale ha la funzione principale di conferma e verifica delle assunzioni progettuali, nonché di documentazione delle situazioni realmente incontrate in corso d'opera. I rilievi

consistono nel rilevamento e nella restituzione fotografica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche dei fronti di scavo durante l'avanzamento secondo le modalità di seguito descritte; si prevedono rilievi con frequenza:

- ogni 24 m, per la sezione di scavo tipo B2 / B2v;
- ogni 10 m, per la sezione di scavo tipo C2v.

Valgono le stesse considerazioni per le sezioni in allargamento che hanno il medesimo comportamento geomeccanico.

In dettaglio si devono rilevare le seguenti caratteristiche dell'ammasso:

- la natura del litotipo;
- le litologie, i rapporti stratigrafici tra le litologie e le caratteristiche petrografiche macroscopiche;
- il grado e il tipo di fratturazione e/o alterazione;
- la granulometria;
- l'assetto generale dell'ammasso individuabile alla scala del fronte comprendente la stratificazione, la scistosità, l'inclinazione, la direzione e gli spessori;
- la condizione delle discontinuità: la localizzazione e la giacitura delle stesse, la geometria e il tipo di riempimento;
- la presenza di faglie e fratture;
- l'ubicazione e le geometrie dei volumi di roccia potenzialmente soggetti a distacchi gravitativi;
- le eventuali venute d'acqua e la loro localizzazione.

Ogni informazione dedotta circa le caratteristiche dell'ammasso, deve essere quantificata e utilizzata per classificare la qualità dell'ammasso nella tratta considerata.

I dati desunti dai rilievi geostrutturali devono essere riportati in apposite schede contenenti la restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo, durante l'avanzamento.

Di fatto, il complesso delle informazioni rilevate dovrà consentire di determinare il valore dell'indice GSI dell'ammasso in corrispondenza della sezione rilevata, in quanto il valore numerico di questo parametro è uno degli elementi importanti su cui è basata la scelta della sezione tipo da impiegare per lo scavo del campo successivo o semplicemente per gli affinamenti da utilizzare sui consolidamenti al fronte e/o sul passo delle centine nell'ambito della stessa sezione tipo. A questo scopo, il laboratorio di cantiere dovrà essere attrezzato per misure rapide di resistenza a compressione mediante prove di compressione uniassiale e/o di trazione indiretta del tipo brasiliana.

Il numero di rilievi richiesti è da intendersi come numero minimo; qualora l'ammasso presentasse modifiche rilevanti della sua qualità, già evidenti in fase di avanzamento, la DDLL potrà ordinare l'infittimento della frequenza dei rilievi.

3.4 VALORI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO

Di seguito vengono riepilogati i valori delle convergenze e delle estrusioni calcolati in Progetto Esecutivo sulla base delle caratteristiche geomeccaniche prese a riferimento per l'ammasso interessato. In particolare, i valori delle convergenze sono stati ottenuti attraverso le simulazioni numeriche relative ad una sezione trasversale in condizioni di deformazione piana e adottando la reale geometria dello scavo e dello stato di sforzo.

I calcoli hanno individuato valori di convergenze diametrali pari a:

- Sez. tipo C2v: 5.7 cm

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

- Sez. tipo B2: 7.2 cm
- Sez. tipo C2v - Allargata: 7.6 cm
- Sez. tipo B2 - Allargata: 5.9 cm
-

Per la sezione tipo B2v e B2v - Allargata si possono considerare i valori corrispondenti rispettivamente alle sezioni tipo B2 e B2 - Allargata.

Nella pratica è necessario inoltre tenere conto dell'importanza di altri fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente per la valutazione e l'interpretazione delle misure stesse, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze diametrali attese può essere più elevato ed eventualmente rivisitato, come indicato nella Tabella 3.1.

In caso di raggiungimento della soglia di allarme si concerterà con la Direzione Lavori la modalità d'intervento per la messa in sicurezza ed il proseguimento degli scavi.

Tabella 3.1 Soglie di attenzione e di allarme per l'applicazione delle sezioni tipo.

Sezione tipo	Range teorico di riferimento		Soglia di attenzione		Soglia di Allarme	
	estrusione (cm)	convergenza (cm)	estrusione (cm)	convergenza (cm)	estrusione (cm)	convergenza (cm)
C2v – Allargata	2.0	7.6	2.5	9.0	3.0	11.5
C2v	2.0	5.7	2.5	6.8	3.0	8.5
B2/B2v	3.2	7.2	4.0	8.6	4.8	10.8
B2/B2v – Allargata	3.2	5.9	4.0	7.0	4.8	8.9

3.5 STRUTTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Di seguito si riporta l'architettura del sistema di monitoraggio, specificando in maniera dettagliata il flusso dei dati.

Il sistema prevede che le misure vengano effettuate sia manualmente che automaticamente.

Le misure automatiche vengono effettuate sulle stazioni di monitoraggio principali, ed in particolare riguardano le barrette estensimetriche e le misure sulle celle di carico.

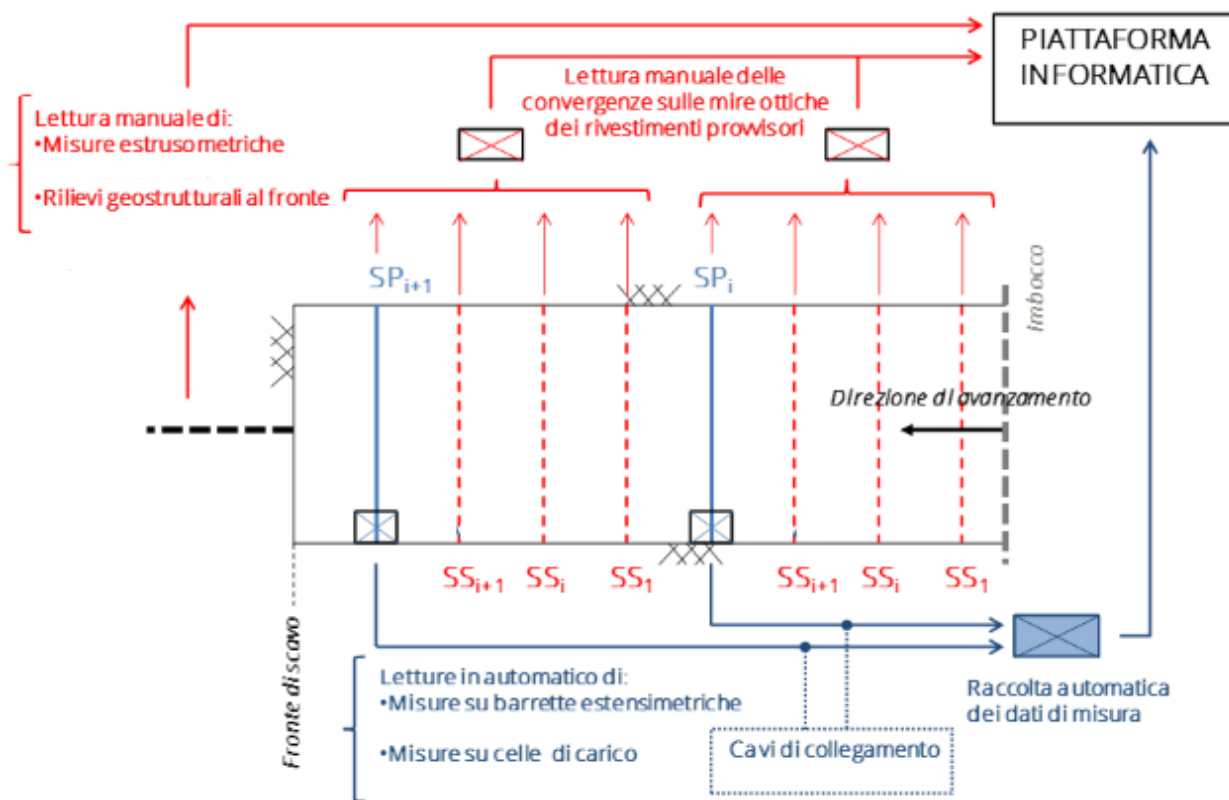
Le rimanenti misure, ovvero:

- l'insieme delle letture effettuate al fronte;
- le misure sulle mire ottiche installate sul rivestimento provvisorio;

vengono acquisite in maniera manuale.

I due flussi di informazioni vengono convogliati all'interno di una apposita piattaforma informatica, che viene aggiornata costantemente durante tutta la durata dei lavori di realizzazione (cfr. Figura 3.5).

RELAZIONE DI MONITORAGGIO



LEGENDA

	Sistema di acquisizione dei dati centralizzato
	Acquisizione dati manuale
	Unità di acquisizione dati automatica (Centralina)
SP	Stazione di monitoraggio principale
SS	Stazione di monitoraggio secondaria

Figura 3.5: Architettura del sistema di monitoraggio della galleria di progetto

Le informazioni acquisite automaticamente vengono convogliate all'esterno tramite una rete di collegamento in grado di connettere la centralina di ogni stazione principale con il sistema centralizzato, posizionato all'imbocco della galleria.

La rete è costituita da cavi di lunghezze variabili e tali da consentire il collegamento delle singole stazioni principali con la strumentazione posta all'imbocco. Nello schema di Figura 3.6 sono riportate le distanze considerate tra la *i-esima* centralina di acquisizione dati ed il sistema di raccolta all'imbocco.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

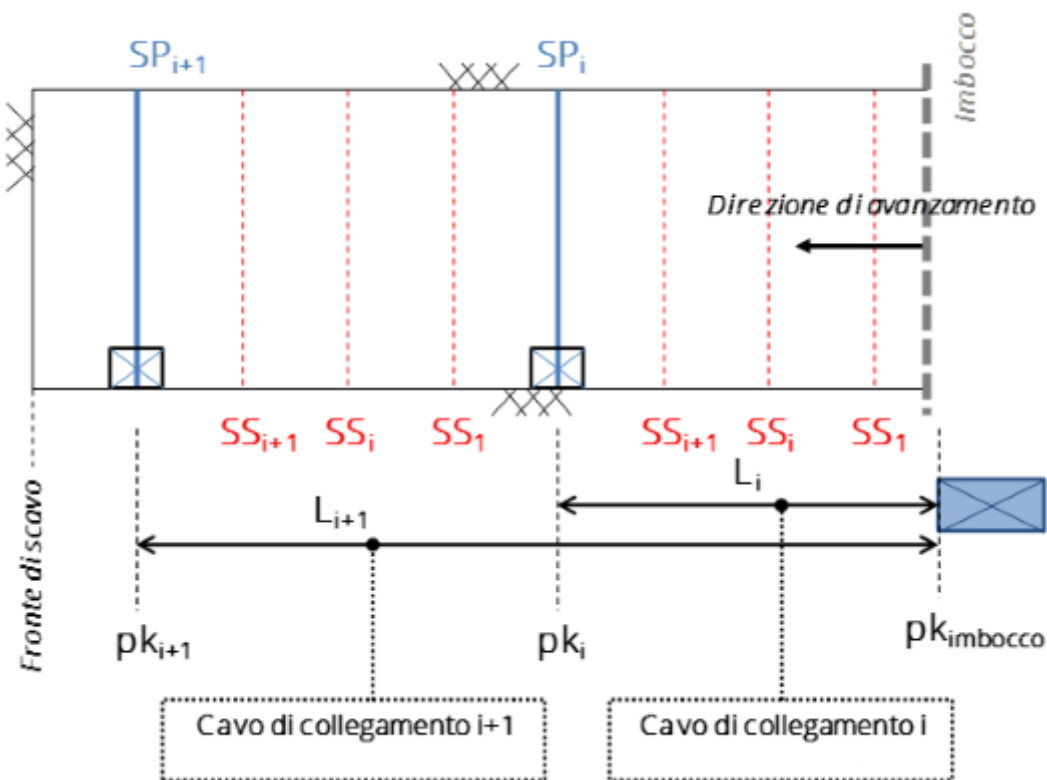


Figura 3.6: Disposizione dei cavi della rete di collegamento con il sistema di acquisizione dati centralizzato

3.5.1 Unità accessorie alla strumentazione

3.5.1.1 Cavi e passacavi

I cavi devono garantire la totale impermeabilità nella connessione con gli strumenti e la centralina di acquisizione e devono resistere alle sollecitazioni impresse dalle fasi di costruzione dell'opera previste.

I cavi saranno costituiti generalmente da due o più conduttori in rame stagnato rivestiti da una guaina isolante e disposti in modo da formare un cavo a sezione circolare con una doppia guaina di protezione.

La guaina interna è di un materiale fortemente impermeabile per fare da barriera alla penetrazione dell'acqua, mentre la guaina esterna è fatta di un materiale più resistente all'abrasione.

Tutti i cavi dovranno infine essere del tipo antifiamma e a bassa emissione.

3.5.1.2 Unità di acquisizione dati (centralina)

Le unità di acquisizione dati o centraline in locale hanno lo scopo di permettere l'acquisizione dei segnali inviati dai sensori con frequenze prestabilite, di svolgere a richiesta la diagnostica su singolo sensore o complesso di sensori e di trasferire le informazioni al server centrale.

3.5.2 Architettura del sistema di gestione dei dati

Il Sistema, basato su Web Server, presenta le seguenti peculiarità:

- La banca dati risiederà fisicamente su un unico computer ma sarà consultabile a chiunque abbia una connessione internet, secondo diversi livelli di accesso e conseguentemente di disponibilità delle informazioni;

- Qualsiasi utente avrà accesso al sistema senza la necessità di avere i software dedicati installati sul suo computer ma utilizzando i programmi residenti sul server.

Il Server remoto, installato presso gli uffici del gestore del sito Web, sarà dotato dei programmi e degli strumenti per la gestione del Data Base sul Web.

Il flusso delle informazioni sarà il seguente:

- Esecuzione delle misure in automatico mediante interrogazione degli strumenti installati da parte dei Data Logger;
- Esecuzione delle misure manuali (ad es. con strumentazione portatile) o automatiche con scarico manuale (mediante collegamento locale ai sensori con centralina portatile o personal computer portatile);
- Nell'ufficio di sede del gestore del sito web: creazione nel Data Base dei nuovi eventuali strumenti/famiglie di strumenti;
- Nell'ufficio di sede del gestore del sito web: scarico automatico dei dati acquisiti in automatico mediante trasmissione con GSM o dispositivo analogo e caricamento o scarico manuale da centralina/pc computer portatile dei dati acquisiti/trasferiti manualmente; trasferimento e caricamento manuale dei dati tramite opportuni file excel/csv direttamente nel database o tramite maschere di inserimento; creazione di archivio dei dati grezzi di cantiere (database grezzo) in modo da avere sempre disponibili i dati sperimentali di cantiere;
- Interrogazione da ufficio di sede del Web per validazione dei dati prima della pubblicazione definitiva sul Web. La validazione dei dati, intesa come valutazione critica dell'accettabilità del dato grezzo, e le motivazioni relative saranno comunque disponibili agli utenti autorizzati per la verifica del processo;
- Pubblicazione dei dati su Web resi disponibili ai vari utenti con diversi livelli di abilitazione (da remoto, via web): verifica degli eventuali superamenti delle soglie preimpostate, comunicate dai "Responsabili". Tali soglie, definite come "di attenzione" e "di allarme" porteranno all'attivazione di contromisure. Nel caso di superamento della soglia di attenzione potranno essere aumentati il numero degli strumenti o la frequenza delle misure allo scopo di meglio individuare e definire la problematica in atto. Nel caso di superamento della soglia di allarme, dovranno intervenire il Progettista e la Direzione Lavori per l'individuazione delle opportune contromisure.

3.5.2.1 Interfaccia utente e visualizzazione dei dati

Un'apposita interfaccia consentirà di realizzare i grafici e/o le tabelle del periodo desiderato o degli ultimi ore/giorni/mesi e consentirà di impostare manualmente e/o automaticamente la scala temporale.

Sarà possibile visualizzare grafici consultabili a schermo o stampabili in PDF, eventualmente sarà anche possibile mandarli automaticamente via mail agli indirizzi desiderati.

I dati potranno essere esportati in formato ASCII/csv per l'importazione ed elaborazione ulteriore con excell.

L'individuazione della strumentazione potrà essere effettuata tramite mappa georeferenziata.

3.5.2.2 Configurazione del software

Saranno possibili diversi livelli di accesso al DataBase:

- Amministratore: per l'amministrazione degli utenti e le impostazioni generali del progetto;
- Company Manager: per la validazione dei dati e loro pubblicazione sul Web;
- Company User: per la consultazione dei dati senza possibilità di modifica.

Tali livelli andranno definiti in funzione delle varie competenze, con possibilità di accesso diversificate per i singoli attori coinvolti nelle attività del monitoraggio.

3.5.2.3 Gestioni e passaggi delle informazioni

L'affidatario, dovrà utilizzare personale tecnico laureato e specializzato nel campo del Monitoraggio geotecnico per tutto il periodo di lavoro.

Il personale tecnico laureato eseguirà, per l'intero arco dei lavori, misure in manuale e/o automatico, acquisizione, restituzione dati e manutenzione di tutto il sistema di monitoraggio geotecnico.

L'affidatario dovrà dotarsi di tutte le attrezzature atte ad eseguire le misure manualmente (sonde, cavi, centraline, acquisitori automatici, ecc...).

Tutto per rendere ogni servizio e strumento efficiente in relazione alle attività lavorative e alle risposte dell'ammasso alle varie fasi di scavo, consolidamento, realizzazione di opere varie.

L'affidatario dovrà costituire un Ufficio di Monitoraggio formato da vari Responsabili (Monitoraggio Topografico e Monitoraggio geotecnico), i quali, ciascuno per la propria competenza, dovranno collaborare per rendere le informazioni fruibili ai vari soggetti che partecipano alla realizzazione dell'Opera (Impresa, Progettista, Direttore dei Lavori, ecc..).

Il Responsabile, nominato dall'Impresa, dopo un primo periodo di osservazione dei risultati del monitoraggio, insieme all'Ufficio Tecnico dell'Impresa ed ai vari responsabili di settore, dovrà evidenziare eventuali criticità e definire la "gerarchia" degli strumenti e i valori eventuali di soglia di attenzione e di allarme

I dati acquisiti saranno elaborati con software commerciali ed algoritmi e consentiranno di rilevare eventuali spostamenti assoluti o differenziali sull'intera estensione dello scenario monitorato e di comunicare alla Committenza eventuali criticità.

Le attività di monitoraggio saranno condotte secondo la seguente modalità:

- Progettazione del monitoraggio di dettaglio (verifica delle posizioni di progetto, redazione dei diagrammi di flusso; ecc.;
- Identificazione dei vari responsabili operativi;
- Attivazione delle procedure;
- Redazione ed attivazione della Piattaforma informatica per elaborazione, distribuzione e stampa dei dati di monitoraggio;
- Redazione di una relazione di installazione;
- Acquisizione dati in manuale;
- Acquisizione dati in automatico;
- Verifica del corretto funzionamento del sistema di misura ed eventualmente elaborazione dati giornaliera con notifica di superamento soglie di allerta.

3.5.2.4 Gestione e controllo delle attività di monitoraggio e dei dati (C.E.D.)

Per l'esecuzione dei lavori in sicurezza assume particolare importanza, nell'ambito del monitoraggio in corso d'opera, l'esecuzione di controlli al fine di verificare tempestivamente la sicurezza sia dell'opera, che del personale addetto alla sua realizzazione

L'Ufficio di gestione del monitoraggio avrà i seguenti compiti:

- Raccolta di tutti i dati utili esistenti (bibliografia, progetto...);
- Raccolta dei dati provenienti dalle indagini e dai rilevamenti puntuali;
- Coordinamento dell'attività di raccolta dei dati del monitoraggio;
- Verifica e controllo in tempo reale dei dati rilevati prima dell'inserimento nel database, valutazione e validazione dei dati;

- Elaborazione dei dati e successiva restituzione in forma grafica e numerica;

- Organizzazione del database da inserire nella piattaforma di riferimento;

L'Impresa, insieme al D.L., dovrà definire il "flusso" delle informazioni e le "Procedure generali."

L'Ufficio di gestione del monitoraggio, inseriti i dati, eseguirà le seguenti operazioni:

- Verranno vagliati e filtrati (Ufficio di monitoraggio, Direzione di progetto) i dati ricevuti, in maniera che tutte le variazioni misurate siano riconducibili univocamente a reali comportamenti del terreno e delle strutture, quindi, qualora non vengano raggiunti valori di soglia, si attiverà la procedura di modulistica standard. I dati relativi saranno consultabili tramite GIS dagli attori dell'ufficio di gestione del monitoraggio (Appaltatore - Direzione di progetto, Direzione di cantiere, Ufficio del monitoraggio, Responsabile Scientifico nominato dall'Appaltatore – Ufficio tecnico, Progettisti, Direzione Lavori);

- Una volta evidenziato il superamento della soglia di "attenzione", oltre alla pubblicazione automatica tramite GIS agli stessi soggetti del punto precedente, si provvederà ad un incremento della frequenza delle misure ed ad un approfondimento dei dati da parte della Direzione di Progetto e della D.L..

L'ufficio di gestione del Monitoraggio sarà unico per tutto il lavoro e sarà così strutturato:

- Un responsabile (ingegnere o geologo esperto in questo settore e che abbia conoscenza scientifica nell'ambito delle gallerie)

- Personale addetto alle misure sul campo (topografi, ingegneri o geologi).

L'ufficio di gestione del monitoraggio dipenderà direttamente dal Direttore di Cantiere.

4 MONITORAGGIO DI SUPERFICIE ED EDIFICI

Al fine di monitorare gli eventuali fenomeni di subsidenza, è stato predisposto un piano di monitoraggio di superficie. In particolare, è stata prevista la misurazione della conca di subsidenza in due sezioni perpendicolari all'asse della galleria: una in prossimità del by-pass al km 1+961.07, l'altra al km 2+350.00.

Inoltre, è stato previsto il monitoraggio tramite mire ottiche di due edifici e del muro perimetrale del che delimita l'area di parcheggio dal complesso cimiteriale.

In Figura 4.1 si riporta uno stralcio della planimetria che mostra il posizionamento degli strumenti di monitoraggio.

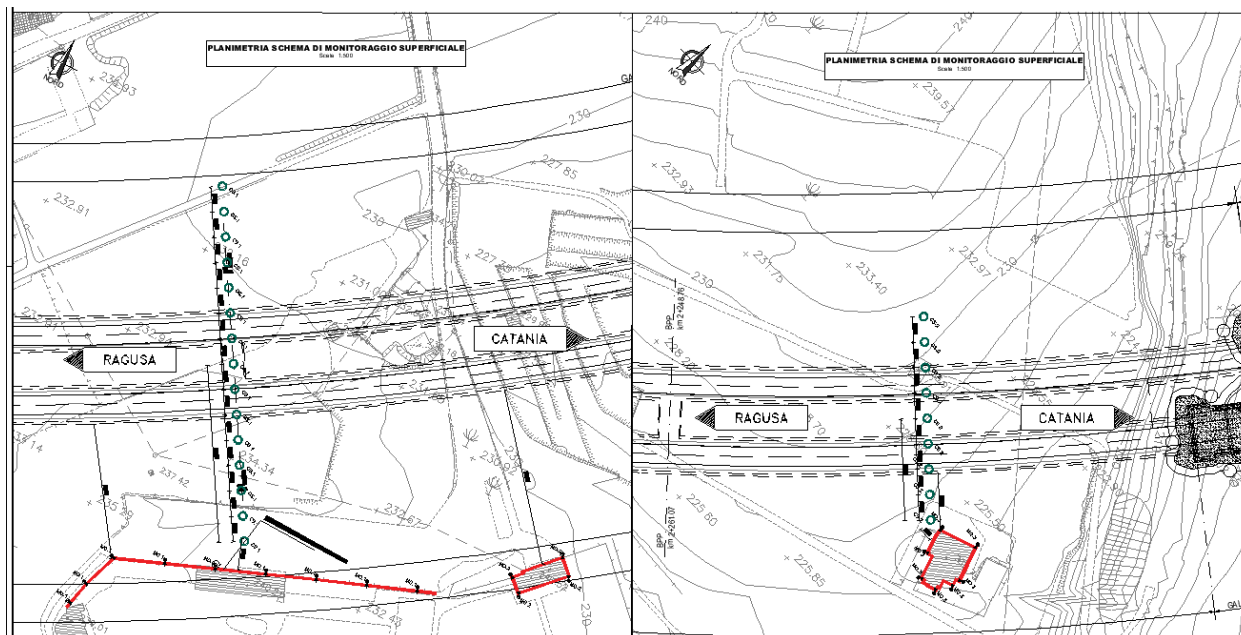


Figura 4.1 Stralcio della planimetria di monitoraggio

In particolare, sul muro perimetrale dovranno essere installate, prima dell'inizio delle operazioni di scavo della galleria, basi di mire ottiche per la successiva realizzazione di misure per il rilievo degli eventuali spostamenti della posizione delle stesse.

Indicativamente le basi avranno una distanza reciproca dell'ordine di 20 m e saranno ubicate sul cordolo di testa del muro o comunque a una distanza inferiore a 30 cm dalla testa del muro.

Per quanto riguarda gli edifici, si prevede l'installazione di n° 4 mire ottiche su un edificio e n° 7 mire ottiche sull'altro edificio.

Per quanto riguarda il monitoraggio della conca di subsidenza è prevista l'installazione a terra di n° 15 capisaldi sulla sezione al km 1+961.07 e n° 9 capisaldi sulla sezione al km 2+350.00.

La misura si effettuerà come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura sarà pari a 0.1 mm.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle mire ottiche e dei capisaldi può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo necessario per il fissaggio dei target);

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

- n. 1 lettura a settimana fino a una distanza, in termini di progressive, del fronte di scavo di 4 diametri dal muro;
 - n. 1 lettura al giorno in fase di avvicinamento del fronte (<4 diametri), passaggio e allontanamento del fronte di scavo;
 - n. 1 lettura a settimana dopo il passaggio del fronte e finché si trova in una distanza compresa tra 4 e 8 diametri;
 - n. 1 lettura al mese dopo il passaggio del fronte e per distanze del fronte maggiore 8 diametri.
- Le letture dovranno continuare fino al termine delle operazioni di scavo della galleria Francofonte.

4.1 VALORI SOGLIA PER IL MONITORAGGIO

Per quanto riguarda il monitoraggio di superficie, sia il muro perimetrale del cimitero sia i due edifici strumentati si trovano a una distanza tale da non interagire con lo scavo della galleria. Nella Figura 4.2 si riporta uno stralcio della conca di subsidenza, calcolata per la sezione tipo C2v con 20 m di copertura.

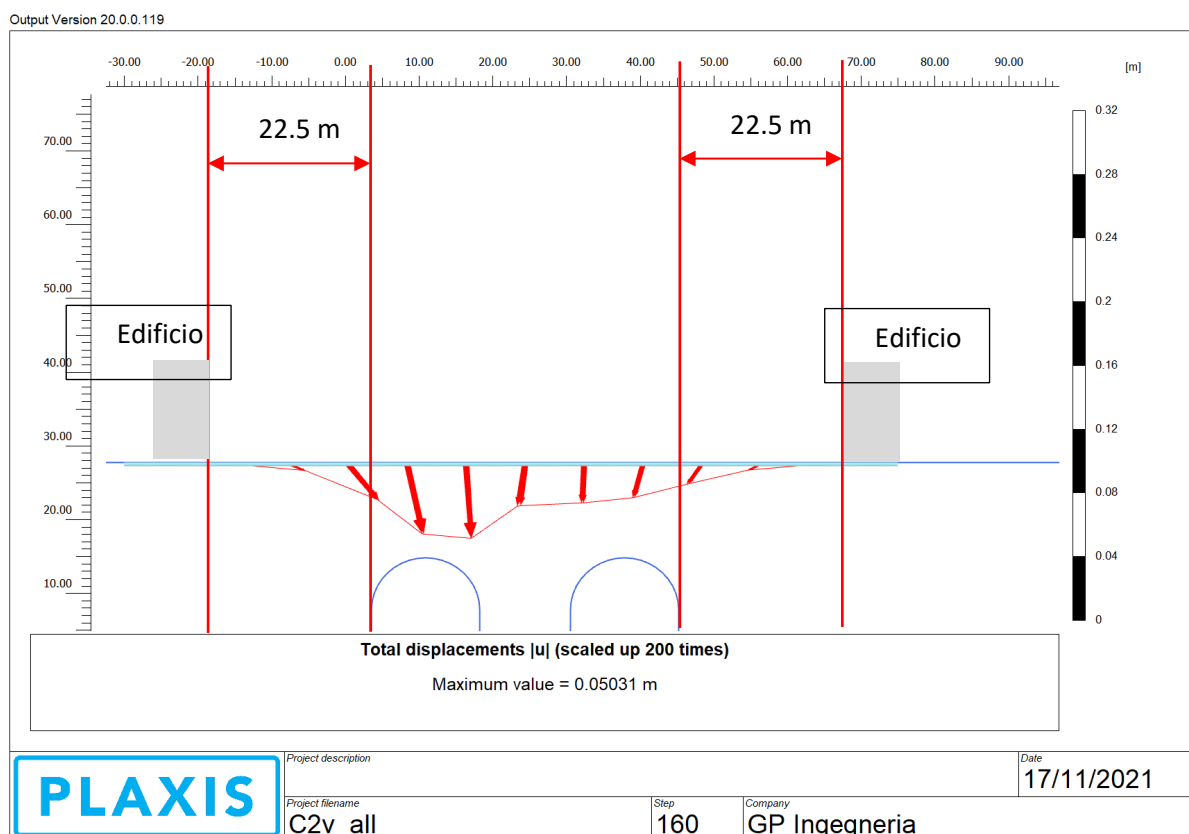


Figura 4.2: Stralcio della conca di subsidenza per la sezione C2v

Per tale motivo, sugli edifici strumentati non devono verificarsi misurarsi spostamenti. Pertanto, le soglia di Attenzione è posta pari alla sensibilità dello strumento (max. 5 mm), mentre la soglia di allarme è fissata a 8 mm.