

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.**

**S.O.: GEOTECNICA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**NODO DI BARI**

**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**

**GEOTECNICA**

**Relazione di Monitoraggio**

SCALA:

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

IADR 00 D 28 RH GE0000 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	M. Botta 	31/10/2023	L. Giannini 	31/10/2023	G. Dimaggio 	31/10/2023	L. Berardi 31/10/2023 

File: IADR00D28RHGE000002A

n. Elab.:

## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
1.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO .....	4
1.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	5
3	CRITERI GENERALI DEL PROGETTO DEL PIANO DI MONITORAGGIO .....	7
3.1	OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO .....	7
4.	PROGETTO DEL MONITORAGGIO.....	9
4.1	DISTRIBUZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO .....	9
4.1.1	<i>Opere di sostegno di nuova realizzazione</i> .....	9
4.1.1	<i>Preesistenze</i> .....	11
4.1.1.1	Parametri derivanti dalle misurazioni .....	14
4.2	FREQUENZA DELLE LETTURE .....	15
5.	SOGLIE DI MONITORAGGIO E CRITERI PER L'ATTUAZIONE DEI PROVVEDIMENTI CORRETTIVI.....	17
5.1	SOGLIA DI ATTENZIONE – ASPETTI GENERALI.....	17
5.2	SOGLIA DI ALLARME – ASPETTI GENERALI.....	18
6.	GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	19
6.1	ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	20
6.2	STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEDICATA AL MONITORAGGIO .....	21
6.3	PROCEDURE DI DETTAGLIO .....	22
7.	REPORTISTICA DI MONITORAGGIO E FREQUENZA DI RESTITUZIONE DEI DATI .....	23
8	CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE DI MISURA .....	24
8.1	CAPISALDI TOPOGRAFICI .....	24
8.2	MIRE OTTICHE .....	24
8.3	FESSURIMETRI .....	24

## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono descritti i criteri del piano di monitoraggio incluso nel Progetto Definitivo della “Variante di tracciato tra Palese e Santo Spirito”.

L’area interessata dal progetto ricade nella zona a nord - ovest della città di Bari, nell’area compresa tra l’aeroporto internazionale di Bari e il comune di Giovinazzo.



**Figura 1-1: inquadramento planimetrico del tracciato in progetto - Google Earth.**

La nuova infrastruttura si sviluppa in rilevato solo nella porzione iniziale, tra le pk 0+850 e 1+170 circa, con altezze massime pari a circa 3 m. Lungo il resto del tracciato le opere ferroviarie sono costituite da gallerie artificiali o trincee, che comportano l’apertura di scavi fino a un massimo di circa 17 metri, aventi carattere provvisorio o definitivo, rispettivamente per le due diverse tipologie di opere, gallerie artificiali o trincee.

## 2 **NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 1.1 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI CS MA IFS 001 del 2022 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2022- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- [5] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [6] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## 1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- [7] ITALFERR – Progetto Preliminare – Riassetto Nodo di Bari – Relazione Geologica e Idrogeologica (Doc. IAY100R69RGGE0001001)
- [8] ITALFERR – Progetto Preliminare – Riassetto Nodo di Bari – Planimetria ubicativa sondaggio XIA32D003 (Doc. IAY100R78P5GE0001001)
- [9] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Indagini geognostiche e prove in situ (Doc. IA7X00R69SGGE0005001)
- [10] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Indagini geofisiche (Doc. IA7X00R69IGGE0005001)
- [11] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Schede di rilevamento degli stop geologici e geomeccanici (Doc. IA7X00R69RHGE0005001)
- [12] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Prove geotecniche di laboratorio (Doc. IA7X00R69PRGE0005001)
- [13] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica (Doc. A7X00R69RGGE0001001)
- [14] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Carta e profilo geologico (Doc. IA7X00R69NZGE0001001)
- [15] ITALFERR – Progetto Preliminare – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Carta e profilo idrogeologico (Doc. IA7X00R69NZGE0002001)
- [16] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Relazione geotecnica generale (Doc. IADR00D28GEGE0000001)
- [17] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 1 (Doc. IADR00D28L6GE0000001)
- [18] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 2 (Doc. IADR00D28L6GE0000002)



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	6 di 25

- [19] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 3 (Doc. IADR00D28L6GE0000003)
- [20] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 4 (Doc. IADR00D28L6GE0000004)
- [21] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 5 (Doc. IADR00D28L6GE0000005)
- [22] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 6 (Doc. IADR00D28L6GE0000006)
- [23] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Profilo geotecnico - tav. 7 (Doc. IADR00D28L6GE0000007)
- [24] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Interventi tipo di protezione/rinforzo delle scarpate di scavo (Doc. IADR00D28WZGE0000001)
- [25] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Sezioni tipo Monitoraggio (Doc. IADR00D28WZGE0000002)
- [26] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Planimetrie strutture interferenti (Doc. IADR00D28PZGE0000001)
- [27] ITALFERR – Progetto Definitivo – Nodo di Bari - Bari Nord – Variante Santo Spirito - Palese – Schede censimento opere interferenti (Doc. IADR00D28SHGE0000001)

	NODO DI BARI					
	BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>						
RELAZIONE DI MONITORAGGIO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	7 di 25

### 3 CRITERI GENERALI DEL PROGETTO DEL PIANO DI 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) 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 durante la realizzazione dell'opera.

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.

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



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IADR

00

D28RH

GE 00 00 002

A

8 di 25

**Tabella 3-1 Grandezze da misurare e strumentazione prevista**

	<b>Grandezza da misurare</b>	<b>Strumentazione prevista</b>
<i>Comportamento delle opere di nuova realizzazione</i>	Spostamenti della struttura	Mire ottiche
<i>Comportamento delle preesistenze fabbricati</i>	Spostamenti della struttura/distorsioni Misure del quadro fessurativo	Mire ottiche, livellazione topografica, clinometri. Fessurimetri

#### 4. PROGETTO DEL MONITORAGGIO

In relazione alle diverse tipologie di opere previste in progetto (paratie, gallerie artificiali, muri ad U, ecc..) e alle interferenze con strutture esistenti (fabbricati) 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 di nuova realizzazione;
2. Monitoraggio delle preesistenze (fabbricati) prossimi all'area di scavo.

##### 4.1 DISTRIBUZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

###### 4.1.1 Opere di sostegno di nuova realizzazione

In corrispondenza delle paratie provvisorie, previste per limitare i cedimenti indotti dallo scavo della GA04 sull'edificio A05 e sul rilevato della viabilità SS16 (Elab. IADR00D28PZGE0000001), saranno impiegate mire ottiche per il controllo degli spostamenti in direzione orizzontale. In particolare, per la paratia in corrispondenza dell'edificio A05, si prevedono mire ottiche disposte sul cordolo di coronamento e lungo l'altezza di ritenuta della stessa ad interasse longitudinale di 10.00 m; invece, per la paratia in corrispondenza del rilevato esistente, si prevedono mire ottiche disposte sul cordolo di coronamento ad interasse longitudinale di 20.00 m.

Nella Figura 4-1 si riportano le sezioni tipologiche strumentate (Elab. IADR00D28WZGE0000002):

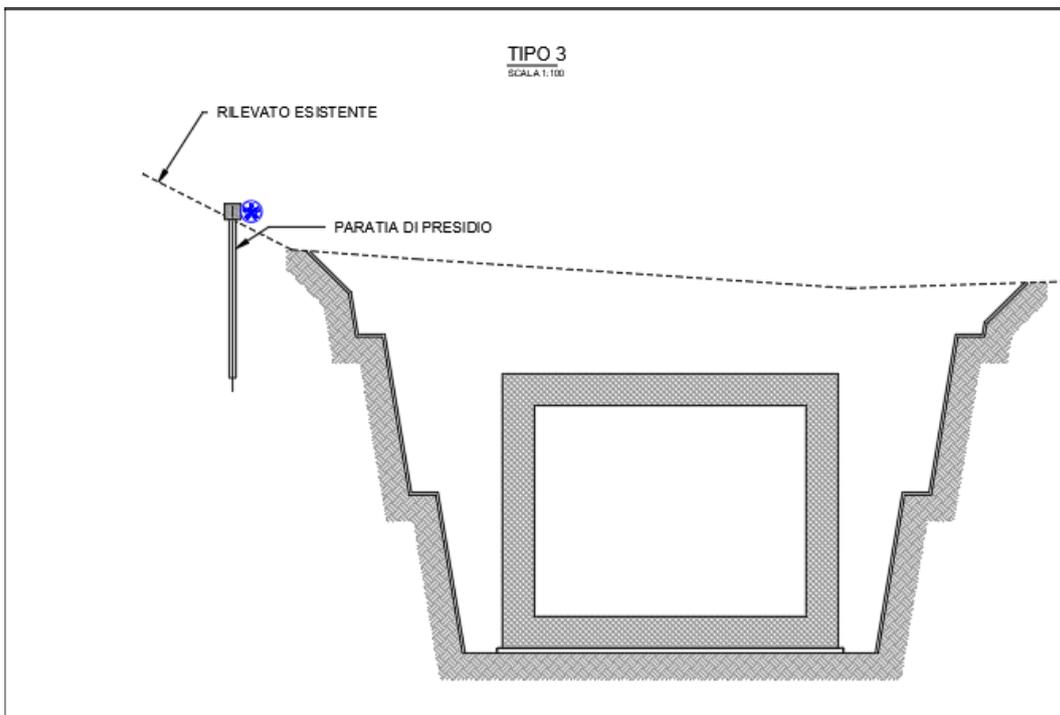
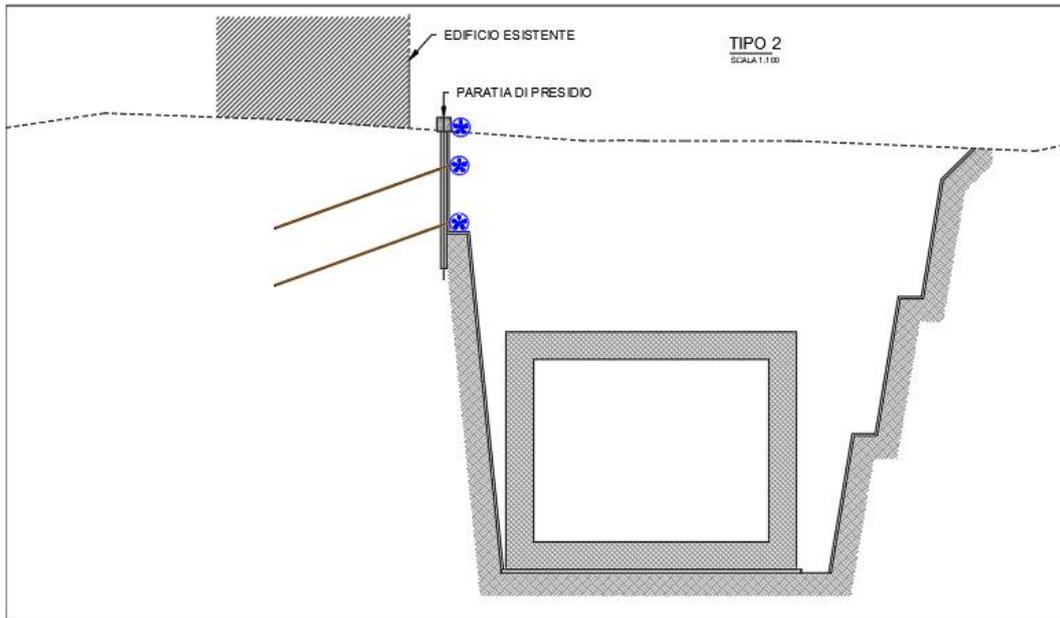


Figura 4-1 Sezioni tipo di monitoraggio opere di sostegno di nuova realizzazione (tipo 2 e tipo 3).

	NODO DI BARI					
	BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>						
RELAZIONE DI MONITORAGGIO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	11 di 25

Nella tabella seguente si riporta il numero totale e la tipologia di strumenti previsti per ogni sezione tipologica.

**Tabella 4-1 Tipologia e n. di strumentazione per opere di sostegno di nuova realizzazione (tipo 2 e tipo 3)**

Tipologico	n° mire ottiche
Tipo 2	9
Tipo 3	30

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 della trincea TR03 e della galleria GA04. (Elab. IADR00D28PZGE0000001).

In generale, la selezione degli edifici da monitorare (Elab. IADR00D28PZGE0000001) è stata effettuata sulla base del rapporto distanza dell’edificio dal ciglio della scarpata (L) - altezza di scavo (H). In particolare, gli edifici oggetto di monitoraggio risultano ubicati ad una distanza dal ciglio della scarpata di scavo inferiore o uguale a 1H, ossia con un rapporto  $L/H \leq 1$ .

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.

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;



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	12 di 25

- fessurimetri (eventuali) disposti sulle fessure esistenti di particolare rilevanza strutturale.

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

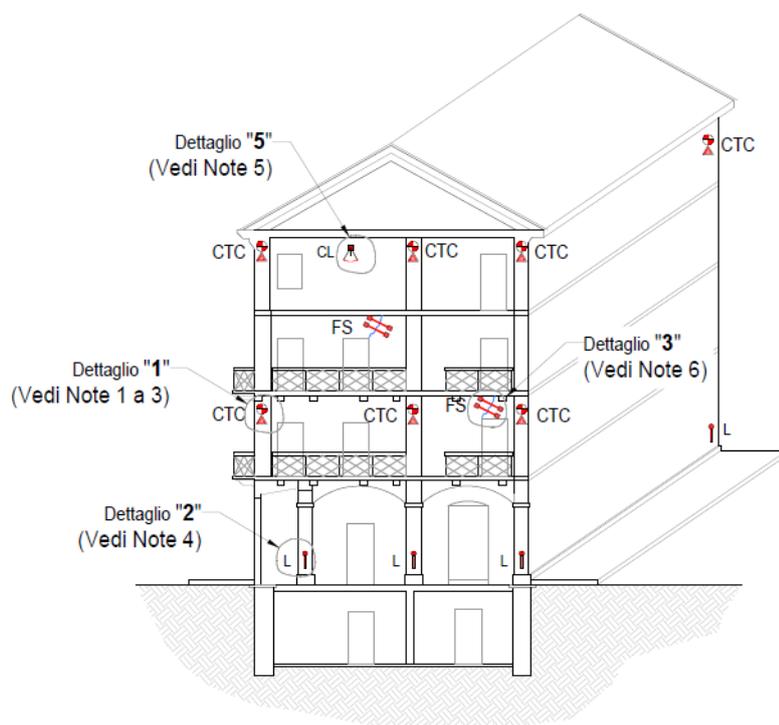
- dimensioni dell'edificio;
- posizione dell'edificio da monitorare rispetto al bacino di subsidenza prodotto dallo scavo;
- possibilità pratica di rilievo.

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 tutte le preesistenze da monitorare indicate negli Elab. IADR00D28PZGE0000001, si riportano nella tabella seguente la tipologia e il numero di strumenti assegnati.

**Tabella 4-2 Numero di strumenti e tipologia per preesistenze da monitorare**

WBS di riferimento	Edificio	n° punti di livellazione	n° mire ottiche	n° clinometri	n° fessurimetri
TR03	A01	10	10	2	2
GA04	A02	10	10	1	2
GA04	A03	12	12	1	2
GA04	A04	10	10	1	1
GA04	A05	4	4	1	1
GA04	A06	8	8	1	2
GA04	A07	7	7	1	1
GA04	A08	8	8	0	0

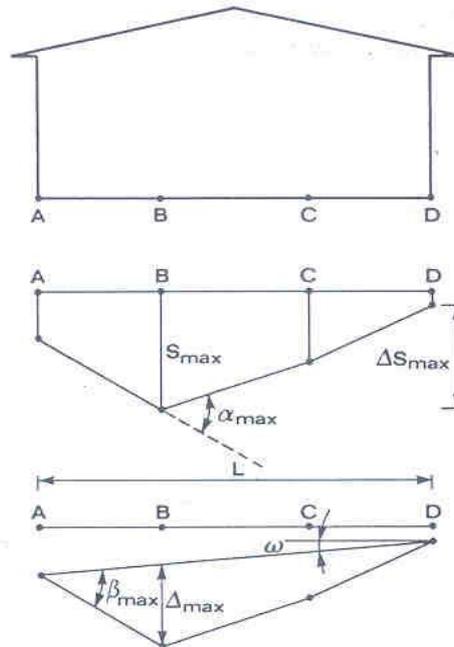
Preliminarmente alle letture di zero sarà opportuno redigere un fascicolo dello stato di fatto di ogni fabbricato anche in termini di eventuale stato di fessurazione.

#### **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 rapporto di inflessione;
- distorsione angolare tra i pilastri attigui per edifici in c.a.

**Il Rapporto di inflessione ( $\Delta/L$ )** 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     $\omega$ =ROTAZIONE RIGIDA  
 $\Delta S$ =CEDIMENTO DIFFERENZIALE  
 $\beta$ =ROTAZIONE RELATIVA  
 $\alpha$ =DEFORMAZIONE ANGOLARE  
 $\Delta$ =INFLESSIONE  
 $\Delta/L$ =RAPPORTO DI INFLESSIONE  
(CURVATURA)

**Figura 4-3: Rapporto di inflessione**

La **Distorsione angolare**  $\Delta$  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 per ogni WBS coinvolta, 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;

In aggiunta alle letture di azzeramento, quindi, le frequenze associate a ciascuna fase temporale sopra indicata sono riassunte nella Tabella 4-3.

**Tabella 4-3 Frequenza delle letture per tipologia di strumento**

**Frequenza delle letture per monitoraggio strutturale\***

<b>Tipologia di strumentazione</b>	<b>Corso d'opera (realizzazione opera i-esima)</b>
Mire ottiche	3/7gg
Clinometri	3/7gg
Livellazioni topografiche	3/7gg
Fessurimetri	1/7gg

\*Gli strumenti dovranno essere installati prima dell'inizio degli scavi delle trincee. 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;
- rapporto di inflessione e distorsione angolare degli edifici;

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.

### 5.1 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.



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	18 di 25

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.

## 5.2 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.

	NODO DI BARI BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	RELAZIONE DI MONITORAGGIO	COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO 00	CODIFICA D28RH	DOCUMENTO GE 00 00 002	REV. A

## 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.



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	20 di 25

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:

- 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

- 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.



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	23 di 25

## 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;
  - Spostamenti orizzontali

Inoltre, dovrà evidenziare il superamento 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.



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	24 di 25

## 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, 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 FESSURIMETRI

Eventuali fenomeni lesionativi preesistenti sugli edifici interferenti con l'attività di scavo 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



NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D28RH	GE 00 00 002	A	25 di 25

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.