

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



## PROGETTO ESECUTIVO

# LINEA FERROVIARIA MILANO - NAPOLI NODO DI FIRENZE - PENETRAZIONE URBANA LINEA AV

Passante AV

## GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO - INTERVENTI DI SALVAGUARDIA OPERE INTERFERENTI - VIA CITTADELLA

Relazione di monitoraggio per il consolidamento di Via delle Ghiacciaie

IL PROGETTISTA



Infrarail Firenze srl - IFR Firenze  
sede legale: Via Circondaria, 32/34 - 50127 Firenze  
PEC: infrarail.pec@legalmail.it  
Codice fiscale e n. iscr. al Registro Imprese: 06956550484

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO	DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NF1W	00	E	ZZ	RH	GN0240	002	B

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
A	Emissione	Ing. Ziller	11/2020	Ing. Cucino	11/2020	Ing. Sorbello	11/2020
B	Recep. oss. RFI	MAGURSI	11/04/2022	FRECENTESE	11/04/2022	SORBELLO	12/04/2022

File NF1W.00.E.ZZ.RH.GN0240.002.B

n. Elab.:

## SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	4
3.	MONITORAGGIO EDIFICI INTERFERENTI IN VIA CITTADELLA .....	5
3.1.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	5
3.1.1.	Edificio 022 .....	5
3.1.2.	Edificio 024 .....	7
3.1.3.	Edificio 174 .....	9
3.1.4.	Edificio 029 .....	9
3.1.5.	Edificio 035 .....	10
3.1.6.	Fase di taratura dei parametri di iniezione .....	11
4.	FREQUENZA DELLE MISURE .....	12
4.1.	FASE DI CONSOLIDAMENTO TERRENO .....	12
4.2.	PASSAGGIO FRESA .....	12
4.3.	MISURA DI ZERO .....	13
5.	SOGLIE .....	13



## 1. INTRODUZIONE

La “Convenzione” stipulata il 28 maggio 2007 tra RFI S.p.A. e il Contraente Generale “Nodavia”, comprendeva, tra le varie prestazioni, anche la progettazione esecutiva e la realizzazione del Passante Ferroviario Alta Velocità del Nodo di Firenze e della Nuova Stazione Alta Velocità di Belfiore, opere ricadenti nel cosiddetto “Lotto 2”.

In data 25/02/2010, concluse le attività di verifica e l’iter autorizzativo da parte degli enti preposti, RFI ha approvato il progetto esecutivo del Lotto 2 e, in data 10/03/2010, ha consegnato i relativi lavori.

Tra gli anni 2010 e 2018 sono state realizzate soltanto alcune parti d’opera previste contrattualmente, in particolare:

- Nuova stazione AV di Belfiore: paratie a protezione dei manufatti intorno alla Stazione, diaframmi del Cameroni, pali di fondazione, gli scavi di approfondimento e la realizzazione del primo solaio;
- Passante AV: pozzo avvio scavo meccanizzato, trincea di approccio, prima fase delle gallerie artificiali, aria di triage nord;
- Deposito Definitivo ex miniera di S. Barbara: terminal ferroviario di Bricchette, piazzole per la caratterizzazione del materiale proveniente dagli scavi, area logistica, viabilità di accesso alle piazzole;

Dal 2018 i lavori oggetto di convenzione risultano di fatto sospesi, in quanto l’Appaltatore ad aprile di tale anno ha presentato richiesta di concordato preventivo, successivamente accettata. Ciò ha portato, in data 27/05/2020, RFI e l’Appaltatore alla risoluzione della Convenzione anzidetta.

A seguito di questi eventi, RFI, al fine di riavviare al più presto i lavori di costruzione del c.d. “Lotto 2” e mettere in esercizio la linea AV, ha affidato alla propria società Infrarail Firenze (di seguito “IFR”) le attività necessarie a mettere a disposizione la documentazione progettuale da porre a base di appalto della sola esecuzione delle opere ancora da realizzare.

In ragione di questo affidamento, IFR ha, quindi, avviato le attività di revisione degli elaborati del progetto esecutivo già approvato, al fine di renderli coerenti con lo stato attuale delle opere già realizzate e le attività finora eseguite. Inoltre gli elaborati progettuali sono stati revisionati ed aggiornati, per le parti d’opera ancora da realizzare, in coerenza con le vigenti norme di riferimento e con il manuale di progettazione di RFI, ma, soprattutto, al fine di garantire l’interoperabilità delle linee transeuropee ai sensi della direttiva 2008/57/CE. Nel contempo sono state recepite le prescrizioni impartite in sede di approvazione del Progetto Esecutivo redatto dal Contraente Generale.

Si evidenzia che le attività di revisione progettuale sono state svolte nel rispetto degli indirizzi e delle autorizzazioni ottenute, pertanto sono stati inseriti, per completezza documentate, nella documentazione costituente il progetto esecutivo revisionato anche gli elaborati già approvati dagli enti competenti, con particolare riferimento all’Osservatorio Ambientale a suo tempo nominato, e che, come tali, sono stati di riferimento per la revisione ed aggiornamento delle soluzioni progettuali al fine di garantire la validità delle autorizzazioni già espresse.

Nella presente relazione s’illustrano i criteri seguiti per la progettazione del sistema di monitoraggio per gli edifici, che si trovano fra via Cittadella, via delle Ghiacciaie, viale Filippo Strozzi e viale Redi. Questi edifici, identificati con i codici da n. 021 a 024 in Via cittadella, n. 174 in viale Redi e n. 029 e n. 035 in via delle Ghiacciaie, a causa della ridotta copertura che presenta la galleria nel tratto in questione, sono maggiormente a rischio di danneggiamento. Per questo motivo è stato progettato un intervento di miglioramento preventivo del terreno mediante iniezioni di boiaccia di cemento che andranno ad interporre, fra le gallerie e il piano di imposta degli edifici, un “materasso” di terreno irrigidito.

Per fare ciò verrà realizzato in corrispondenza dello sbocco di via Cittadella nel viale Filippo Strozzi, a ridosso del muro che regge il rilevato ferroviario, un pozzo circolare di diametro 4.70 m da cui verranno fatte partire perforazioni teleguidate per l’installazione dei tubi valvolati e l’esecuzione delle iniezioni di consolidamento. Invece, in corrispondenza degli edifici n.174.n. 029 e n. 035, sarà realizzata una trincea da cui eseguire tali interventi di consolidamento.

Prima di effettuare le iniezioni nel terreno direttamente sotto gli edifici si utilizzeranno tratti di alcune tubazioni situate fuori dell’area di impronta degli edifici, per tarare gli effetti delle iniezioni in superficie. Il monitoraggio qui descritto copre sia la fase di perforazione e delle iniezioni di consolidamento, e poi la fase del passaggio delle due gallerie.

## 2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

- [1.] Pozzo via Cittadella. Scavi e consolidamenti. Relazione tecnico-descrittiva e specifiche tecniche  
NF1W.00.E.ZZ.RH.GN0240.001
- [2.] Pozzo via Cittadella. Scavi e consolidamenti. Pianta e sezioni  
NF1W.00.E.ZZ.W9.GN0240.001
- [3.] Interventi di salvaguardia opere interferenti via Cittadella - Pozzo via Cittadella. Scavi e consolidamenti.  
Monitoraggio edifici  
NF1W.00.E.ZZ.BZ.GN0240.003
- [4.] Gallerie naturali eseguite con sistema meccanizzato - monitoraggio esterno – Relazione di monitoraggio  
NF1W.00.E.ZZ.RH.GN0300.002
- [5.] Monitoraggio esterno - Planimetria ubicazione punti di livellazione e strumentazione geotecnica. Tav. 7 di 14  
NF1W.00.E.ZZ.P8.GN0300.007
- [6.] Schede tecniche installazioni di monitoraggio edifici - linea AV – scheda 7 di 14  
NF1W.00.E.ZZ.SH.GN0300.007
- [7.] Specifiche tecniche monitoraggio – Scavo meccanizzato NF1W.00.E.ZZ.SP.GN0300.001
- [8.] Specifica tecnica sui requisiti della piattaforma di monitoraggio  
NF1W.00.E.ZZ.RH.GN0300.006

### 3. MONITORAGGIO EDIFICI INTERFERENTI IN VIA CITTADELLA

Come anticipato nella introduzione, il gruppo di edifici identificati con i codici da 021 a 024, l'edificio n.174, nonché gli edifici n. 029 e n. 035, prima dello scavo delle gallerie saranno oggetto di un intervento di consolidamento tramite iniezioni di boiaccia cementizia tramite tubazioni valvolate da installare mediante perforazione teleguidata sotto l'impronta degli edifici stessi. Questo intervento si è reso necessario perché, sulla base dell'analisi degli effetti sui fabbricati dello scavo delle due gallerie, si è stimato che, in presenza dello scenario peggiore nella gestione dello scavo, potrebbero verificarsi sensibili danni ai fabbricati.

A garanzia del buon esito sia delle attività preliminari di consolidamento del sottosuolo che del successivo scavo delle gallerie si è progettato un sistema di monitoraggio integrativo rispetto al monitoraggio previsto per gli altri edifici di linea.

Tale sistema di monitoraggio integrativo è descritto nei paragrafi successivi.

#### 3.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio consiste in:

- misure mediante stazione totale di capisaldi posizionati sui prospetti degli edifici lungo tutto il perimetro dell'isolato;
- misure mediante celle assestometriche a lettura automatica posizionate all'interno degli edifici, negli interrati degli edifici 022e 024, al fine di coprire con il monitoraggio anche i possibili cedimenti, o sollevamenti, delle strutture portanti interne e non solo i movimenti osservabili dall'esterno. Ciò è particolarmente importante per l'edificio 024 perché le facciate sono interamente coperte da lastre di travertino fissate alla muratura portante tramite zanche metalliche, e pertanto in questo caso le misure perimetrali potrebbero non rilevare esattamente le deformazioni delle strutture portanti.
- punti di livellazione esterni sul piano campagna in corrispondenza dell'asse di alcune delle canne di iniezione marginali rispetto al corpo dell'intervento al fine di effettuare, prima di procedere alle iniezioni sotto l'impronta dell'edificio, alcune prove di taratura. Queste misure si sviluppano pertanto in un arco di tempo limitato.

##### 3.1.1. Edificio 022

Lungo il perimetro esterno dell'edificio è prevista l'installazione di 19 target per letture mediante stazione totale secondo quanto già previsto per gli edifici sottoposti a monitoraggio durante il passaggio della fresa (rif. [4.]). La disposizione dei punti di misura è riportata nello schema di figura 3.1.

Nel piano interrato è prevista l'installazione di celle assestometriche la cui disposizione è riportata nella figura 3.2.

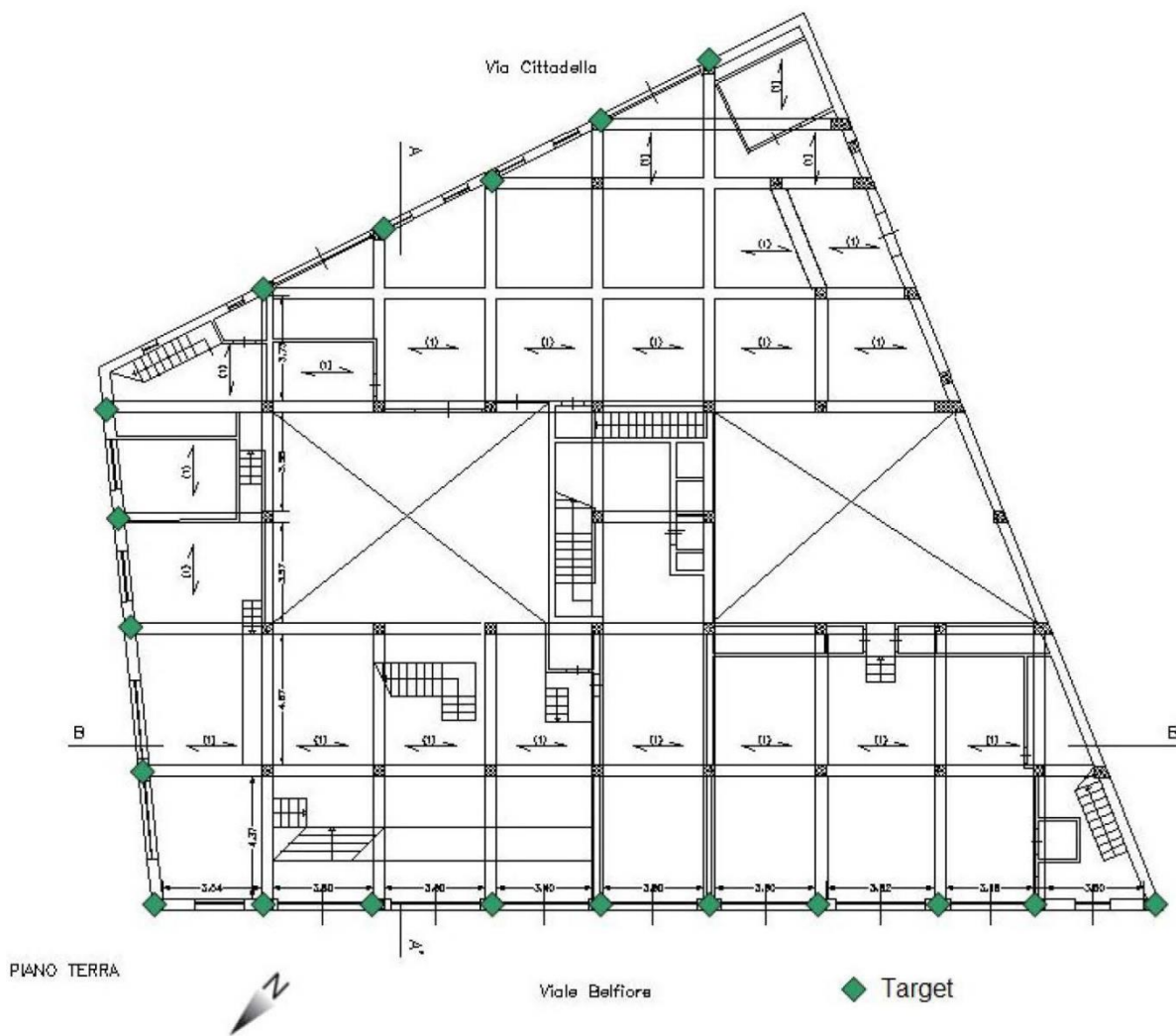
Le celle assestometriche sono in numero di 38 e saranno posizionate in corrispondenza dei pilastri accessibili. Le celle saranno installate tutte alla medesima altezza, circa 0.50 m al di sotto del soffitto in modo da lasciare spazio al di sopra delle celle alla installazione dei serbatoi di carico alle estremità del circuito. Data la lunghezza del circuito idraulico in questo caso si installeranno altri due serbatoi intermedi. Il circuito di alimentazione e trasmissione dati sarà invece spezzato in almeno 3 o 4 circuiti per assicurare la corretta alimentazione delle celle senza cali di tensione lungo il circuito. Lungo le tubazioni di collegamento fra le successive celle assestometriche dovranno essere limitate al massimo le variazioni di quota.

Essendo unico il livello piezometrico in tutto il circuito idraulico, il sistema è basato sulla misura della variazione della pressione del liquido prodotto dalla variazione di quota della cella rispetto ad una cella assunta come fissa. Pertanto, tramite le celle si valutano solo le variazioni di quota all'interno del circuito idraulico rispetto alla cella arbitrariamente scelta ed ipotizzata fissa. Pertanto, il sistema in sé sarebbe in grado di valutare le distorsioni fra le strutture portanti, e quindi potrebbe consentire la verifica del rispetto delle soglie di cui al capitolo 5, ma non è in grado di valutare il valore assoluto di queste variazioni. Pertanto, in corrispondenza di una delle due celle poste in corrispondenza dell'ingresso dell'edificio, e che sarà assunta come "cella fissa", e sul medesimo elemento strutturale si posizionerà un target o

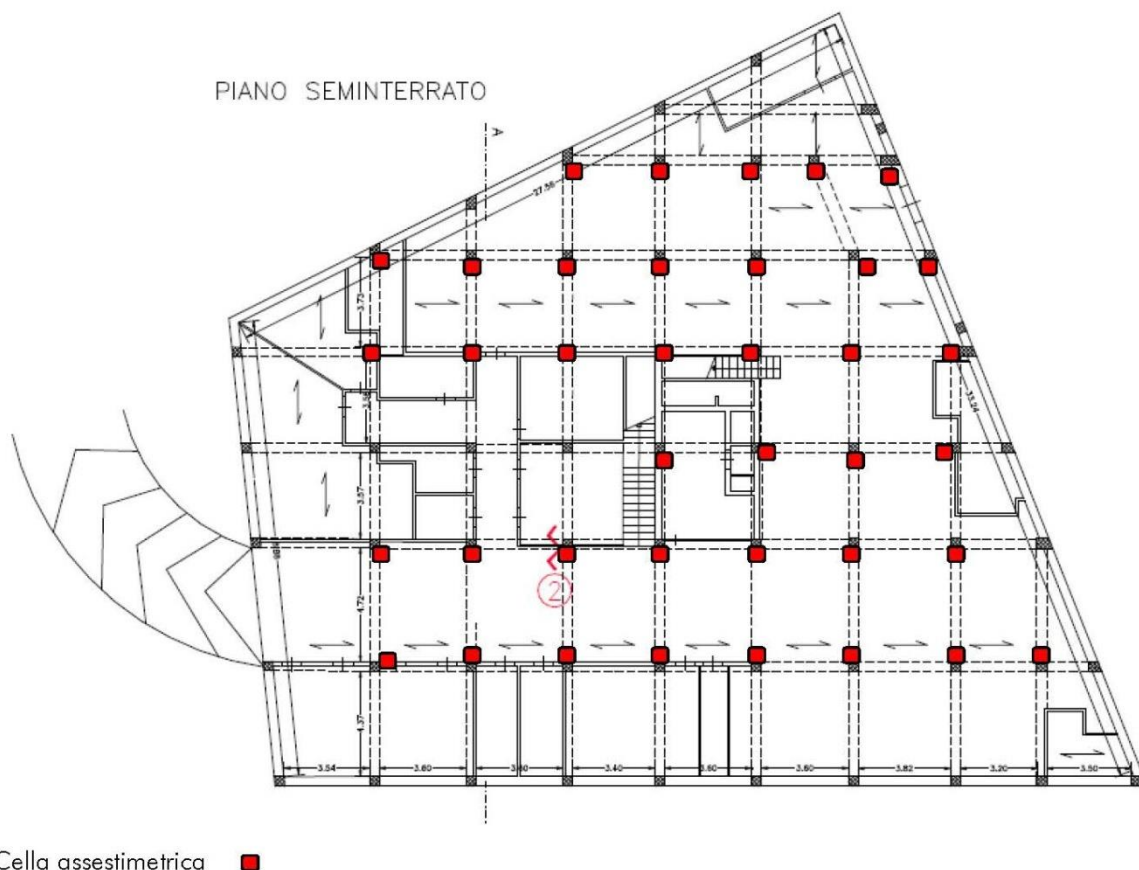
miniprisma che sarà letto in concomitanza di ogni misura sui target esterni. Mediante questa misura si procederà a correggere la quota della cella fissa riportando le misure relative a valori di assoluti.

Il sistema sarà integrato con un datalogger che raccoglierà le misure alle frequenze indicate nel capitolo 4 e le trasmetterà alla piattaforma di monitoraggio per la pubblicazione.

Le caratteristiche della strumentazione e delle modalità di installazione è riportata nella relativa specifica (rif. [7.]).



*figura 3.1: Disposizione target sull'edificio 022*



*figura 3.2: Disposizione celle assestimetriche nel locale seminterrato*

### 3.1.2. Edificio 024

Il sistema di monitoraggio previsto per l'edificio 024 è concettualmente identico a quello previsto per l'edificio 022. In questo caso sono previsti n. 7 target e n. 19 celle assestimetriche.

La disposizione della strumentazione è schematicamente indicata nella figura 3.3 e nella figura 3.4.

Si fa presente che la pianta di figura 3.4 non visualizza lo scivolo di ingresso delle auto in corrispondenza del margine superiore destro della figura. In quella posizione si potrà posizionare sul medesimo elemento strutturale cui è collegata la cella assestimetrica il miniprisma o target per aggiornare la quota della cella fissa così come illustrato nel paragrafo precedente in relazione all'edificio 022.

Anche in questo caso le celle saranno installate tutte alla medesima quota, circa 0.50 m al di sotto del solaio per dare spazio al posizionamento dei serbatoi alla estremità del circuito idraulico. Anche in questo caso si ritiene opportuno spezzare il circuito di alimentazione e trasmissione dati in almeno 2 circuiti separati.

il sistema sarà completato mediante i serbatoi posti a ciascuna estremità del sistema e dal datalogger per la trasmissione dei dati alla piattaforma di monitoraggio.



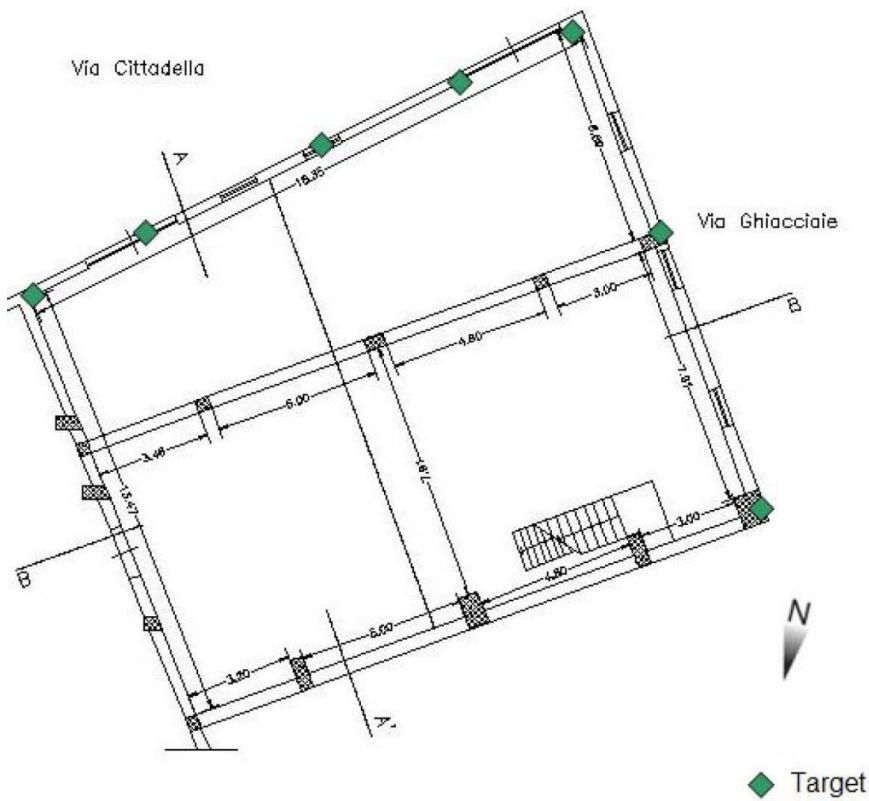


figura 3.3: Disposizione target sull'edificio 024

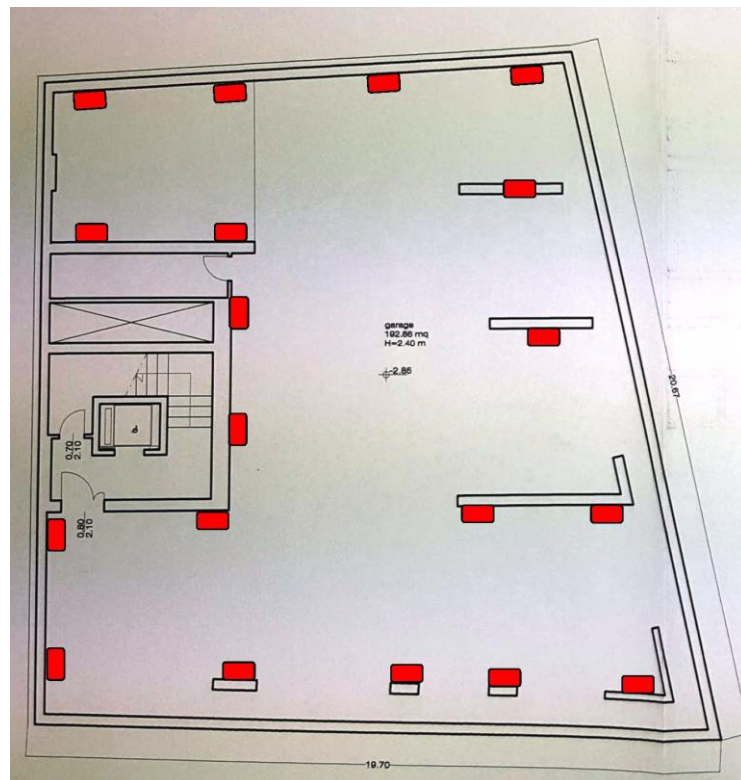


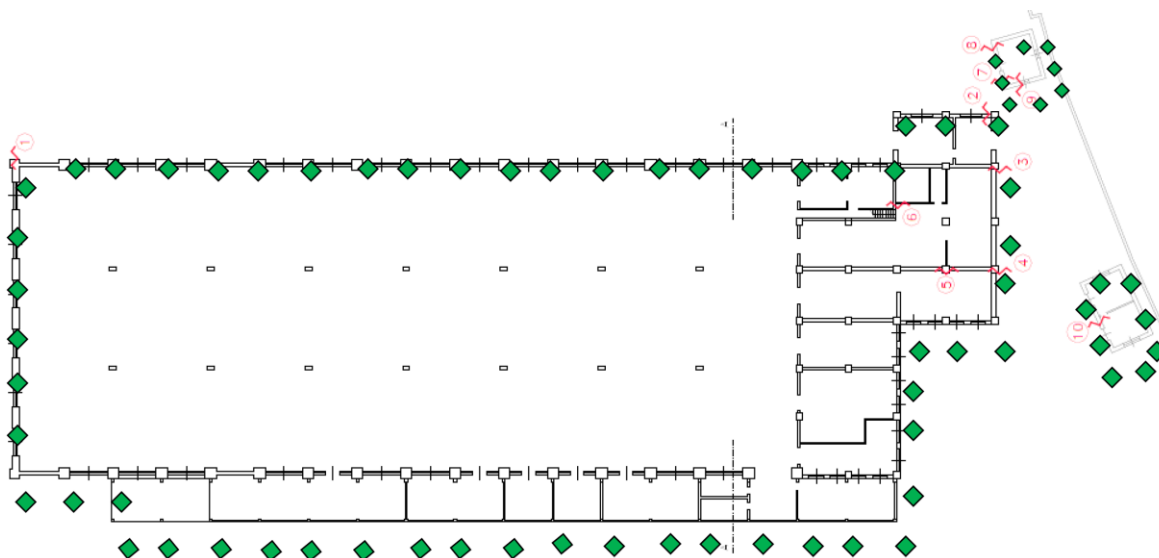
figura 3.4: Disposizione celle assestometriche nel locale seminterrato

### 3.1.3. Edificio 174

Lungo il perimetro esterno dell'edificio è prevista l'installazione di 72 target per letture mediante stazione totale secondo quanto già previsto per gli edifici sottoposti a monitoraggio durante il passaggio della fresa (rif. [4.]). La disposizione dei punti di misura è riportata nello schema di figura 3.5.

Il sistema sarà integrato con un datalogger che raccoglierà le misure alle frequenze indicate nel capitolo 4 e le trasmetterà alla piattaforma di monitoraggio per la pubblicazione.

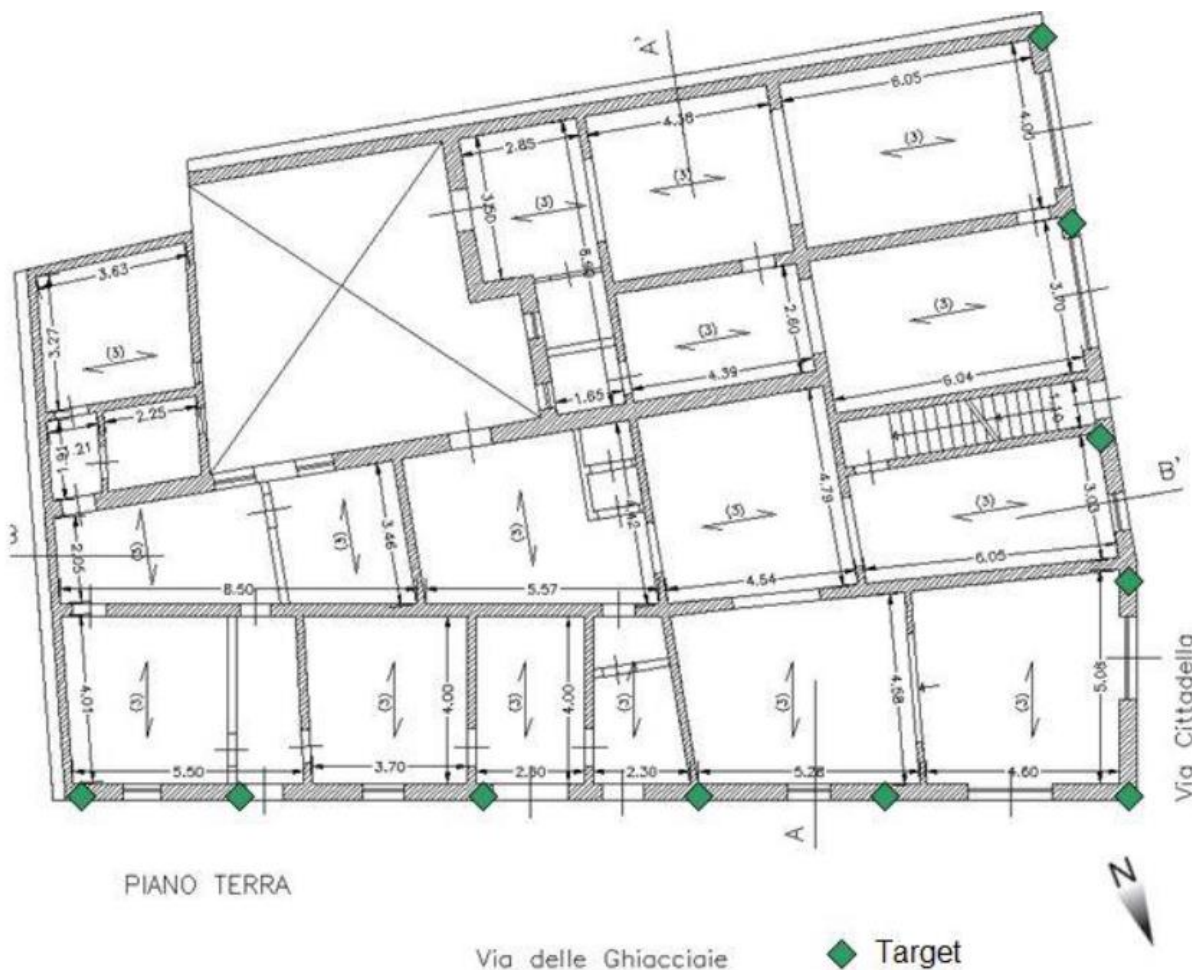
Le caratteristiche della strumentazione e delle modalità di installazione è riportata nella relativa specifica (rif. [7.]).



*figura 3.5: Disposizione target sull'edificio 174*

### 3.1.4. Edificio 029

Lungo il perimetro esterno dell'edificio è prevista l'installazione di 10 target per letture mediante stazione totale secondo quanto già previsto per gli edifici sottoposti a monitoraggio durante il passaggio della fresa (rif. [4.]). L'edificio presenta quindi n° 6 target distribuiti lungo la facciata volta su via delle Ghiacciaie, mentre altri 4 target sono disposti sulla facciata rivolta su via Cittadella. La facciata est non è monitorata perché contigua all'edificio 031, mentre la facciata sud non è monitorata perché parzialmente contigua all'edificio 030 e parzialmente per impossibilità di ubicare una postazione topografica di rilievo collegata alla rete esterna.



*figura 3.6 - Disposizione target sull'edificio 029*

### 3.1.5. Edificio 035

Lungo il perimetro esterno dell'edificio è prevista l'installazione di 14 target per letture mediante stazione totale secondo quanto già previsto per gli edifici sottoposti a monitoraggio durante il passaggio della fresa (rif. [4.]). L'edificio presenta quindi n° 9 target distribuiti lungo la facciata principale su via delle Ghiacciaie, mentre altri 5 target sono disposti sulla facciata opposta rivolta sulla corte interna. Le facciate esposte a nord e a sud non sono monitorate perché in continuità strutturale con gli edifici 037 e 034, tuttavia a maggior tutela sono state apposte mire aggiuntive di raddoppio.

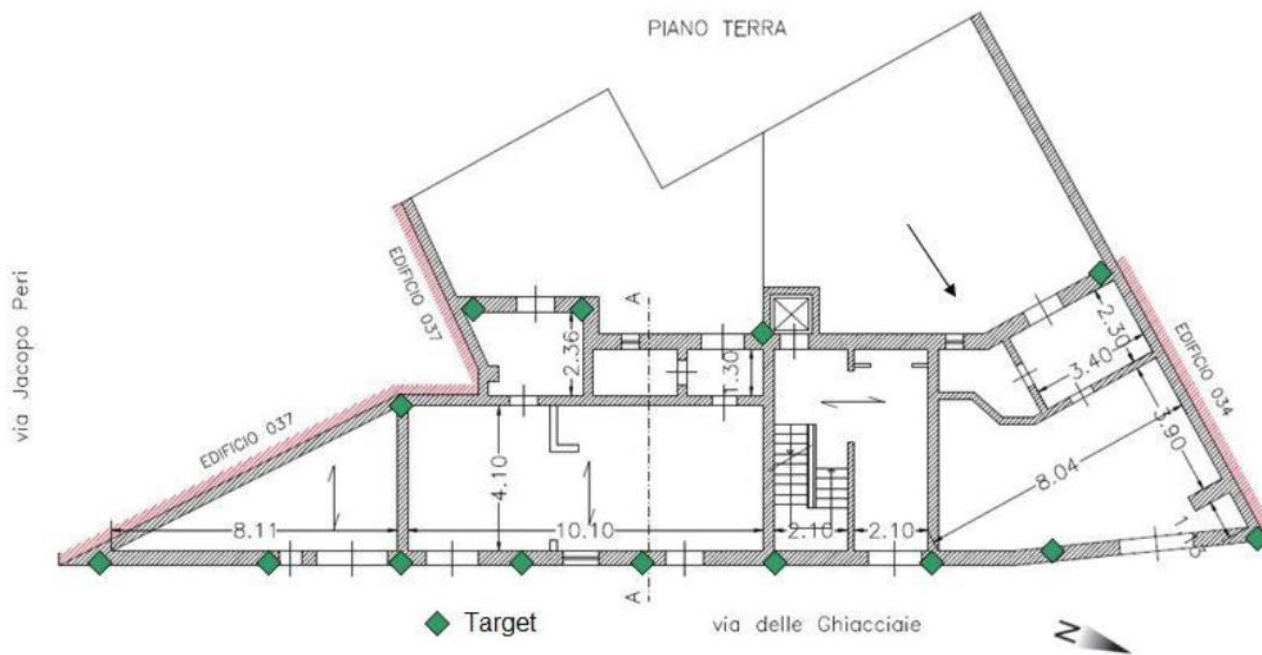


figura 3.7 - Disposizione target sull'edificio 035

### 3.1.6. Fase di taratura dei parametri di iniezione

Prima di procedere alle iniezioni di consolidamento del terreno compreso i piani di appoggio degli edifici e le future gallerie, una volta terminate le perforazioni e l'installazione le tubazioni in pvc valvolati, le prime iniezioni di miscela cementizia saranno effettuate su tubazioni ubicate ai margini dell'area interessata in modo che si possa, tramite misure di livellazione in superficie, verificarne gli effetti e ottimizzare le metodologie di iniezione. Le tubazioni che saranno utilizzate sono quelle poste sugli allineamenti T1 e T21 sul lato verso viale Belfiore e sull'allineamento T17 sul lato verso Cittadella. Per controllare gli effetti delle iniezioni cementizie si è previsto di posizionare lungo l'asse dell'allineamento T1, a partire dalla sua estremità, terne di punti di livellazione di cui quello centrale è in asse con l'allineamento e gli altri due sono a cavallo dell'asse, a due metri di distanza. Queste terne si susseguono con passo 4.0 m. Lungo l'asse T1 sono previste 9 terne per complessivi n.27 punti di livellazione, mentre lungo l'asse T17 sono stati previsti n. 5 punti di livellazione. La disposizione di questi punti di livellazione è indicata nella tavola "Interventi di salvaguardia opere interferenti via Cittadella - Pozzo via Cittadella. Scavi e consolidamenti. Monitoraggio edifici" (rif. [3.]).

Per quanto riguarda gli edifici n. 174, n. 029 e n.035 saranno utilizzare le tubazioni poste sulla fila 1 degli allineamenti da A a D.

## 4. FREQUENZA DELLE MISURE

### 4.1. FASE DI CONSOLIDAMENTO TERRENO

Attività	Strumentazione	Frequenza
Perforazione e iniezione guaina	Livellazione punti a terra	2 volta al giorno quando l'attività si svolge sulle canne monitorate o sull'allineamento adiacente (*)
	Target sul perimetro edifici	1 volta al giorno
	Celle assestometriche	Misure automatiche ogni 2 ore
Iniezioni di intasamento	Target sul perimetro edifici	1 volta al giorno
	Celle assestometriche	Misure automatiche ogni 1 ora

(\*) Solo durante le fasi iniziali di prova

**tabella 4-1: Frequenza misure nelle fasi di consolidamento terreno**

Durante la fase di consolidamento del terreno i punti fissi delle misure topografiche manuali, livellazioni e misure 3D, saranno verificati rispetto ai punti fissi di riferimento delle aree immediatamente adiacenti almeno settimanalmente.

### 4.2. PASSAGGIO FRESA

Durante il passaggio della fresa la strumentazione installata verrà letta con la seguente frequenza in funzione della distanza "d" della fresa dagli edifici oggetto di monitoraggio:

Posizione Fresa	Strumentazione	Frequenza
$-2.5 z \leq d \leq + 2.5 z$	Target sul perimetro edifici	2 volta al giorno
	Celle assestometriche	Misure automatiche ogni 1 ora

**tabella 4-2: Frequenza misure durante lo scavo delle gallerie**

Dopo il passaggio della fresa le misure sulle celle assestometriche saranno disattivate una volta che siano chiaramente stabilizzazione.

Dopo il passaggio della fresa i target sul perimetro degli edifici saranno letti con le seguenti frequenze:

- 1° mese 1 volta a settimana
- successivi 3 mesi 1 volta al mese
- fino al termine della galleria 1 volta ogni 3 mesi

Durante il passaggio della fresa i punti fissi delle misure topografiche manuali, livellazioni e misure 3D, saranno verificati giornalmente rispetto ai punti fissi di riferimento delle aree immediatamente adiacenti.

### 4.3. MISURA DI ZERO

La strumentazione andrà installata con congruo anticipo rispetto al momento per cui è previsto l’inizio delle misure “significative”, in modo da garantire un tempo sufficiente per le verifiche di funzionalità della strumentazione installata e per effettuare le misure di zero.

Per le celle assestometriche ciò significa che saranno installate ed attive almeno 1 mese prima della data di inizio delle misure, con la medesima frequenza prevista per le successive misure significative. La misura di zero inizierà non appena sia constatato il corretto funzionamento del sistema, e comunque per una durata non inferiore a 20 giorni.

I target sugli edifici e i punti di livellazione a terra saranno installati almeno 15 giorni prima dell’inizio delle misure significative. La misura di zero consisterà di almeno 3 misure effettuate in giorni diversi.

## 5. SOGLIE

Per la fase di consolidamento del terreno sono state stabilite soglie particolari specifiche per questa attività:

	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
innalzamento	2.5 mm	5.0 mm
distorsione angolare	1/1000	1/750

*tabella 5-1: Fase di consolidamento - Soglie di attenzione e di allarme*

Per le fasi successive, cioè per le deformazioni indotte dallo scavo delle gallerie vale quanto prescritto per tutti gli edifici nel documento “Gallerie naturali eseguite con sistema meccanizzato - monitoraggio esterno – Relazione di monitoraggio” (rif. [4.]).